

Вінницький національний технічний університет

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

**Пояснювальна записка**  
до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОЧОГО КОЛЕСА НАСОСА  
ЗЕМСНАРЯДУ

Виконав: студент 2 курсу, групи 13В-19М  
спеціальності 132 – «Матеріалознавство»  
(шифр і назва спеціальності)

Шугайло О.І.  
(прізвище та ініціали)

Керівник д.т.н., професор Савуляк В.І.  
(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2020 р.

Вінницький національний технічний університет  
( повне найменування вищого навчального закладу )

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування  
Освітньо-кваліфікаційний рівень «магістр»  
Спеціальність 132 – «Матеріалознавство»  
(шифр і назва)

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

« 25 » вересня 2020 р.

### **ЗАВДАННЯ**

#### **НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Щугайду Олегу Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення довговічності робочого колеса насоса земснаряду

керівник роботи Савуляк Валерій Іванович, д.т.н., професор, каф. ГМ,  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

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

3. Вихідні дані до роботи: Робоче креслення колеса насоса земснаряду. Режим роботи – довготривалий . Допустимі параметри зносу. Річна програма N=1000 шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Розділ 1. Вивчення проблем зношування поверхні робочого колеса насоса земснаряду та розробка методу протидії йому. Розділ 2. Розробка та обґрунтування параметрів технологічного процесу відновлення робочого колеса насоса земснаряду. Розділ 3. Проектування обладнання з числовим програмним керуванням для нанесення покриттів. Розділ 4. Розрахунок економічної ефективності інноваційного рішення. Розділ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаної літератури. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Робоче креслення деталі. 2. Ремонтне креслення деталі. 3. Креслення плазмового напилувача. 4. Установка з числовим програмним керуванням. 5. Робоче місце. 6. Технологічний процес відновлення колеса насоса земснаряду.

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Савуляк В. І., д.т.н., професор, каф. ГМ	25.09.2020р.	3.12.2020р.
Економіка виробництва	Бальзан М. В., к.е.н., доцент кафедри ЕПВМ	25.09.2020р.	2.12.2020р.
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Винтак І.В., доцент кафедри БЖДПБ	25.09.2020р.	2.12.2020р.

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

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Шугайло О. І.

Керівник проекту

\_\_\_\_\_

Савуляк В. І.

## РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота складається з вступу, 5 розділів, загальних висновків та додатків. Загальний обсяг роботи 88 сторінок. У тому числі 23 рисунки, 37 таблиць, 47 літературних джерел.

Предметом досліджень у магістерській кваліфікаційній роботі є зміцнення робочих поверхонь лопаток колеса насоса земснаряду шляхом застосування методу поверхневого фрикційного зміцнення.

Робота складається з п'яти основних частин:

1. Вивчення проблем зношування поверхонь робочого колеса насоса земснаряду та розробка методу протидії йому. 2. Розробка та обґрунтування параметрів технологічного процесу відновлення робочого колеса насоса земснаряду. 3. Проектування обладнання з числовим програмним керуванням для нанесення покриттів. 4. Розрахунок економічної ефективності інноваційного рішення. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – процеси зношування робочих поверхонь деталей в умовах гідроабразивного середовища та наводнювання.

Основною метою кваліфікаційної роботи є розробка методів та технології зміцнення робочих поверхонь лопаток колеса насоса земснаряду для роботи в умовах абразивного та гідроабразивного зношування.

В роботі проведено метод поверхневого зміцнення робочих поверхонь колеса насоса земснаряда, що дозволило збільшити термін його служби. Покриття, отримані даним способом поверхневого зміцнення, мають високу твердість, абразивну та гідроабразивну стійкість та здатність протидіяти кавітаційному зношуванню.

## ABSTRACT

The master's thesis consists of an introduction, 5 sections, general conclusions and appendices. The total volume of the work is 88 pages. Including 23 figures, 37 tables, 47 literature sources.

The subject of research in the master's qualification work is the strengthening of the working surfaces of the wheel blades of the dredger pump by applying the method of surface friction hardening.

The work consists of five main parts:

1. Study of problems of wear of surfaces of an impeller of the pump of a dredger and development of a method of counteraction to it.
2. Development and substantiation of parameters of the technological process of restoration of the impeller of the dredger pump.
3. Design of equipment with numerical program control for coating.
4. Calculation of economic efficiency of the innovative decision.
5. Occupational safety and security in emergencies.

The object of research is the processes of wear of working surfaces of parts in the conditions of hydroabrasive environment and flooding.

The main purpose of the qualification work is to develop methods and technologies for strengthening the working surfaces of the blades of the dredger pump wheel to work in abrasive and hydroabrasive wear.

The method of surface hardening of the working surfaces of the dredger pump wheel is carried out in the work, which allowed to increase its service life. Coatings obtained by this method of surface hardening have high hardness, abrasion and hydroabrasive resistance and the ability to resist cavitation wear.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ВИВЧЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗНОШУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ РОБОЧОГО КОЛЕСА НАСОСА ЗЕМСНАРЯДУ ТА РОЗРОБКА МЕТОДУ ПРОТИДІЇ ЙОМУ .....	11
1.1 Процеси зношування та основні фактори впливу.....	11
1.2 Підвищення зносостійкості та довговічності колеса насоса земснаряду шляхом швидкісного фрикційного зміцнення тертям.....	19
1.3 Конструювання швидкісних шпинделів на газових конічних опорах для фрикційної обробки поверхонь з складним профілем.....	20
2 РОЗРОБКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧОГО КОЛЕСА НАСОСА ЗЕМСНА.....	29
2.1 Призначення деталі.....	29
2.2 Матеріал деталі і його властивості.....	30
2.3 Якісна характеристика технологічності.....	32
2.4 Кількісна характеристика технологічності.....	32
2.5 Дефектування деталі.....	34
2.6 Визначення типу ремонтного виробництва.....	35
2.7 Вибір та технічне обґрунтування методів, обладнання та матеріалів для відновлення деталі.....	36
2.8 Визначення кількості переходів та операцій відновлення поверхонь.....	37
2.9 Розрахунок припусків на переходи механічної обробки.....	37
2.10 Формування маршруту технологічного процесу відновлення деталі.....	38
2.11 Розрахунок та призначення режимів попередньої механічної обробки та обробки після нанесення покриття .....	40
2.12 Розрахунок параметрів режиму нанесення покриття.....	43
2.13 Нормування часу.....	44

3 ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ.....	45
3.1 Створення конструктивної схеми установки автоматизованого відновлення.....	45
3.2 Визначення способу закріплення деталі.....	46
3.3 Розрахунок масо-центрувальних характеристик (МЦХ) деталі та пристрою її закріплення.....	47
3.4 Розрахунок та вибір виконавчих механізмів обертача.....	48
3.5 Розрахунок масо-центрувальних характеристик напилювального пристрою.....	50
3.6 Розрахунок та вибір виконавчих механізмів приводів переміщення напилювального пристрою.....	51
3.7 Розробка установки з числовим програмним керуванням.....	55
4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІННОВАЦІЙНОГО РІШЕННЯ.....	57
4.1 Аналіз комерційного потенціалу розробки.....	57
4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи.....	59
4.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	67
4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та період їх окупності.....	69
4.5 Висновки до розділу.....	73
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	74
5.1 Аналіз умов праці.....	74
5.2 Техніка безпеки.....	80
5.3 Пожежна безпека.....	82
5.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	83
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	90
ДОДАТКИ.....	95

## ВСТУП

Ефективність будь-якого підприємства безпосередньо залежить від продуктивності праці і надійної роботи обладнання. Постійний аналіз процесів, що відбуваються в працюючих машинах, є одним з найбільш ефективних способів контролю стану промислового обладнання. Довговічність деталей і вузлів устаткування, пов'язаного з переробкою і транспортування абразивних матеріалів під час меліоративних робіт, на гірничозбагачувальних підприємствах, визначається в першу чергу зносостійкістю їх робочих поверхонь. Аналіз досвіду експлуатації показує, що термін служби великої групи деталей машин в цих умовах дуже малий і може обмежуватися десятками і сотнями годин експлуатації.

Більшості завдань, що пов'язані з продовження ресурсу таких машин, вирішується виявленням потенційно небезпечних дефектів на початковій стадії розвитку та величини і виду дефекту. У випадку, коли відомо на скільки швидко буде розвиватися зношування, можна спрогнозувати залишковий ресурс машини або її вузла.

Одним з основних видів обладнання на підприємствах, що працюють в середовищах пульпи та шламу є земснаряди [1]. Застосування земснаряда є чи не єдиним способом для проведення робіт з очищення водойми від мулу та перекачування різного типу шламу. Причиною може бути відсутність доступу техніки для перевезення вилученого ґрунту, або велика кількість води, яка недоступна для відкачування.

Найбільш швидко зношується в насосі земснаряда робоче колесо, яке перекачує пульпу, а отже працює в умовах підвищеного гідроабразивного зношування. Зносостійкість поверхонь деталі залежить від властивостей поверхонь деталі, а саме: твердості, корозійної стійкості, здатності протидіяти кавітації.

Для відновлення та зміцнення робочих поверхонь деталей можуть бути використані різні методи, серед яких: наплавлення та напилення зносостійких



покриттів, хіміко-термічна обробка, та електрофізичні способи обробки.

Враховуючи те, що робоче колесо насоса земснаряду працює в умовах абразивного та гідроабразивного зношування, постає питання про зміцнення поверхонь лопаток колеса.

**Актуальність проблеми** полягає у необхідності розв'язання проблеми збільшення строку служби робочого колеса насоса земснаряда шляхом підвищення зносостійкості та зміцнення його робочих поверхонь. Актуальним та економічно вигідним способом вирішення даної проблеми є поверхневе зміцнення робочих поверхонь колеса з підвищенням їх твердості та тріщиностійкості.

**Метою роботи** є розробка методів та технології зміцнення робочих поверхонь лопаток колеса насоса земснаряду для роботи в умовах абразивного та гідроабразивного зношування.

#### **Задачі дослідження:**

1. Аналіз процесів зношування робочих поверхонь деталей машин, що працюють в умовах гідроабразивного зношування, високої вологості та наявності високого парціального тиску водню.

2. Аналіз можливих варіантів підвищення зносостійкості та відновлення робочих поверхонь колеса насоса земснаряду.

3. Вивчити вплив водню на зносостійкість металевих деталей.

4. Встановити закономірності впливу поверхневого фрикційного зміцнення на зносостійкість колеса насоса земснаряду.

**Об'єкт дослідження** – процеси зношування робочих поверхонь деталей в умовах гідроабразивного середовища та наводнювання.

**Предмет дослідження** – зміцнення робочих поверхонь лопаток колеса насоса земснаряду шляхом застосування методу поверхневого фрикційного зміцнення.

#### **Методи дослідження.**

В процесі виконання дослідження застосовано такі методи: дюрOMETричний метод з використанням твердоміра ТК-2М та мікротвердоміра

ММТ-3 для визначення відповідно твердості та мікротвердості зміцненого поверхневого шару; металографічний аналіз для вивчення структури утворених покриттів; оптична мікроскопія із використанням мікроскопа ММ-8 зі спеціальною камерою-окуляром для оцифрування зображення мікроструктури; трибологічні дослідження; установка для проведення поверхневого зміцнення.

**Наукова новизна.** В процесі виконання роботи отримано результати, які містять в собі наукову новизну.

1. Вперше досліджено вплив зміцнення тертям робочих поверхонь колеса насоса земснаряда на протидію зношуванню в умовах гідроабразивного зношування, високої вологості та наявності високого парціального тиску водню.

2. Вперше встановлено, що метод фрикційного зміцнення робочих поверхонь колеса насоса земснаряду дозволяє збільшити їх мікротвердість до 12500 МПа.

3. Отримало подальший розвиток дослідження впливу нанесених білих шарів на робочих поверхнях колеса насоса земснаряду на підвищення зносостійкості в умовах гідроабразивного зношування та наводнювання.

#### **Практичне значення одержаних результатів.**

1. Запропонований метод поверхневого зміцнення робочих поверхонь колеса насоса земснаряду дозволяє збільшити термін його служби на 40 – 50%.

2. Розроблено технологічний процес фрикційного зміцнення робочих поверхонь колеса насоса земснаряду.

3. Запропоновано конструкцію високошвидкісного пристрою для фрикційної обробки поверхонь з криволінійним профілем.

**Особистий внесок здобувача.** Результати досліджень, представлені в роботі, одержано автором самостійно. Постановка мети і задач роботи та опрацювання результатів досліджень виконані спільно з науковим керівником.

**Апробація результатів наукової роботи.** Основні положення та частина результатів роботи доповідались та обговорювались на конференції:

1. XLVII Науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту 21 - 23 березня 2018 року.
2. XLVIII Науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту 13 - 15 березня 2019 року.
3. Науково-Технічної Конференції Підрозділів ВНТУ, Вінниця, – з 09.11 2020 Р.– 14.05.2021р.

**Публікації.** Опубліковано 3 тези доповідей за темою наукової роботи у збірниках праць наукових конференцій.

1. Бакалець Д. В. Вплив параметрів зварювання під водою на процес формування зварного шва [Електронний ресурс] / Д. В. Бакалець, О.І. Шугайло // Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 21-23 березня 2018 р. - Електрон. текст. дані. - 2018. - Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2018>.

2. Бакалець Д. В. Оцінка впливу мокрого напівнапружено-деформований стан валів [Електронний ресурс] / Д. В. Бакалець, О. І. Шугайло. П. Ю. Бондарчук// Матеріали XLVIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 13-15 березня 2019 р. – Електрон. текст. дані. – 2019. – Режим доступу:<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2019/paper/view/7453>.

3. Савуляк В. І. Вимоги до робочих поверхонь деталей, які працюють в умовах кавітації, корозійного та ерозійного зношування[електронний ресурс] /В.І.Савуляк, О.І. Шугайло, К.С. Шаргородський// Матеріали Всеукраїнської Науково-Практичної Інтернет-Конференції студентів, аспірантів та молодих Науковців ВНТУ, Вінниця, – з 09.11 2020р.– 14.05.2021р. – Електрон. Текст. Дані. – 2020. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2020/paper/view/7655>.

# 1 ВИВЧЕННЯ ПРОБЛЕМ ЗНОШУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ РОБОЧОГО КОЛЕСА НАСОСА ЗЕМСНАРЯДУ ТА РОЗРОБКА МЕТОДУ ПРОТИДІЇ ЙОМУ

## 1.1 Процеси зношування та основні фактори впливу

Абразивне і гідроабразивне зношування різних агрегатів (деталей ґрунтових насосів і розпушувачів ґрунту, які працюють в середовищі піску та намулу із значною кількістю абразивних частинок) є одним з самих руйнівних видів зношування.

Візьмемо, для прикладу, інтенсивність зношування робочих поверхонь колеса насоса земснаряду, який призначений для видобування пісчаних ґрунтів, під час експлуатації в стандартних режимах може становити 0,2 мм/год. Враховуючи навіть те що товщина поверхні колеса 30 мм, яке працює при стандартних режимах, може втратити свої експлуатаційні властивості через 150 ... 200 год. При стандартній довговічності, яка становить майже 2 тис. год., стане необхідним зробити декілька заміन деталей, які зносилися (рис. 1), через виходу з ладу робочих коліс ґрунтових насосів [1].

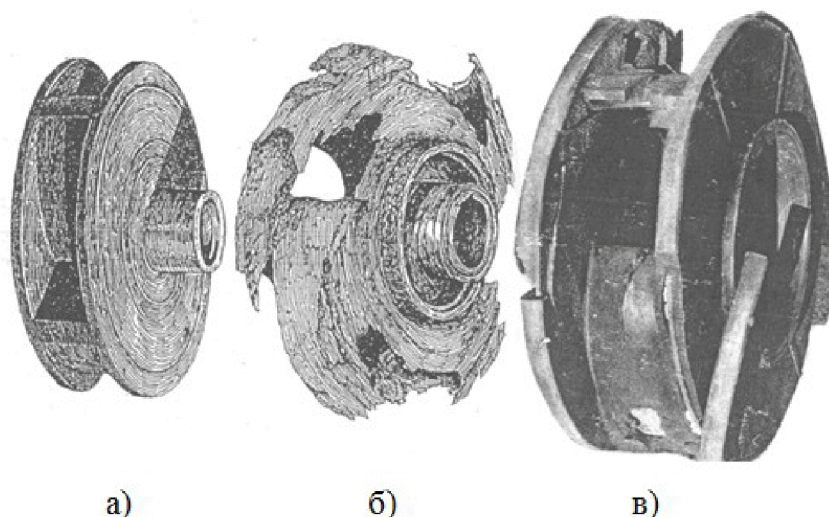


Рисунок 1.1 – Робоче колесо ґрунтового насоса земснаряда ДЕ–250:

а - до експлуатації; б - після роботи близько 600 год.;

в - знос робочого колеса ґрунтоового насоса гравієм

Найпоширеніший вид зношування, який притаманний для елементів ґрунтового насоса (рис.1.2) є гідроабразивне зношування. Швидке гідроабразивне зношування відбувається завдяки таким факторам, як шлам і частинки піску та землі, а також від зносостійкості поверхонь елементів земснаряду по яких рухається гідросуміш.

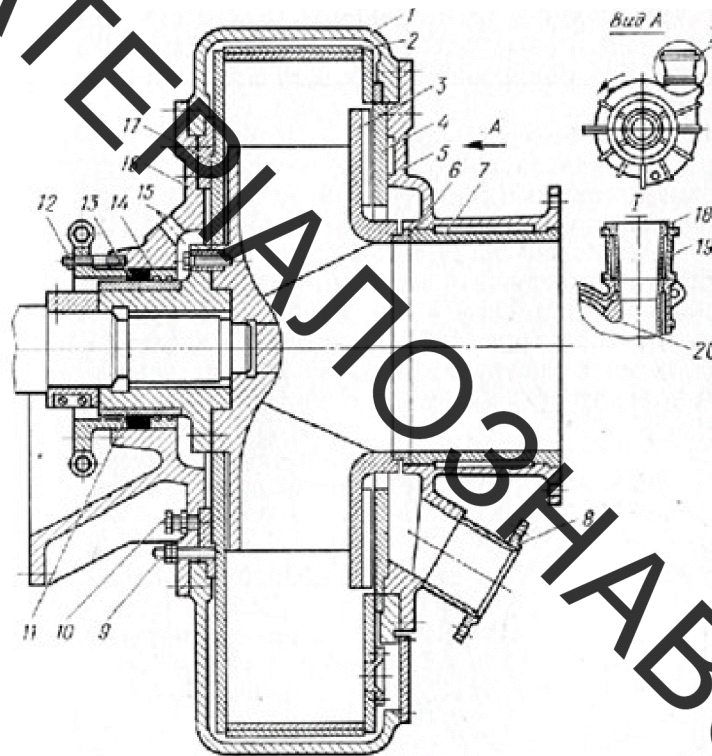


Рисунок 1.2 – Ґрунтовий насос

- 1 – корпус; 2 – внутрішнє покриття корпусу; 3 – робоче колесо;  
 4 – передній бронедиск; 5 – передня кришка; 6 – кільце ущільнювача;  
 7 – облицювання всмокуючого патрубку; 8 – патрубок промивної води;  
 9, 10 – регулювальні болти; 11 – захисна втулка; 12 – натискаюча втулка;  
 13 – сальник; 14 – лабіринтове ущільнення; 15 – патрубок промивної води;  
 16 – задня кришка; 17 – задній бронедиск;

Існують такі різновиди гідроабразивного зношування деталей насосів як загальне і місцеве. Загальне зношування характеризується зменшенням товщини деталі і відбувається на поверхнях бронедисків. Наявність кавітаційних пор також свідчить про місцеве зношування. Місцеве зношування відбувається досить швидко в порівнянні з загальним.

Кавітація виникає тоді, коли порушується режим роботи насоса і призводить до помітного зростання вакууму у камері всмоктування. Виникнення місцевої кавітації може відбуватися за рахунок різних перешкод, які утворюються в протічних елементах помпи, наприклад, криві стикові з'єднання деталей, напливи на нерівномірність шва. Вище зазначені перешкоди можуть утворюватися як при виході з ладу деталей так і при їх неправильному відновленні під час ремонту. Кавітаційне зношування стає причиною виходу з ладу майже всіх деталей насоса земснаряду. Під час кавітації зростає вібрація насоса, що стає причиною руйнування деталей, а в також може призвести до виходу з ладу насоса.

Механічне зношування робочого колеса насоса земснаряду відбувається в за рахунок тертя твердих частинок шлам, що відбувається тоді, коли насос працює в умовах, де є присутній гравій.

Робочі колеса насосів земснарядів можуть бути суцільні, вилиті з чавуну та сталі, або розбірні, тобто з закритими та відкритими лопатками. Під час роботи ґрунтового насосу в насамперед зношується робоче колесо, а саме лопатки і торцеві поверхні. Так як поверхні лопаток колеса зношуються нерівномірно, то погіршуються не лише гідравлічні характеристики, але таке зношування стає причиною утруднення балансування колеса.

Зношування робочого колеса залежить від складу гідросуміші, яка перекачується. Наприклад, при перекачуванні піску зношуються робочі поверхні лопаток і задній бронециліндр, а при перекачуванні твердих частинок – вхідні кромки лопаток.

Окрім абразивного зношування негативним фактором, який впливає на зношування поверхонь лопаток, є водень.

Воднева корозія значно впливає на зміни механічних властивостей металів (підвищується крихкість сталі, відбувається її розшарування, «пузиріння»). Крихке руйнування при водневій корозії відбувається тоді, коли сталь має високі показники твердості (високовуглецева сталь). Для пластичних сталей характерною ознакою водневого зношування може бути розшарування

та утворення пор на поверхні деталі. Причиною водневої корозії є дифузія водню в сталь та в інші матеріали. Також слід зазначити що утворення водневої корозії швидше відбувається при високих температурах.

Історія інтенсивних досліджень проблем наводнювання металів охоплює період біля півстоліття. Відома низка робіт українських та закордонних вчених[2–11]. Встановлено, що водневе зношування є результатом синергетичної взаємодії поверхневих явищ: екзоелектронної емісії, адсорбції і трибодеструкції, які призводять до виділення водню. Спільно з нерівноважними процесами, що супроводжуються деформацією металу поверхні тертя, утворюються теплові градієнти, електричні і магнітні поля і поля напружень. Ці явища призводять до дифузії водню в метал поверхні тертя, що в свою чергу стає причиною прискореного зносу під поверхневого шару та руйнування поверхні.

В результаті екзоелектронної емісії на поверхні тертя [12] з'являються електрони, здатні сольватуватися на молекулах води і розкласти їх на кисень і водень. Водень може виділятися і в результаті трибодеструкції вуглеводнів, які містяться в мастилах. В результаті утворення градієнтів температур при терті може виникати система накачування водню до надмірної концентрації. Велика кількість утворення дефектів в деформованому металі поверхні тертя збільшує концентрацію водню, його молізацію і руйнування металу [13, 14, 15, 16].

Існує декілька етапів водневого зношування [14, 17, 18, 19], яке здійснюється в двох формах (табл. 1.1): дифузійно–активна форма – іон водню розчинений в решітці металу; молекулярна форма – водень в молекулярній формі знаходиться в дефектах кристалічної решітки металу.

Таблиця 1.1 – Загальна схема впливу водню на процеси зношування

Етап	Процеси в зоні контакту при водневому зношуванні	Причини, що викликали процес
1	Інтенсивне виділення водню в зоні тертя з вологи, мастильного матеріалу, палива і неметалічних пар тертя	Тертя призвело до трибохімічної реакції
2	Десорбція мастильного матеріалу з поверхності металевої деталі	Тертя підвищило температуру поверхні
3	Адсорбція водню поверхнею металевої деталі	Тертя створило умови для адсорбції
4	Дифузія водню в поверхневі шари металевих елементів пари, що треться, швидкість якої визначається градієнтами температури і напружень	Тертя створило градієнти температури і напруг
5	Концентрація водню на деякій глибині від поверхні тертя у зоні максимальної температури	Тертя створило градієнт температури під поверхнею
6	а) низькотемпературне крихке руйнування поверхневого шару металевих елементів пар тертя, насичених воднем, внаслідок утворення великої кількості тріщин в зоні контакту;  б) високотемпературне в'язке руйнування металу, що треться у вигляді намазування на контртіло в результаті зрідження поверхневого шару	Стискання напружень від тертя, і молізації водню  Пересичення воднем сталі при коливанні температури нагрівання в межах 800 ... 1000 °С

Дефектність металу значною мірою впливає на граничну концентрацію водню та може призвести до руйнування металу.

Залежно від експлуатаційних характеристик машини або механізмів можуть відбуватися такі зміни стану водню [див. 7, 16]:

- поступовий перехід водню з розчиненого в рівноважній концентрації в молекулярний під час корозії;
- при механічному впливі на конструкцію, водень концентрується в зоні максимальних напружень, що стає причиною його молізації і викликає руйнування;
- при експлуатації поверхонь тертя на них виникають градієнти температур і напружень, виникають електричні та магнітні поля, відбувається



утворення в поверхневих шарах надмірної концентрації водню, що виділився при терті з адсорбованої води, мастила, палива. Миттєвий перехід водню в молекулярну форму відбувається завдяки динаміці утворення дефектів при експлуатації машин або агрегатів.

Наводнювання є одним з переважаючих факторів, які впливають на зношування при терті, особливо це відноситься до деталей, що працюють в умовах підвищеної вологості.

На деяких ділянках поверхні може утворюватися шар нейтральних молекул, наприклад, оксидів, що призводить до гальмування процесу проникнення водню в метал [20].

Максимальна кількість поглинутого водню відбувається тоді, коли розпочинається десорбція компонентів мастила при температурі в межах 70... 100 °С, та закінчується при температурі близько 1200 °С. Адсорбція водню продовжує відбуватися до 400 °С і вище. Для проникнення водню в залізо необхідні адсорбційні центри, які при температурі нижче від критичної вже зайняті, тому проникнення в залізо стає більш утрудненим. Під час десорбції мастила при терті водень має можливість зайняти більшу кількість центрів для адсорбції, тому надходить в поверхневий шар заліза в великих кількостях. Зі збільшенням кількості дефектів на поверхні деталі під час проникнення водню зростає молізація водню. Повторюваність тертя призводить до так званого ефекту накачування і триває до тих пір, поки збільшення тиску не призведе до руйнування поверхні деталей, де утворилися тріщини [19].

Ступінь проникнення водню в метал може змінюватися залежно від навантаження деталі, трибодеструкції і адсорбції речовини та конструкції вузла. Тому в залежності від вище перерахованого характеру експлуатації деталі та умов, що її супроводжують, буде відбуватися перехід від повільного до крихкого миттєвого руйнування поверхневого шару [19].

Водневе зношування може відбуватися як за рахунок того водню, що з'являється при терті, так і того що утворюється при різних технологічних процесах. Наприклад, під час виплавки сталі, використовують повітряне або

висневе дуття, в якому водяна пара розкладається під впливом вуглецю, утворюючи при цьому водень, який потрапляє в сталь. Також при будь-якій термічній обробці виділяється водень, який проникає в сталь.

Часто наводнення відбувається під час нанесення таких гальванічних покриттів як хром, нікель, цинк, а також під час видалення окалини та корозії шляхом травлення поверхні деталі.

В.Я. Матюшенко, М.А. Андрейчик [2– 11] в своїх дослідженнях встановили вплив деяких технологій обробки сталей на їх наводнювання (табл.1.2). В їхніх дослідженнях є безліч запитань на які, в існуючих джерелах немає відповіді, а саме: в яких умовах проводилося наводнювання; які джерела водню, якщо використовувався сульфурфрезол; якщо наводнювання відбувалося за рахунок розкладання води, яка входила в склад ЗОР, то чому наводнювання має такі великі значення, якщо в звичайній воді значення значно менші.

Існують такі речовини як сірка, селен, сурма, сірководень та миш'як, при додаванні яких покращується проникнення водню в структуру сталі. Однак існують і такі елементи добавка в сталь яких сприяє захисту від проникнення водню та стабілізації карбідної складової та попередження прозневуглецювання сталі, так звані карбідоутворюючі елементи: хром, ванадій, молібден, ніобій, титан.

Таблиця 1.2 – Технологія наводнення сталей

Технологічна операція	Вміст вуглецю см <sup>3</sup> на 100г.
Токарна обробка без ЗОР	0,4
Токарна обробка із ЗОР	5,6
Гартування	12,6
Відпуск	6,8
Цементування	15,4
Гартування після цементації	18,8

А.А. Поляков у дослідженнях [2, 16] встановив, що існують два види зношування поверхонь сталевих і чавунних деталей за рахунок впливу водню:

зношування диспергуванням і зношування руйнуванням. При зношуванні диспергуванням на поверхневому шарі деталі значних змін не спостерігається. Це означає що на поверхні тертя немає задирів, виривання, перенесення матеріалу з однієї поверхні на іншу, лише прослідковуються дрібні подряпини, розташовані вздовж напрямку руху тертя, які мають характерний блиск.

Встановлено, що при незначному наводнюванні зносостійкість зразків з чавуну СЧ25 збільшується, а при подальшому наводнюванні падає. Це пов'язано з тим, що при початковому наводненні збільшується твердість сталі. На рисунку 1.2 наведена залежність зміни мікротвердості чавуну СЧ25 від часу наводнювання. Збільшення мікротвердості в перший період наводнення, стає причиною зміцнення сталі, потім твердість сталі різко знижується і стає менше початкової.

Під час насичення сталі воднем відбувається зменшення твердості, це свідчить про те що поверхневий шар зразка втрачає свою міцність.



Рисунок 1.2 – Зміна мікротвердості чавуну СЧ-25 від часу наводнювання

Особливість водневого зношування руйнуванням поверхні деталі має таку особливість: поверхневий шар дослідного зразка зі сталі або чавуну

руйнуються дуже швидко на глибину 1...2 мкм. Це відбувається, коли поверхневий шар накопичує велику кількість водню. Таке явище відбувається через те, що тертя десорбує мастильний матеріал, і водень займає якомога більшу кількість адсорбційних центрів на поверхні деталі. При цьому концентрація водню на поверхні зростає, і він потрапляє в зародкові тріщини, порожнини, міжкристалічні границі та ін. Під час тертя відбувається періодична деформація поверхневого шару і обсяг дефектних місць змінюється. Потрапляючи в дефектні місця водень молізується і, не маючи можливості вийти назовні через зменшення обсягу, намагається розширити порожнину, створюючи високу напруженість.

## **1.2 Підвищення зносостійкості та довговічності колеса насоса земснаряду шляхом швидкісного фрикційного зміцнення тертям**

Цікавим методом, що дозволяє зміцнювати поверхню та збільшувати її зносостійкість є поверхневе зміцнення тертям. Під час поверхневого зміцнення тертям в якості деформуючого елемента як правило служить ролик або кулька, матеріал яких повинен мати високий показник теплопровідності (мідь або латунь). Процес зміцнення відбувається за рахунок притискання ролика до поверхні деталі з певною силою  $P$  (рис.1.3) та переміщення деформуючого елемента в заданому напрямку, виконуючи при цьому обертання навколо своєї осі. В зоні локального контакту деформуючий елемент із поверхнею, що обробляється, утворюється пластично здеформований шар глибиною  $H$  (рис.1.3). Поверхневий здеформований шар виступає в ролі захисного бар'єру, тобто унеможливорює потрапляння в метал молекул водню. Слід зазначити, що загальні показники твердості поверхневого шару зміцненого тертям залежать від багатьох технологічних факторів: сили  $P$ , форми і розмірів ролика, швидкості обертання ролика, твердості деформуючого елемента та матеріалу, який зміцнюється.

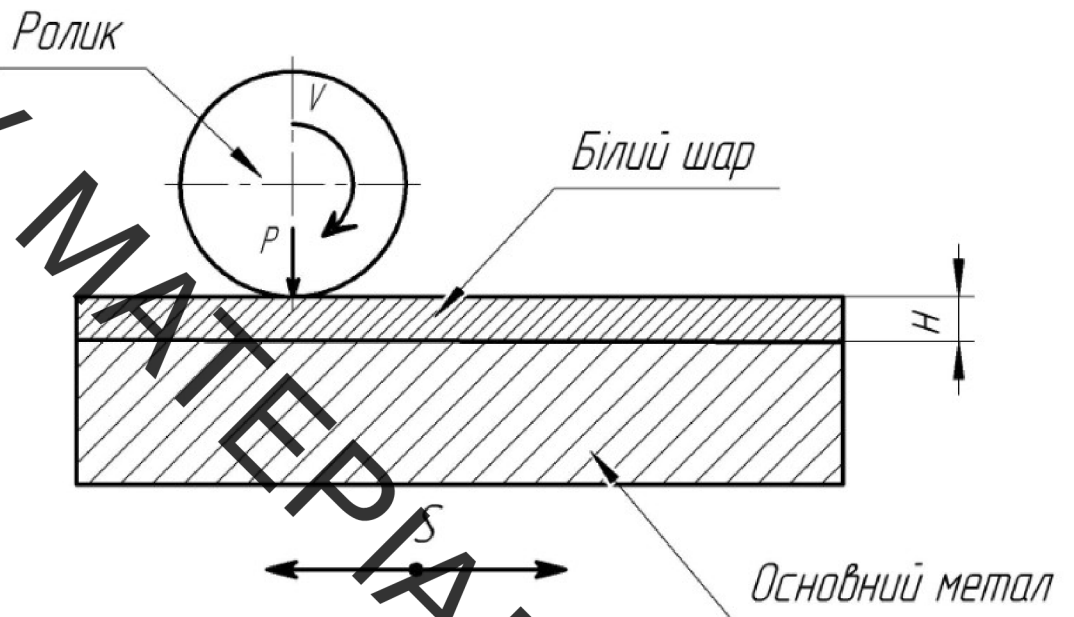


Рисунок 1.3 – Схема швидкісного фрикційного зміцнення (ШФЗ)

Підвищення ефективності процесів ШФЗ поверхонь актуальний для збільшення довговічності лопаток колеса ґрунтового насосу, виготовлених зі сталей і чавунів.

### 1.3 Конструювання швидкісних шпинделів на газових конічних опорах для фрикційної обробки поверхонь з складним профілем

Колеса насосів земснарядів та аналогічних виробів отримують переважно методами литва у пісчано-глинисті форми, а їх відновлення і зміцнення здійснюють методами плазмового або газополуменевого напилювання. Причиною вибору такого технологічного процесу є наявність у конструкції цих деталей закритих порожнин і поверхонь, що значно утруднює їх механічну обробку та зміцнення. Шорсткість, пористість та міцність поверхневого шару деталей насосів для перекачування суспензій або рідин з абразивними частками вимагає додаткової обробки, яка може усунути ці дефекти поверхні. Такою операцією може бути швидкісна фрикційна обробка криволінійних поверхонь. Стримує впровадження цієї обробки відсутність приводів фрикційних дисків з малим діаметром, що мали б обертатися зі швидкістю в десятки тисяч обертів на хвилину. Жодні кулькові підшипники або гідростатичні опори не можуть

забезпечити роботу на таких обертах. Тому використання шпинделів на газових опорах має значні перспективи. На рисунку 1.4 показана схема такої конструкції.

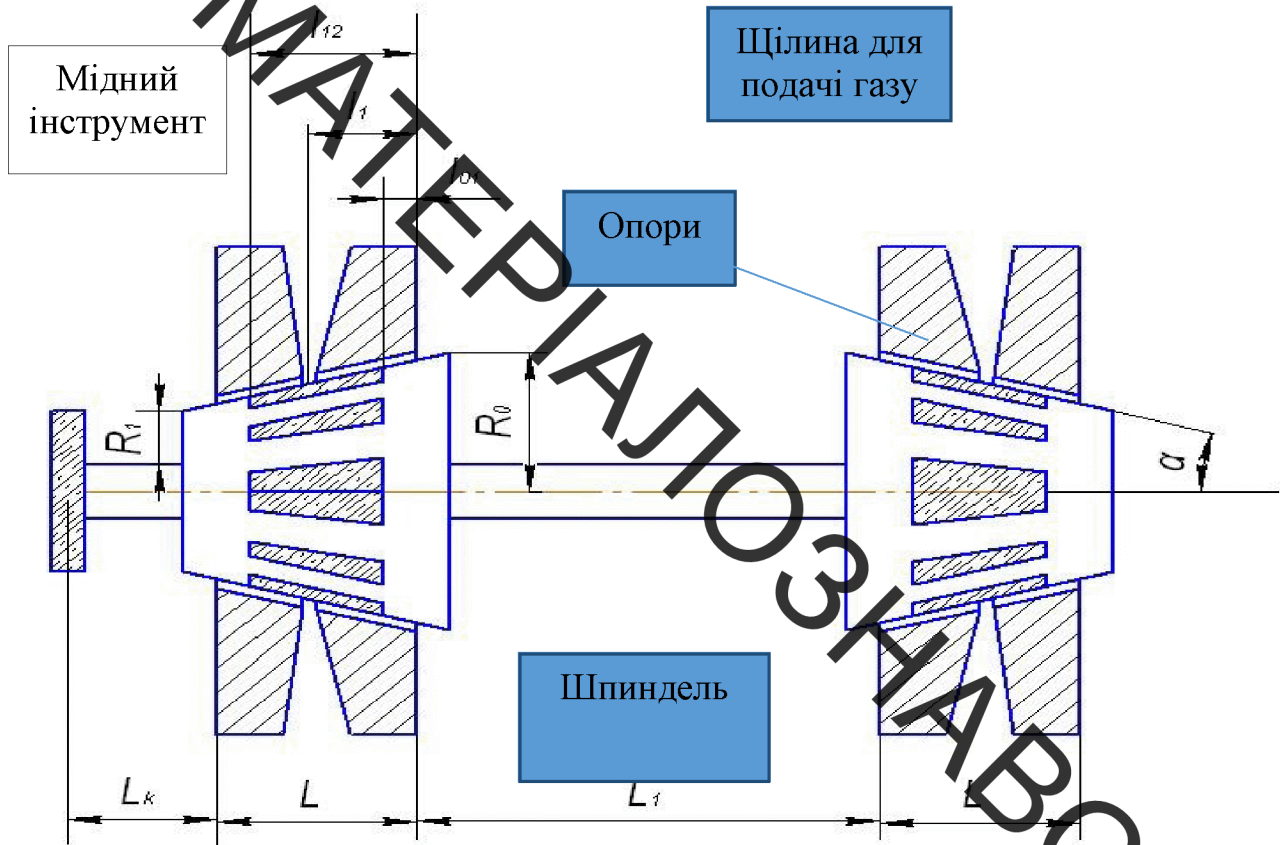


Рисунок 1.4– Схема конструкції пристрою на газових опорах для швидкої фрикційної обробки робочих колі насосів земснарядів з частотою обертання 10 000 об/хв

На рис. 1.5 показано спроектований, виготовлений у ВНТУ шпиндель на конічних газових опорах для фрикційної обробки деталей, що експлуатуються в гідроабразивному середовищі.

В конструкції шпинделя (рис. 1.6) газ (повітря) під тиском  $P_n$  через штуцер 4 і через пневмоканили надходить в робочі зазори плоского осьового підп'ятника та конічної опори. На торці корпусу опори 5, до якої прикріплюється осьовий підп'ятник 2 з одним рядом отворів та мікроканавкою, виконано канали для вільного виходу газу із робочих зон опор. Вал 3 приводиться до руху електродвигуном, ротор 8 якого напресований на вал 3, а

статор закріплюється шпильками до корпусу 5. Вал 3, осевий підп'ятник 2 і корпус 6 виготовлені із сталі 40Х.

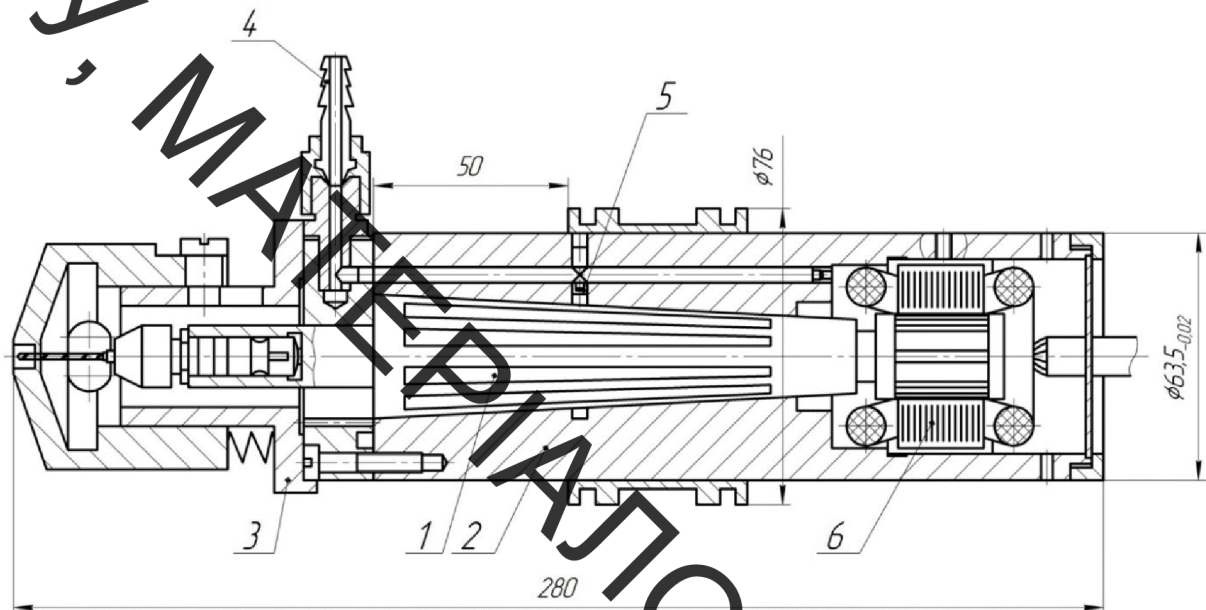


Рисунок 1.6 – Шпиндель на пневматичній конічній опорі

Технічні характеристики шпинделя (рис. 1.6)

Потужність електродвигуна.....	0,12 кВт
Кутова швидкість вала.....	1000 1/с
Радіальна несуча сила.....	440 Н
Осьова несуча сила.....	1400 Н
Витрати повітря.....	$6,6 \cdot 10^{-4}$ м <sup>3</sup> /с
Робочий тиск повітря (газу).....	0,5 МПа
Биття вихідної поверхні вала.....	до $6 \cdot 10^{-6}$ м

Технічні характеристики конічної опори

Довжина опори.....	0,11 м
Максимальний діаметр.....	0,048 м
Кут при вершині конуса.....	5°14'
Довжина поздовжніх канавок.....	0,093 м
Кількість канавок змінної глибини.....	15
Максимальна глибина канавок.....	$20^{-6}$ м
Радіальний робочий зазор.....	$(0 \dots 12) \cdot 10^{-6}$ м

Кутова швидкість вала до  $10^3 \text{с}^{-1}$  досягалася за допомогою перетворювача частот ПЧС-1. Схема електродинамічного гальмування забезпечувала зупинення вала за 15 с. Реальний вигляд конічної опори показано на рисунках 1.7 та 1.8.

Невеликі розміри шпинделя дозволяють встановити його на установці з ЧПК або використовувати в ручних варіантах.



Рисунок 1.7 – Швидкісний шпиндель для фрикційної обробки коліс насоса земснаряду в реальному складеному вигляді





БНТУ, МАТЕРІАЛІ ДІАГНОСТИКИ І ГАБАРИТНО-ВАГА

Рисунок 1.8 – Швидкісний шпиндель для фрикційної обробки коліс  
насоса земснаряду в розібраному вигляді

ВНТУ, МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

У зв'язку з викладеним, на нашу думку, існує кілька напрямків вдосконалення методу ШФЗ:

- використання графітовмісних мастил, що застосовуються в процесі зміцнення тертям [21];

- використання в процесі зміцнення мастил із плакуючими присадками для одночасного зміцнення нанесенням спеціальних антифрикційних покриттів [22];

- використання в якості інструментів переривчастих дисків [23];

- використання в якості інструментів металевих щіток [24].

Відомо [25], що використання графітовмісних мастил пришвидшує процес ШФЗ, збільшуючи товщину «білого шару» приблизно на 10 – 15%, а використання мастил з металоплакуючими присадками дозволяє отримувати фрикційні плівки товщиною 1 – 3 мкм. Переривчасті диски роблять процес ШФЗ більш жорстким з точки зору температури і зусиль в зоні контакту інструменту з робочою поверхнею деталі. Металеві щітки не забезпечують ефективного зміцнення, але можуть використовуватися для обробки фасонних поверхонь.

Проведено експеримент, який спрямований на вивчення зносостійкості зміцнених тертям поверхонь до і після використання трибологічних методів підвищення довговічності (табл. 1.3).

Вибір границь зміни факторів впливу ґрунтується на необхідності їх наближення до оптимальних для звичайних умов зміцнення і досяжні для будь-яких технологічних варіантів.

Таблиця 1.3 – Умови проведення експериментів з вивчення зносостійкості зміцнених ШФЗ поверхонь

Незалежні фактори	Границі зміни незалежних факторів за технологіями			
	Гладенький диск з мастилом ІС-12+графіт (порошок)	Гладенький диск з мастилом ІС-12+порошок Сu	Переривчастий диск з мастилом ІС-12	Стальна щітка з мастилом ІС-12
Швидкість диска $V_D$ , м/с	69	69	69	69
Швидкість зразка $V_{обр}$ , м/с	0,13	0,13	0,13	0,13
Глибина впровадження диска $t$ , мм	0,15	0,15	0,15	0,10
Подача $S$ , мм/хв	20,00	20,00	20,00	20,00

В результаті проведення швидкісного фрикційного зміцнення отримано наступну структуру (рис. 1.9):

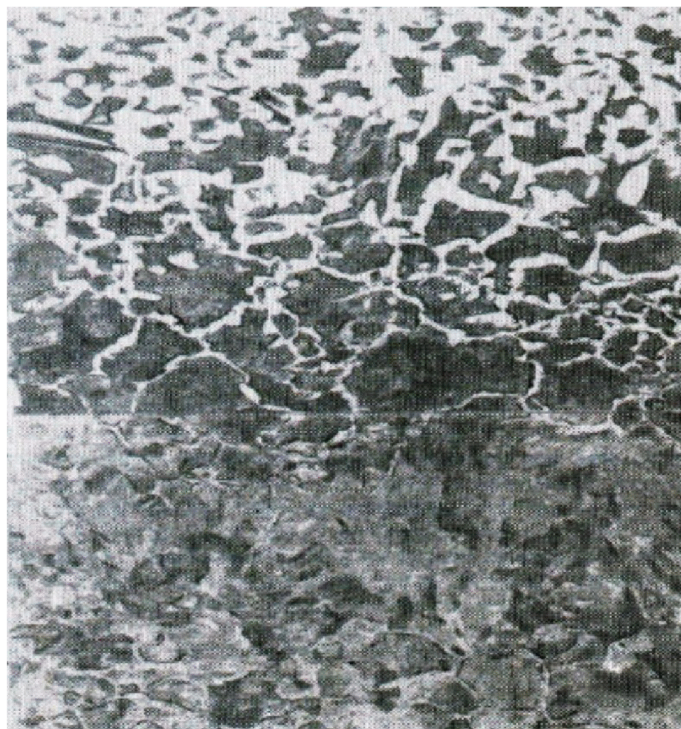


Рисунок 1.9 – Мікроструктура зміцненого шару

Після проведення дослідження встановлено:

- при обробці гладеньким диском в середовищі графітовмісного мастила отриманий зміцнений шар товщиною 0,25 - 0,28 мм, карбідна складована 10 - 12% вища, ніж при змащуванні звичайними мастилами без графіту; твердість «білого шару» – 11000 ... 12500 МПа (графік 1);

- при обробці диском з невеликою шорсткістю ( $Ra < 0,032$ ) в середовищі ІС-12 з мідним порошком отримано зміцнений шар звичайного для ШФЗ складу з видимою плівкою міді товщиною 2 – 3 мкм; твердість «білого шару» – 12500 МПа, при твердості сервовитної плівки відповідної твердості міді (графік 2);

- після обробки переривчастим диском отримано зміцнений шар мартенситно-карбідного складу, загальною товщиною 0,25 – 0,32 мм, твердістю 12400 МПа (графік 3);

- обробка сталеву щіткою дозволила досягти товщини зміцненого шару 0,08 - 0,12 мм, при твердості 9800 МПа (графік 4).

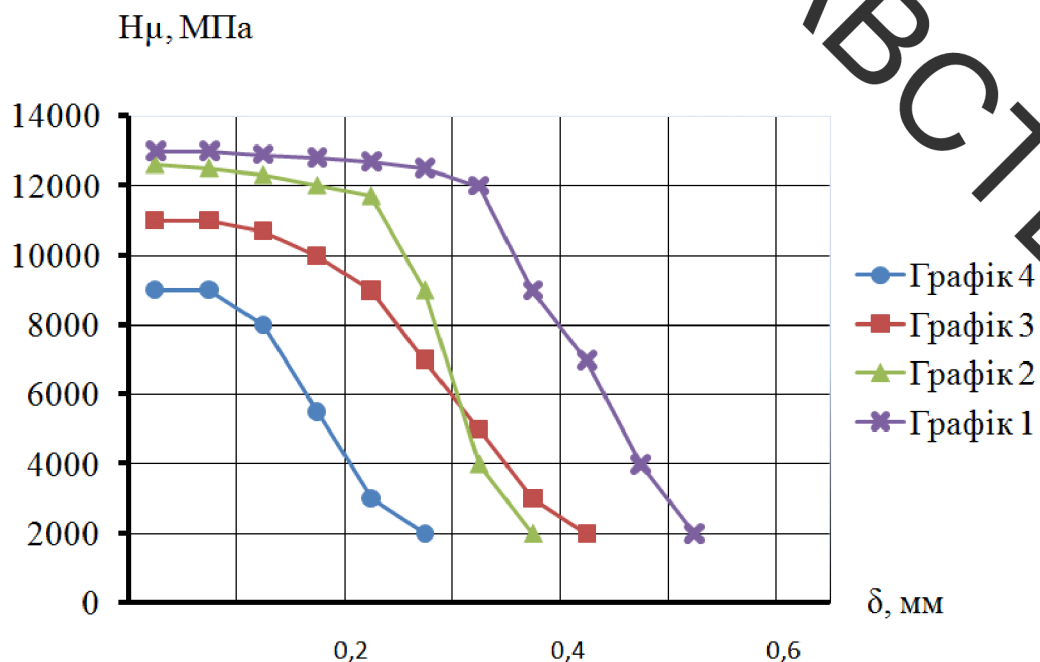


Рисунок 1.10 – Твердість зразків після використання різних способів зміцнення:

- 1 – гладенький диск в середовищі графітованого мастила;
- 2 - гладенький диск в маслі ІС-12 з мідним порошком;
- 3 - переривчастий диск; 4-сталеву щітка

Аналіз результатів експериментів показав, що інтенсифікація процесу ШФЗ навряд чи перевищує 10 – 15% і лише за рахунок дифузійних процесів істотно збільшити вміст карбідів в зміцненому шарі неможливо (рис 1.10).

Використання плакуючого металу (Cu) дозволяє отримати сервовитні плівки, хоча і незначної товщини.

У разі використання переривчастого диска підвищується карбідна складова на 3 – 5%, що є абсолютно не ефективним, враховуючи велику вартість інструменту і його більш складну підготовку до використання.

В результаті проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

- 1) ШФЗ деталей, яким би інструментом воно не проводилося, завжди призводить до підвищення зносостійкості робочих поверхонь;
- 2) ШФЗ доцільно проводити гладеньким або переривчастим диском, з використанням графітовмісних масел;
- 3) зміцнення тертям з одночасним нанесенням антифрикційних плівок неефективно, в порівнянні з іншими методами.

В результаті дослідження мікроструктур зміцнених шарів встановлено, що зміцнений шар може являти собою пластично деформовані вихідні структури, або поєднання декількох модифікованих структур, при цьому мікротвердість зміцнених шарів, в порівнянні з вихідною, може збільшуватися в 2 – 2,5 рази, навіть якщо немає фазових перетворень, що пояснюється подрібненням кристалітів і деформацією їх в напрямку найбільших напружень. Мікротвердість шару мартенситного складу досягає  $H_m = 12000$  МПа. Модифіковані структури спостерігаються у вигляді суцільних прошарків світлого відтінку ( "білі шари " ), або у вигляді окремих кристалітів. У ряді випадків утворюються зміцнені шари зі складною мікроструктурою, що містять в собі декілька фаз.

## 2 РОЗРОБКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧОГО КОЛЕСА НАСОСА ЗЕМСНАРЯДУ

### 2.1 Призначення деталі

Деталь «Робоче колесо земснаряда» за своєю формою, конструкцією і технологічним призначенням належить до класу «Обертювих деталей складної форми». Основне призначення робочого колеса земснаряда є перетворення механічної енергії обертання вала в енергію потоку рідини, що перекачується.

Рідина з підводу насоса через вікно всмоктування у передньому диску поступає у міжлопатеві канали. Внаслідок динамічної взаємодії потоку рідини з лопатками колеса, що обертається, збільшується швидкість потоку та напор. Пройшовши через канали, рідина виходить вікнами по колу колеса, та направляється у відвід[25].

Розглянемо всі поверхні колеса земснаряда та їхнє призначення, використовуючи рисунок 2.1.

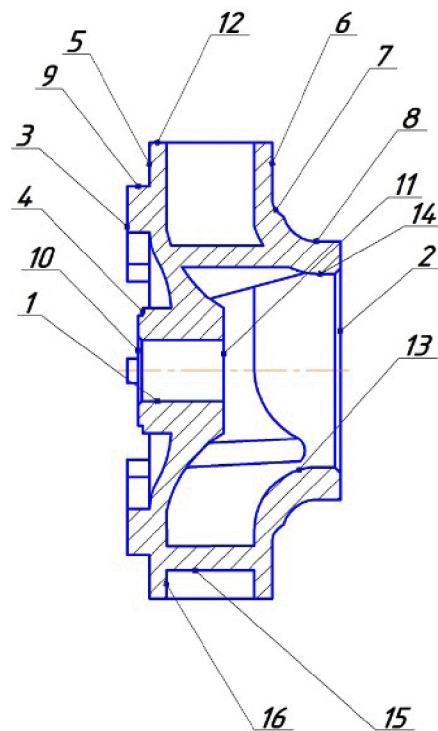


Рисунок 2.1 – Позначення поверхонь колеса земснаряда

Поверхня 1 центрального циліндричного отвору колеса земснаряда, використовується для посадки деталі на вал відцентрового насоса, до якої ставлять досить високі вимоги на точність та шорсткість. Поверхня повинна бути виконана за восьмим квалітетом точності з шорсткістю не більше як  $R_a=3,2$  мкм. Відносно осі цього отвору відбувається базування. Поверхні 2 і 3 є поверхнями торців, до яких висувають вимоги точності за чотирнадцятим квалітетом і шорсткістю  $R_a=50$  мкм. Поверхні 5 і 6 є торцевими поверхнями, які мають чотирнадцятий квалітет і шорсткість  $R_a=50$  мкм. Поверхня 7 має форму галтелі і служить для зменшення концентратора напружень. Дана поверхня має чотирнадцятий квалітет та шорсткість  $R_a=50$  мкм. До поверхні 8 шорсткістю  $R_a=50$  мкм і чотирнадцятим квалітетом висуваються вимоги за радіального биття, не більше 0,1 мм, задля того щоб добре відцентрувати робоче колесо при обертанні. Поверхня 10 є торцевою поверхнею, яка повинна бути виконана за шорсткістю  $R_a=12,5$  мкм. До поверхні 12 ставляться вимоги за радіального биття не більше 0,1 мкм. Ця поверхня має чотирнадцятий квалітет і шорсткість  $R_a=50$  мкм. Поверхня 14 є робочою поверхнею по якій перекачується пульпа. Дана поверхня має шорсткість  $R_a=50$  мкм. Шпонковий паз знаходиться в циліндричному центральному отворі робочого колеса, виконується для надійного кріплення на посадочній поверхні валу. Він повинен бути оброблений за 9 квалітетом точності, шорсткість дна паза  $R_a=6,3$  мкм, бокової поверхні  $R_a=3,2$  мкм.

Всі інші поверхні менш відповідальні, ніж перераховані вище, і мають 14 квалітет точності, з шорсткістю  $R_a=50$  мкм.

## 2.2 Матеріал деталі і його властивості

Колесо земснаряда виготовлене з чавуну марки СЧ25 ГОСТ 1412-85.

Основною характеристикою сірого чавуну є значно більше відношення границі текучості до границі міцності на розтяг в порівнянні зі сталлю.



Сірий чавун, тип СЧ25, який найбільш широко використовується для виробництва промислових компонентів, має чудову оброблюваність порівняно з іншими типами чавунів. Графіт із сірого чавуну має структуру, подібну до пластівців, що значною мірою відповідає за високу оброблюваність цього металу. Графітоподібна структура, що нагадує пластівці, призводить до розривів у металевій матриці та подальшого зниження зусиль різання. Графіт із сірого чавуну також забезпечує зм'якшення під час механічної обробки. Це зменшує необхідність зм'якшення для використовуваної рідини для обробки металів. Окрім впливу графітової структури на оброблюваність сірого чавуну, метал також містить композиційні елементи, що сприяють підвищеній оброблюваності [26].

Хімічні властивості чавуну СЧ25 наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад матеріалу СЧ25

Вміст елементів %				
C	Si	Mn	S	P
Вуглець	Кремній	Марганець	Сірка	Фосфор
3.2 – 3.4	1.4	0.7 - 1	до 0.15	до 0.2

Таблиця 2.2 – Механічні властивості матеріалу СЧ25

Позначення	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta$ %	$\tau_T$ , МПа
Механічні властивості	250	-	-	-

$\sigma_B$  – Межа короточасної міцності, [МПа]

$\sigma_T$  – Межа текучості, [МПа]

$\delta$  – Відносне видовження при розриві, [%]

$\tau$  – Межа міцності на зріз, [%]

### 2.3 Якісна характеристика технологічності

Деталь «Колесо земснаряда» виготовлене ливарним способом з сірого чавуну, марки СЧ25 ГОСТ 1412-85. Дивлячись на креслення деталі, можна сказати, що дана деталь має складну геометрію: форма лопатей та центральний отвір з шпонковим пазом. Нетехнологічним в даному робочому колесі є поверхні лопатей за номером 13 та 14 (див. рисунок 2.1), для обробки яких необхідне ручне шліфування з відповідними абразивними кругами. Обробка деталі ускладнюється конусністю ступиці, що також ускладнює циліндричного центрального отвору і шпонкового пазу в ньому.

Однією з переваг даної деталі є те, що вона після лиття, як правило, не піддається термічній обробці, що значно полегшує подальший процес відновлення.

На основі проведеного аналізу можна сказати, що в загальному плані деталь «Колесо земснаряда» не є досить технологічною, оскільки не допускає застосування високопродуктивних режимів різання (обробки) і має складну просторову конфігурацію лопатей.

### 2.4 Кількісна характеристика технологічності

Під час проектування будь-якого технологічного процесу разом із якісною характеристикою технологічності є необхідним проведення кількісної характеристики технологічності конструкції, яка включає в себе розрахунок і співставлення розрахункових значень показників технологічності.

В процесі конструювання основною метою аналізу є виявлення недоліків конструкції згідно відомості, які містяться в креслені і технічних вимогах.

Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі в роботі необхідно провести за показниками: коефіцієнт уніфікації, коефіцієнт точності, коефіцієнт шорсткості.

Таблиця 2.3– Розміри деталі «Колесо земснаряда»

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість
56*	R10*	45°(2)*	Ra 3,2 (3 пов.)*
87	R15*		Ra6,3 (1 пов.)*
97	Ø208		Ra 12,5 (2 пов.)*
8*(2)	Ø57		Ra25 (2 пов.)*
1,6*	Ø50*		Ra50 (8 пов.)*
15*	Ø88		
31,3	Ø118		
10*	Ø140*		
122	Ø172		
20*	Ø130*		
30*	R80*		
39	R5*		
8JS9*	Ø28 H8*		
11*			
$\Sigma_{\text{заг.}} = 15$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 13$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 2$	$\Sigma_{\text{заг.}} = 16$
$\Sigma_{\text{уніф.}} = 10$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 8$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 2$	$\Sigma_{\text{уніф.}} = 16$

Примітка: позначення «\*» використовується для уніфікованих розмірів.

Використовуючи дані таблиці 2.3 визначаємо кількісні показники технологічності

Оскільки розраховані показники (див. таблицю 2.4)  $K_y=0,78 > 0,6$ ;  $K_{т.ч.} = 0,82 > 0,93$ ;  $K_{ш}=0,03 < 0,32$ , то деталь за кількісними характеристиками є технологічною.

Таблиця 2.4 – Кількісні показники технологічності

Коефіцієнт уніфікації, $K_y$	Коефіцієнт точності, $K_{т.ч.}$	Коефіцієнт шорсткості, $K_{ш}$	Середня шорсткість	Середній квалітет
0,78	0,93	0,03	Ra 13,3	14

## 2.5 Дефектування деталі

Деталь «Робоче колесо земснаряда» працює в умовах взаємодії потоку рідини з частинками піску та землі, що призводить до виникнення таких дефектів:

- 1) деформація і злом (крихкий, в'язкий);
- 2) механічний знос (знос металевих пар, абразивний знос);
- 3) корозійне пошкодження;
- 4) ерозійно-кавітаційне пошкодження (рідинна ерозія, кавітація);
- 5) корозійно-механічне пошкодження (корозійна втома, корозійне розтріскування, корозія при терті).

На рисунку 2.2 показано дефекти, які необхідно виправити. Дефект 1 належить до третьої групи пошкоджень, дефекти 2 і 3 належать до другої групи пошкоджень і є поправними. Дефект 1 знаходиться на зовнішній поверхні лопатей у вигляді пор, які виникають внаслідок кавітації. Дефект 2 знаходиться на місці шпонкового паза і виникає в результаті зламу шпонки або механічного зносу. Дефект 3 знаходиться на посадочному місці під вал і є результатом механічного зносу.

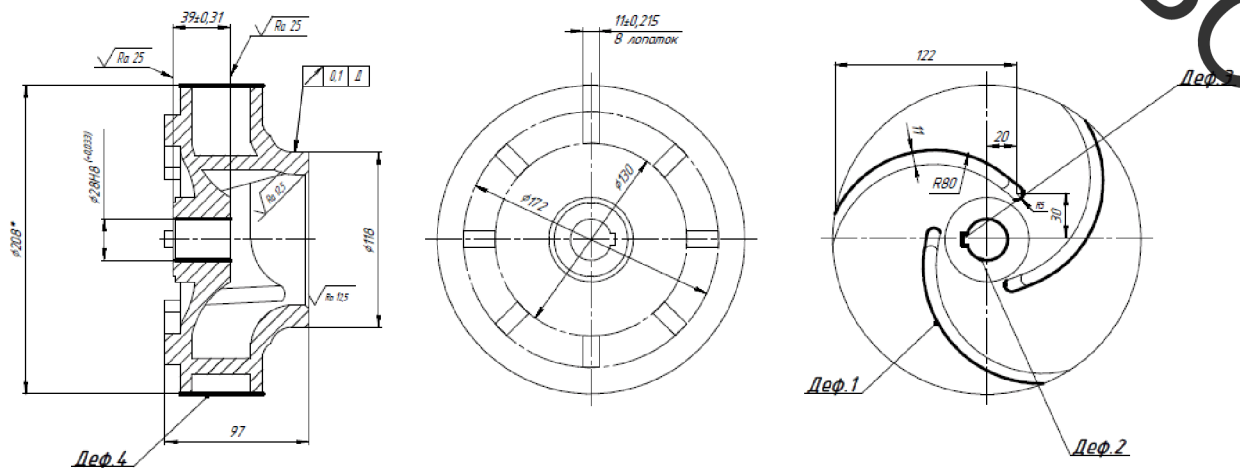
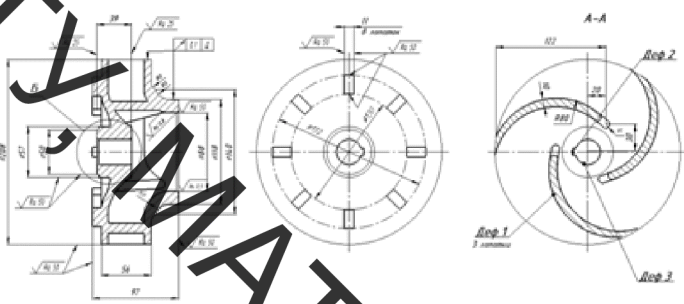


Рисунок 2.2 – Робоче колесо насоса земснаряду

Таблиця 2.5 – Дефектування колеса насоса земснаряда

			Найменування деталі		Позначення
			Колесо насоса земснаряда		
			Матеріал		Твердість
			СЧ25		НВ 180–250
Позиція на ескізі	Можливий дефект	Спосіб виявлення дефекту і засоби контролю	Розмір, мм		Висновок
			По робочому кресленню	допустимий без ремонту	
1	Знос поверхонь лопаток	Зовнішній огляд Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ166-89	11 ± 0,215	10 ± 0,215	Відновлювати
2	Знос посадочного отвору	Зовнішній огляд Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ166-89	∅28H8(+0,033)	∅27,5(+0,033)	Відновлювати

## 2.6 Визначення типу ремонтного виробництва

За методикою праці [27] для визначення типу виробництва й проведення оцінки розраховані показники, які містяться в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Показники ремонтного виробництва

Коефіцієнт спеціалізації	23
Такт випуску, хв	214
Величина запуску партії деталей, шт.	24
Річний випуск деталей, шт.	1000

Відповідно до коефіцієнта спеціалізації, зазначеного в таблиці 2.6, даний тип виробництва відноситься до середньо-серійного. За ГОСТ 3.1108-84 коефіцієнт закріплення операцій становить 15.

## 2.7 Вибір та технічне обґрунтування методів, обладнання та матеріалів для відновлення деталі

Враховуючи переваги та недоліки всіх методів нанесення покриття, порівнявши економічну доцільність використання цих методів та технологічну можливість використання наявного обладнання, обираємо плазмове напилювання для відновлення робочого колеса земснаряда, оскільки цей спосіб у порівнянні з іншими має високу продуктивність та має здатність наносити покриття із матеріалів різного хімічного складу [40].

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.

Цей спосіб покриття широко застосовується в тих галузях машинобудування, де нанесенням стійких сплавів необхідно захистити деталі машин від зносу, корозії, ерозії, угару, теплових ударів, кавітації.

При плазмовому напилюванні в якості напилюваних матеріалів використовують порошки, проволоки і прутки.

Після проведення аналізу дефектів, які виникають під час експлуатації робочого колеса насоса земснаряда, обираємо для відновлення дефекту 1 – плазмове напилювання поверхонь лопаток колеса, що дасть можливість підвищити твердість поверхонь, що в свою чергу призведе до збільшення терміну експлуатації деталі. Для дефекту 2 – також плазмове напилювання.

В якості установки для ручного плазмового напилювання обираємо універсальну установку УПУ-8М, яка має наступні характеристики [28]:

потужність – 40 кВт; маса – 2,9 кг;

максимальна потужність плазмотрона – 55 кВт;

максимальна продуктивність – 5 кг/год;

плазмо утворюючі гази – Ar, Ar/H<sub>2</sub>, Ar/He, Ar/N<sub>2</sub>.

Враховуючи матеріал та призначення деталі, обираємо проволочку Нп-30Х13 з  $\rho = 7740 \text{ кг/м}^3$  для напилення зовнішньої поверхні лопаток колеса та для посадочного отвору.

Для підготовки деталі перед напилюванням та після напилювання обираємо установку для електроімпульсної обробки УПП-25, яка здійснює обробку у середовищі пугів і дозволяє проводити наступну промивку деталі мийним розчином «Лабомід 102» [29].

## 2.8 Визначення кількості переходів та операцій відновлення поверхонь

Для дефекту 1 розмір становить  $11 \pm 0,215$ . Враховуючи те що даний дефект відновлюється за допомогою плазмового напилювання, то приймаємо наступні граничні допуски –  $T_{заг} = 360 \text{ мкм}$ ,  $T_{дет} = 72 \text{ мкм}$ .

Для дефекту Д2 розмір становить  $(28 \text{ Н} 8 (\dot{G}_0^{+0,033}))$ . Після плазмового напилювання та приймаємо такі граничні допуски  $T_{заг} = 360 \text{ мкм}$ ,  $T_{дет} = 72 \text{ мкм}$ .

## 2.9 Розрахунок припусків на переходи механічної обробки

Для визначення припусків використаємо розрахунково-аналітичний метод, наведений у працях [30,31].

Варто зауважити, що після проведення процесу напилювання необхідною операцією є зняття дефектного шару з напиленої поверхні, дотримуючись вимог шорсткості  $Rz = 50$ .

Таблиця 2.7 – Припуски на обробку деталі

Маршрут обробки $\varnothing 28 H_8^{+0,033}$	Елементи припуску			Розрахункові величини		Допуск на розмір	Розмір заготовки		Припуск	
	$R_z$	T	$\rho$	$Z_i$	min		$M_{max}$	$M_{min}$	$Z_{max}$	$Z_{min}$
Напилювання заготовка	100	700	18,5		27,515	360	27,155	27,515		
Чорнове шліфування	25	25	0,74	418	27,933	72	27,861	27,933	0,7	0,42
Чистове шліфування	10	5	0,03	100	28,033	33	28	28,033	0,14	0,10

Враховуючи вище зазначене, визначимо необхідну товщину наплавленого та напиленого шару покриття та занесемо дані до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Визначення необхідної товщини покриття

Поверхня	Відновлення	Механічна обробка	Знос, мм	Припуск на обробку мм	Товщина покриття, мм
$\varnothing 28 H_8^{+0,033}$	Напилювання	Розсвердлювання	2	1,2	3,2
$11 \pm 0,215$	Напилювання	Чорнове точіння	1,2	0,6	1,2

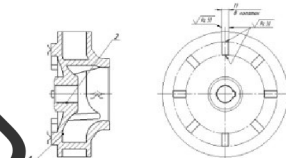
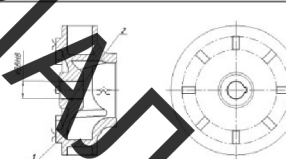
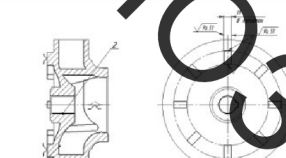
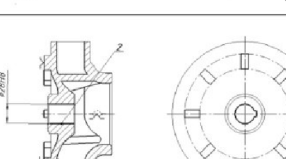
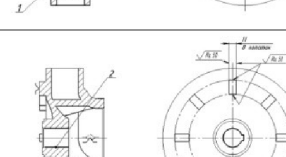
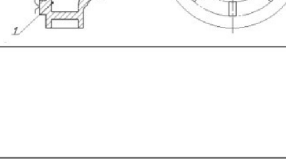
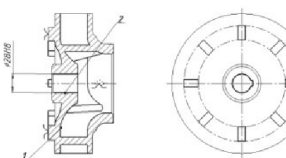
## 2.10 Формування маршруту відновлення деталі

Відповідно до результатів дефектування і технології відновлення дефектів складаємо план операцій відновлення робочого колеса земснаряда

Під час розробки процесу відновлення необхідно враховувати маршрутну технологію, основним завданням якої є визначення доцільності використання обладнання та виключення зустрічних потоків переміщення деталей по виробничих ділянках ремонтного підприємства.



Таблиця 2.9 – Маршрут відновлення деталі

№	Найменування операції та технічних переходів	Схема базування	Обладнання
005	<u>Мийна</u> 1 Установити та зняти деталь; 2 Мити деталь розчином "Людямі-203";		Роторна мийна машина ОМ-15429;
010	<u>Визначувальна</u> Дефектувати деталь та визначити всі дефекти, які потрібно відновити.		1 Контрольний стил; 2 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89; 3 Мікрометр МР-50 ГОСТ 4381-87;
015	<u>Шліфувальна</u> 1 Установити та зняти деталь; 2 Шліфувати пов. 1 до розмірів 10,73мм;		Ручна шліфувальна машина МШ-230;
020	<u>Шліфувальна</u> 1 Установити та зняти деталь; 2 Шліфувати пов. 2 до розмірів 27,933мм;		Внутрішньошліфувальний верстат ЗК228В
025	<u>Напилювальна</u> 1 Встановити та зняти деталь; 2 Напилити пов. 1 до розмірів 11,5мм;		Ручний плазматрон ПП21;
030	<u>Напилювальна</u> 1 Встановити та зняти деталь; 2 Напилити пов. 2 до розмірів 27,515мм;		Установка для напильня УПУ-8М;
035	<u>Шліфувальна</u> 1 Установити та зняти деталь; 1 Шліфувати пов. 1 до розмірів 11мм;		Ручна шліфувальна машина МШ-230;
037	<u>Фрикційна обробка</u> 1 Провести поверхнєве зміцнення за рахунок висаковидкісного тертя		Гладенький диск Установка для ПЗТ
040	<u>Шліфувальна</u> 1 Установити та зняти деталь; 2 Шліфувати пов. 2 до розмірів 28,033мм;		Внутрішньошліфувальний верстат ЗК228В
045	<u>Контрольна</u> 1 Установити деталь; 2 Контролювати розмір 28Н8; 3 Зняти деталь.		1 Контрольний стил; 2 Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89; 3 Мікрометр МР-50 ГОСТ 4381-87;

## 2.11 Розрахунок та призначення режимів попередньої механічної обробки та обробки після нанесення покриття

Припуск – шар матеріалу, що видаляється з поверхні деталі для досягнення заданих властивостей оброблюваної поверхні. Припуск на обробку поверхонь деталей може бути призначений по довідкових таблицях або на основі розрахунково-аналітичного методу. Розрахунковою величиною припуску є мінімальний припуск на обробку, достатній для усунення на виконуваному переході погрешностей обробки і дефектів поверхневого шару, отриманих на попередньому переході або операції і компенсації погрешностей, що виникають на виконуваному переході [30].

Механічна обробка здійснюється за допомогою внутрішньо-шліфувального верстата 3К225В.

Даний верстат має наступні параметри:

максимальний діаметр абразивного круга – 200 мм;

максимальна робоча швидкість – 30 м/с;

номінальна потужність – 0,76 кВт;

У якості шліфувального круга для чорнового шліфування обираємо ПП25х30х32 24А16С25К 30 м/с ГОСТ 2424-83 з наступними параметрами:

діаметр круга – 25 мм;

швидкість круга – 30 м/с;

абразивні зерна з електрокорунду білого.

У якості шліфувального круга для чистового шліфування обираємо ПП25х30х32 15А16С25К 30 м/с ГОСТ 2424-83 з наступними параметрами:

діаметр круга – 25 мм; швидкість круга – 30 м/с;

Розрахунок режимів попередньої та наступної обробки проводився за методикою праці [32]. Значення режимів обробки занесені у таблиці 3.10–3.13.

Таблиця 2.10 – Розрахунок режимів шліфувальної обробки - 015

Назва режиму	Позначення	Розрахункове значення
Глибина шліфування	$t$ , (мм)	0,005
Швидкість шліфування	$v$ , (м/хв)	83
Поправочний коефіцієнт	$C_N$	0,27
Коефіцієнт шліфування.	$f$	1,2
Частота обертання	$n$ , (об/хв)	1800
Дійсна швидкість шліфування	$V_D$ , (мм/хв)	30
Потужність	$N$ , (кВт)	0,76
Основний час	$T$ , (хв)	2,25
Довжина обробки	$L$ , (мм)	122

Таблиця 2.11 – Розрахунок режимів шліфувальної обробки – 020

Таблиця 2.12 – Розрахунок режимів шліфувальної обробки - 035

Назва режиму	Позначення	Розрахункове значення
Глибина шліфування	$t$ , (мм)	0,005
Швидкість шліфування	$v$ , (м/с)	30
Поправочний коефіцієнт	$C_N$	1,3
Коефіцієнт шліфування.	$f$	1,2
Припуск на обробку	$h$	0,3
Частота обертання	$n$ , (об/хв)	1800
Дійсна швидкість шліфування	$V_D$ , (мм/хв)	30
Потужність	$N$ , (кВт)	0,35
Основний час	$T$ , (хв)	3,35
Довжина обробки	$L$ , (мм)	39

Таблиця 2.13 – Розрахунок режимів шліфувальної обробки - 040

Назва режиму	Позначення	Розрахункове значення
Глибина шліфування	$t$ , (мм)	0,005
Швидкість шліфування	$v$ , (м/с)	30
Поправочний коефіцієнт	$C_N$	1,31
Коефіцієнт шліфування	$f$	1,2
Припуск на обробку	$h$	0,1
Частота обертання	$n$ , (об/хв)	1800
Дійсна швидкість шліфування	$V_D$ , (мм/хв)	30
Потужність	$N$ , (кВт)	0,35
Довжина обробки	$L$ , (мм)	30

## 2.12 Розрахунок параметрів режиму нанесення покриття

Для отримання якісного покриття товщина шару, який має бути напилений за один прохід повинна знаходитися в межах  $h=0,02 - 0,1$  мм.

Розрахунок режимів напилювання та наплавлення проводилися за методикою праць [33,34,39].

Таблиця 2.14–Розрахунок режимів напилювання - 025

Назва	Позначення	Розрахункове значення
Площа плями напилювання	$S, (\text{мм}^2)$	3,5
Необхідна маса порошка	$m, (\text{г})$	30
Дистанція напилювання	$L, (\text{мм})$	150
Лінійна швидкість напилювання	$V_{\text{л}}, (\text{мм}/\text{хв})$	1520
Горизонтальна швидкість переміщення плазмотрона	$U_{\text{г}}, (\text{мм}/\text{хв})$	120
Швидкість обертання деталі	$n, (\text{об}/\text{хв})$	30
Кількість проходів	$n$	2

Таблиця 2.15–Розрахунок режимів напилювання - 030

Назва	Позначення	Розрахункове значення
Площа плями напилювання	$S, (\text{мм}^2)$	3,5
Необхідна маса порошка	$m, (\text{г})$	30
Дистанція напилювання	$L, (\text{мм})$	130
Лінійна швидкість напилювання	$V_{\text{л}}, (\text{мм}/\text{хв})$	1520
Горизонтальна швидкість переміщення плазмотрона	$U_{\text{г}}, (\text{мм}/\text{хв})$	120
Швидкість обертання деталі	$n, (\text{об}/\text{хв})$	30
Кількість проходів	$n$	2

### 2.13 Нормування часу

Загальні витрати часу на механічну обробку та процес відновлення визначається в результаті повного технічного нормування операцій. Також при нормуванні часу різного типу операцій необхідно враховувати, що об'єм роботи в цехах та кількість обладнання, залежать від правильного розв'язання питання нормування операцій.

За допомогою нормування операцій визначається необхідна кількість часу для кожної операції, а також послідовність їх виконання.

Нормування операцій обробки поверхні здійснюється згідно з рекомендаціями праці [35,38]. Усі розраховані значення нормованого часу занесені у таблицю 2.16

Таблиця 2.16 – Нормування часу операцій

№ операції	$T_0$ , хв	$T_d$ , хв	$T_{оп}$ , хв	$T_{дод}$ , хв	$T_{п-з}$ , хв	Кількість деталей	$T_{шт-к}$ , хв
005 – очисна	6	2	8	0,32	12	50	8,57
010 – дефектувальна	3	0,8	3,8	0,3	13		4,37
015 – шліфувальна	2,25	1,2	3,45	0,1	13		1,76
020 – шліфувальна	3,35	1,2	4,55	0,1	13		1,6
025 – напилювальна	2,3	1,9	4,2	0,12	16		2,06
030 – напилювальна	1,7	2	3,7	1,71	16		13,47
035 – шліфувальна	1,25	1,19	2,44	0,17	16		2,9
040 – шліфувальна	0,8	1	1,8	0,21	16		1,93
045 – контрольна	1	0,5	1,5	0,075	13		1,85

### 3 ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ

#### 3.1 Створення конструктивної схеми установки автоматизованого відновлення

Розробимо конструктивну схему установки для напилювання зношеної поверхні. З'ясуємо, з яких основних компонентів має складатися установка для автоматизованого відновлення деталі.

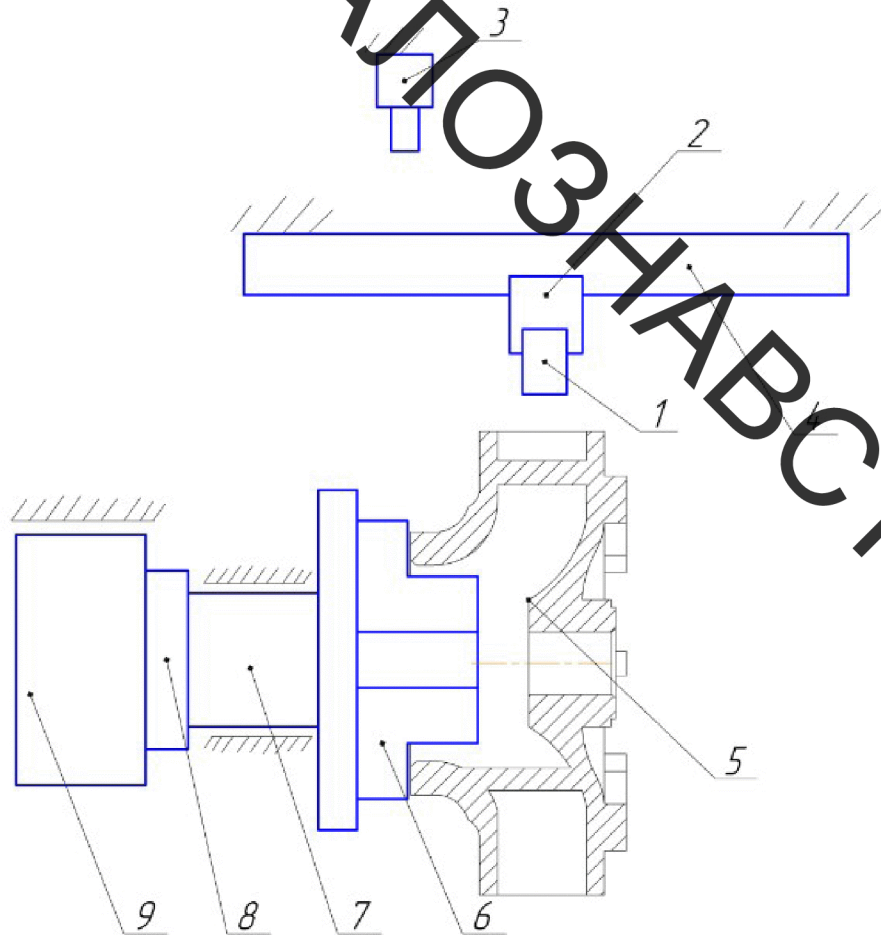


Рисунок 3.1 – Конструктивна схема установки відновлення

1 – наплювальний пристрій, 2 – блок вертикального переміщення, 3 – живильник, 4 – блок горизонтального переміщення, 5 – відновлювана деталь, 6 – патрон, 7 – вал шпинделя, 8 – муфта, 9 – електромотор.



### 3.2 Визначення способу закріплення деталі

Враховуючи те, що колесо насоса земснаряду має діаметр 208 мм, то установку, яка в подальшому буде сконструйована, розташуємо в горизонтальному положенні (рис.3.1). Застосуємо закріплювальний пристрій у вигляді патрона 5, зовнішнім діаметром 200 мм марка патрону 7100-0007.

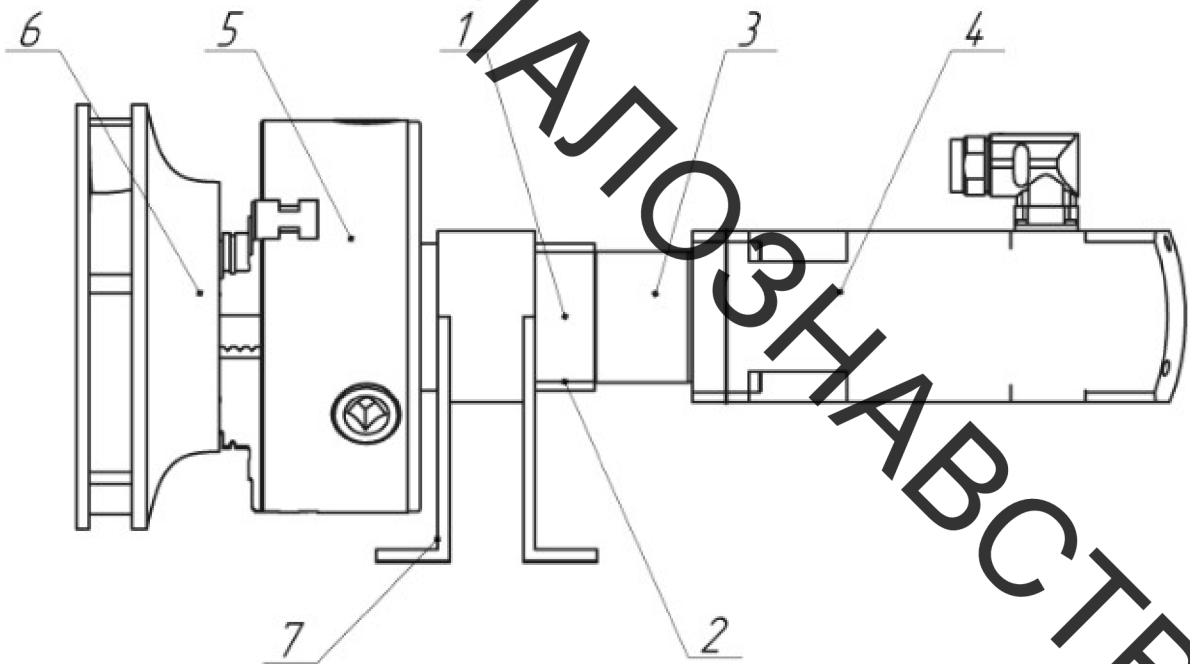


Рисунок 3.2 – Конструкція обертача

1 – вал шпинделя, 2 – корпус шпинделя, 3 – осьовий набір,  
4 – електромотор, 5 – патрон, 6 – колесо земснаряда, 7 – рамка.

Для вибору електромотора потрібно розрахувати масо-центрувальні характеристики всіх тіл, які обертаються в процесі відновлення деталі. Для цього необхідно скористатися програмою «Компас».

### 3.3 Розрахунок масо-центрувальних характеристик деталі та пристрою її закріплення

Для визначення масо-центрувальних характеристик розробимо 3D-моделі усіх деталей, що обертаються (рисунок 3.3)

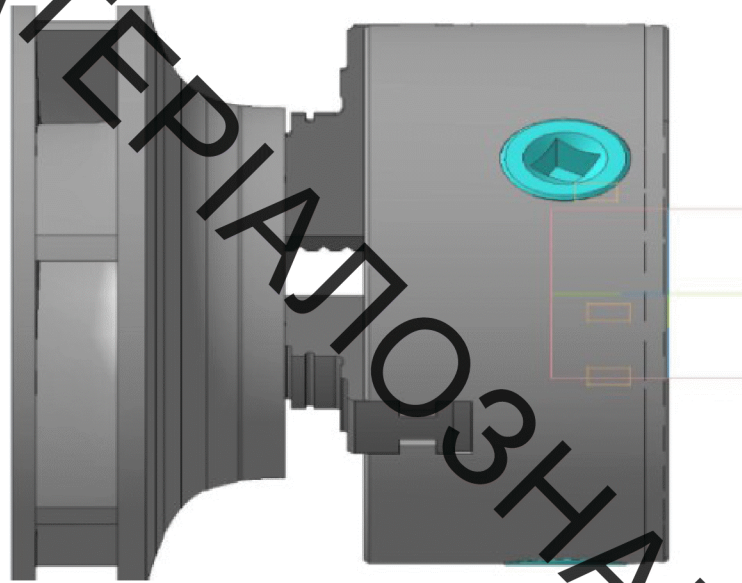


Рисунок 3.3 – 3D-модель деталі, що обертається в процесі відновлення

В програмі Компас визначимо масо-центрувальні характеристики.

Маса	$M = 10.226875 \text{ кг}$
Площа	$S = 4009.195114 \text{ см}^2$
Об'єм	$V = 1333.968530 \text{ см}^3$
Центр мас	$X_c = 0.001587 \text{ см}$
	$Y_c = 0.003053 \text{ см}$
	$Z_c = 5.657665 \text{ см}$

Моменти інерції

В центральній системі координат:

Осьові моменти інерції	$J_x = 341.608995 \text{ кг} \cdot \text{см}^2$
	$J_y = 341.683876 \text{ кг} \cdot \text{см}^2$
	$J_z = 364.081179 \text{ кг} \cdot \text{см}^2$

Згідно отриманих розрахунків підбрано діаметр валу, який з приймається по розміру діаметра осевого набору та валу електродвигуна, запропонованого програмою PositioningDrives компанії Festo, який становить 60 мм. Тобто приймаємо діаметр валу шпинделя 60 мм та підберемо відповідні підшипники: обираємо підшипники серії 80112 ГОСТ 7242-81 ( $d = 60$  мм,  $D = 95$  мм,  $B = 18$  мм) з вантажопідемністю  $C_0 = 4200$  Н[36].

### 3.4 Розрахунок та вибір виконавчих механізмів обертача

Для розрахунку привода обертання застосуємо програму Positioningdrives компанії Festo. Вихідними даними для розрахунку привода обертання є момент інерції тіл, які треба обертати (в нашому випадку становить  $J_y = 341.683876$  кг·см<sup>2</sup> додаткові сили, які є гальмівними або прискорювальними (в нашому випадку відсутні). Час розгону приймаємо 1 с. Тип привода – сервопривід змінного струму, включно з вбудованими гальмами та варіантами з редуктором. Монтажне розташування – горизонтальне.

В результаті розрахунку отримано такий результат (рисунок 3.4)

**Результаты**

Результат № 29  
Пожалуйста гарантируйте, что следующие динамические значения, на которых основано определение размеров, не превышают допустимых значений для вашего оборудования.  
Скорость: 206 грп  
Ускорение: 5686 грп/с  
Тормоза: 5686 грп/с

**Выбранный привод**

Привод Двигатель Контроллер

EMMS-A5-70-M-LS-RxI CMMP-A5-C5-3A-M3  
Редуктор: 20:1 Энергетический отс  
FMGA-X-80-P-G70-SA 230 VAC (Однофазн

**Обзор рабочих характеристик**

Момент инерции 341 kgcm<sup>2</sup>  
Расстояние от центра тяжести до оси 0 mm  
Максимальный крутящий момент 0 Nm  
Время перемещения + Паузы 0,691 s  
Паузы 0,4 s

**382 Результаты**

Подробная траектория движения: Продолжительность цикла (Время перемещения + Паузы): максимум 60 s

№	Поворотный модуль	Привод	Разд	Двигатель	Двигатель	Размер	Редуктор	Двигатель	Время перемещения
27	---	---	---	Серводви	70-S	5:1	99 %	0,326	
28	---	---	---	Серводви	70-M	20:1	98 %	0,274	
29	---	---	---	Серводви	70-M	20:1	94 %	0,291	
30	---	---	---	Серводви	70-S	5:1	99 %	0,331	
31	---	---	---	Серводви	70-M	5:1	99 %	0,279	
32	---	---	---	Серводви	70-M	5:1	99 %	0,283	
33	---	---	---	Серводви	70-S	5:1	99 %	0,305	

Рисунок 3.4 – Вибір двигуна обертача

Замовимо на сайті FESTO.COM.UA 3D-модель вибраного привода обертання в форматі sat., який розпізнає програма «Компас». Для цього необхідно замовити такі деталі: сервомотор EMMS-AS-70-M-LS-RRB, осьовий набір EAMM-A-D40-7A-S1 та редуктор EMGA-60-P-G3-SAS-55.

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

Розробимо 3D-модель обертача. Для чого спочатку розробимо 3D-модель шпиндельного вузла та з'єднаємо з ним вибраний сервомотор і осьовий набір та редуктор.

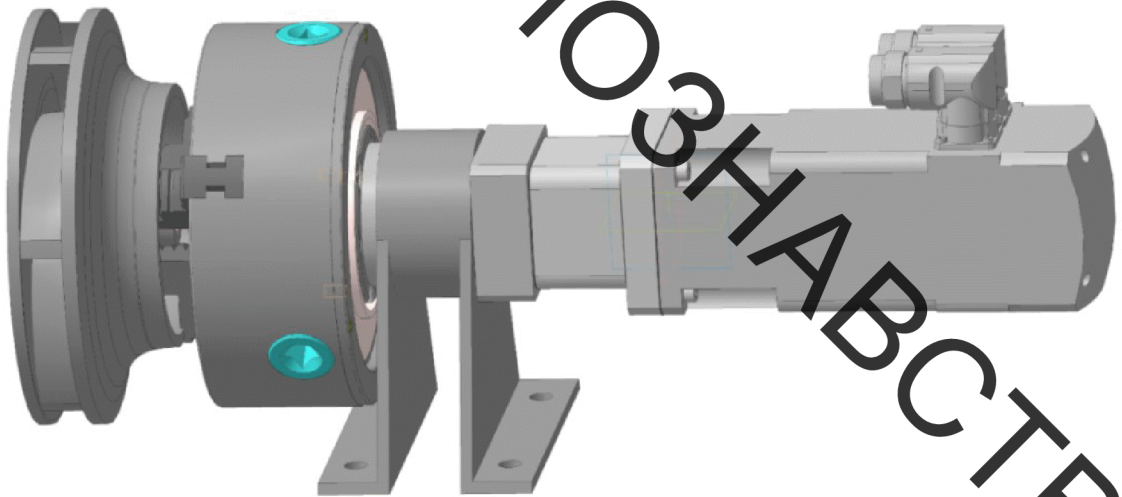


Рисунок 3.5 – 3-D модель обертача

Масо-центрувальні характеристики обертача:

Маса	$M = 21.463961 \text{ кг}$
Площа	$S = 6439.197750 \text{ см}^2$
Об'єм	$V = 2770.936062 \text{ см}^3$
Центр ваги	$X_c = -6.860903 \text{ см}$
	$Y_c = -0.182736 \text{ см}$
	$Z_c = 0.024282 \text{ см}$

Моменти інерції

В абсолютній системі координат:

Осьові моменти інерції  $J_x = 523.419639 \text{ кг*см}^2$

$J_y = 4891.781669 \text{ кг*см}^2$

$J_z = 4945.471561 \text{ кг*см}^2$

### 3.5 Розрахунок масо-центрувальних характеристик напилювального пристрою

Розроблена 3D-модель плазмового напилювального пристрою, наведена на рисунку 3.6.

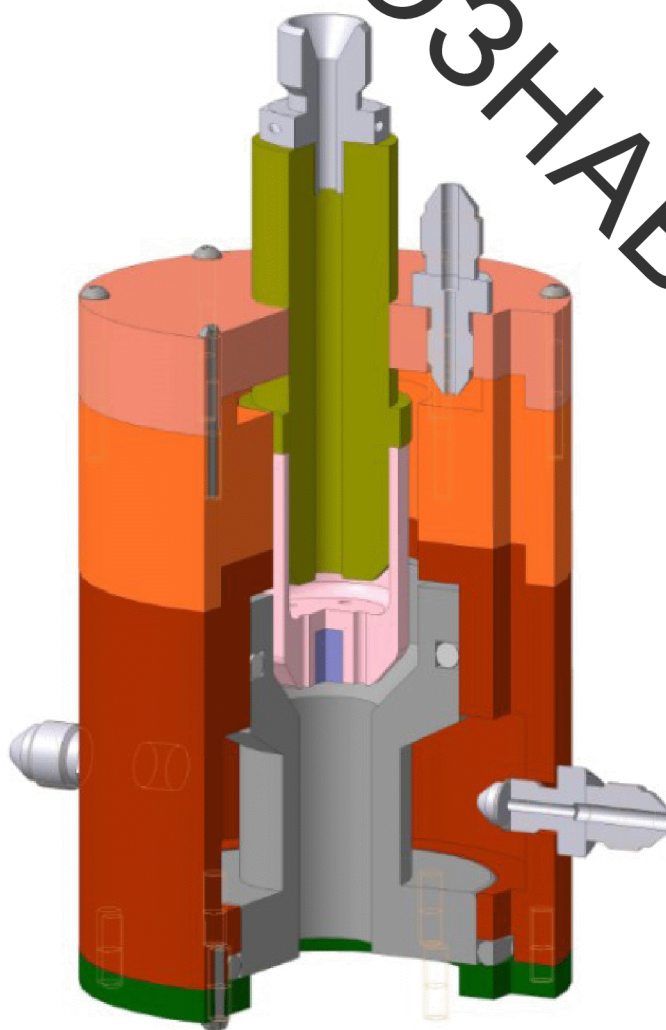


Рисунок 3.6– 3D-модель напилювального пристрою

Визначимо засобами САПР КОМПАС 3-D масо-центрувальні характеристики плазмотрона:

Маса	$M = 2.697164 \text{ кг}$
Площа	$S = 1249.684596 \text{ см}^2$
Об'єм	$V = 332.869317 \text{ см}^3$
Центр ваги	$X_c = -0.423265 \text{ см}$
	$Y_c = -10.838888 \text{ см}$
	$Z_c = 4.513560 \text{ см}$

Плазмотрон має наступні технічні характеристики:

- струм – 250–400 А;
- напруга на катоді – 30–36 В;
- фракція порошку – не більше 100 мкм;
- подача охолоджувальної рідини (води) – 5 л/хв;
- продуктивність – 50–150 г/хв;
- витрати плазмоутворюючого газу (повітря) – 3–4 м/год;
- витрати транспортуючого газу (повітря) – 0,4–0,8 м/год;
- коефіцієнт використання матеріалу 80 %;
- маса виробу – 2.88 кг.

### 3.6 Розрахунок та вибір виконавчих механізмів приводів переміщення напилювального пристрою

Вихідними даними для вибору привода переміщення напилювального пристрою є маса, яку необхідно переміщувати, це маса напилювального пристрою 2,88 кг, плюс маса кронштейна, за допомогою якого пристрій кріпиться до консольного привода та приєднаних комунікації, яка приблизно становить до 0,67 кг. Разом ця маса становить  $2,88 + 0,67 = 3,56 \text{ кг}$ . Ще однією величиною для вибору привода є величина переміщення, яка дорівнює перепаду діаметрів відновлюваної деталі і становить 200 мм.

Застосувавши програму PositioningDrivis, знайдемо можливі рішення у вигляді привода позиціонування, рисунок 3.7.

**Результаты**

**Результат № 946**

Пожалуйста гарантируйте, что следующие динамические значения, на которых основано определение размеров, не превышают допустимых значений для вашего оборудования.  
 Скорость: 0,8 м/с  
 Ускорение: 15 м/с<sup>2</sup>  
 Тормоза: 15 м/с<sup>2</sup>

**Выбранный привод**

Привод: ESBF-BS-40-100-100  
 Двигатель: EMMS-AS-70-S-LS-RxB  
 Контроллер: CMMT-AS-C4-3A-EC-S1

Осевой: EAMM-A-D40-70A  
 Нет редуктора  
 Энергетический отсек: 230 VAC (Однофазный)

**Обзор рабочих характеристик**

Характеристика	Заявленный
Эффективный ход	100 mm
Точность повторения +/-	0,1 mm
Движущаяся масса	3,56 kg
Вертикальный 90°	
Дополнительное внешнее усилие (Аксиальное усилие)	0 N

Время перемещения + Паузы: 0,778 s  
 Паузы: 0,4 s

1147 Результаты (Оптимальные типоразмеры привода)

Сравнить продукты | Фильтр результатов

Подробная траектория движения: Продолжительность цикла (Время перемещения + Паузы): максимум 60 s

№*	Привод	Размер	Направляющая	Двигатель	Редуктор	Привод	Двигатель	Направляющая	Время перемещения	
943	Направляющий винт	40	Шариковый	Серводвиг	55-M	3:1	7 %	66 %	1 %	4,048
944	Шариковая винтов	40	Шариковый	Серводвиг	70-S	20:1	4 %	90 %	1 %	4,945
945	Шариковая винтов	40	Шариковый	Серводвиг	70-S	70:1	4 %	98 %	1 %	3,058
946	Шариковая винтов	40	Шариковый	Серводвиг	70-S	-	8 %	89 %	2 %	0,378
947	Направляющий винт	40	Шариковый	Серводвиг	70-M	3:1	7 %	33 %	1 %	4,046
948	Направляющий винт	40	Шариковый	Серводвиг	70-M	5:1	6 %	99 %	1 %	5,137

Рисунок 3.7 – Можливе рішення у вигляді консольного привода позиціонування та його комплектуючих

Замовимо на сайті FESTO.COM.UA 3D - модель вибраного привода. Для того, щоб цей привід працював, його треба укомплектувати, тому замовимо наступні деталі, які наведені у таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Комплектуючі вертикального пристрою переміщення

№	Назва	Позначення по номенклатурі компанії Festo
1	Серводвигун	EMMS-AS-70-S-LS-RSB
2	Лінійний привід	EAGF-V2-KF-40-100
3	Осьовий набір	EAMM-A-D40-70A
4	Контролер	CMMT-AS-C4-3A-EC-S1

Розробимо 3-Dмодель консольного привода складеного з електромотором та напилювальним пристроєм (рис. 3.8) попередньо замовивши на сайті [FESTO.COM.UA](http://FESTO.COM.UA) всі необхідні деталі в форматі sat, який розпізнає програма «Компас».



Рисунок 3.8 – Консольний привід з електромотором та напилювальним пристроєм

Маса складеного консольного привода (рисунок 3.8) з кроковим електромотором в зборі з напилювальним пристроєм 19 кг. Враховуючи це та розміри деталі які необхідно обробити, тобто ширину колеса насоса земснаряда 100 мм, виберемо порталний привід за допомогою програми PositioningDrives.



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

### Результаты

**Результат № 49**

1. Рабочее максимальное полезное усилие подачи оси по отношению к максимальному полезному усилию подачи

2. Требуемый максимальный момент / Макс.. Крутящий момент (Абсолютный)

Уровень нагрузки (Имитация): 61 %

**Выбранный привод**

Привод: EGC-70-100-TB-KF-5H-GK  
Осьевой: EAMM-A-L38-60H

Двигатель: EMME-AS-60-S-LS-AS  
Редуктор: 5:1  
EMGA-60-P-G5-EAS-60

Контроллер: CMMT-AS-C2-3A-EC-S1  
Энергетический отсек 230 VAC (Однофазный)

**Обзор рабочих характеристик**

	Запрошенный
Эффективный ход	100 mm
Точность поворота +/-	0,1 mm
Движущаяся масса Горизонтальный 0°	19 kg
Дополнительное внешнее усилие (Аксиальное усилие)	0 N
Время перемещения + Паузы	1,034 s
Паузы	0,4 s

100 Результаты (Оптимальные типоразмеры осей)

Сравнить продукты | Фильтр результатов

Подробная траектория движения: Продолжительность цикла (время перемещения + Паузы): максимум 60 s

№	Привод	Размер	Направляющая	Двигатель	Раз	Редуктор	Привод	Двигатель	Направляющая	Время перемещ
44	Зубчатый ремень	70	Шариковый	Серводвиг	55-S	20:1	99 %	98 %	16 %	0,665
45	Зубчатый ремень	50	Шариковый	Серводвиг	40-M	5:1	99 %	99 %	43 %	0,856
46	Зубчатый ремень	70	Шариковый	Серводвиг	60-S	5:1	99 %	99 %	18 %	0,642
47	Зубчатый ремень	70	Шариковый	Серводвиг	60-S	3:1	99 %	99 %	18 %	0,656
48	Зубчатый ремень	70	Шариковый	Серводвиг	70-S	20:1	99 %	98 %	14 %	0,783
49	Зубчатый ремень	70	Шариковый	Серводвиг	60-S	3:1	99 %	98 %	18 %	0,634
50	Зубчатый ремень	70	Шариковый	Серводвиг	60-S	3:1	99 %	99 %	18 %	0,647

Рисунок 3.9 – Возможне рішення у вигляді портального привода позиціонування

Замовимо на сайті FESTO усі необхідні комплектуючі які наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Комплектуючі горизонтального пристрою переміщення

№	Назва	Позначення по номенклатурі компанії Festo
1	Серводвигун	EMME-AS-60-S-LS-AS
2	Лінійний привід	EGC-70-100-TB-KF-0H-GK
3	Осьовий набір	EAMM-A-L38-60H

З'єднаємо усі механізми згідно з їх функціональним призначенням та отримаємо функціональний вузол вертикального та горизонтального переміщень напильовального пристрою та обертання деталі. Розмістимо у просторі всі деталі згідно з їх призначенням (рисунок 3.10).



Рисунок 3.10– Механізм переміщення напилювального пристрою

### 3.7 Розробка установки з числовим програмним керуванням

Наступним кроком є створення рамної конструкції, яка забезпечить задане взаємне розташування всіх механізмів. Для створення рамної конструкції використаємо профільний металопрокат, а саме, Кутник 80x80x7 ГОСТ 8240–79. Конструкція рами зварна. Зварювання електродугове за ГОСТ 5264–80.

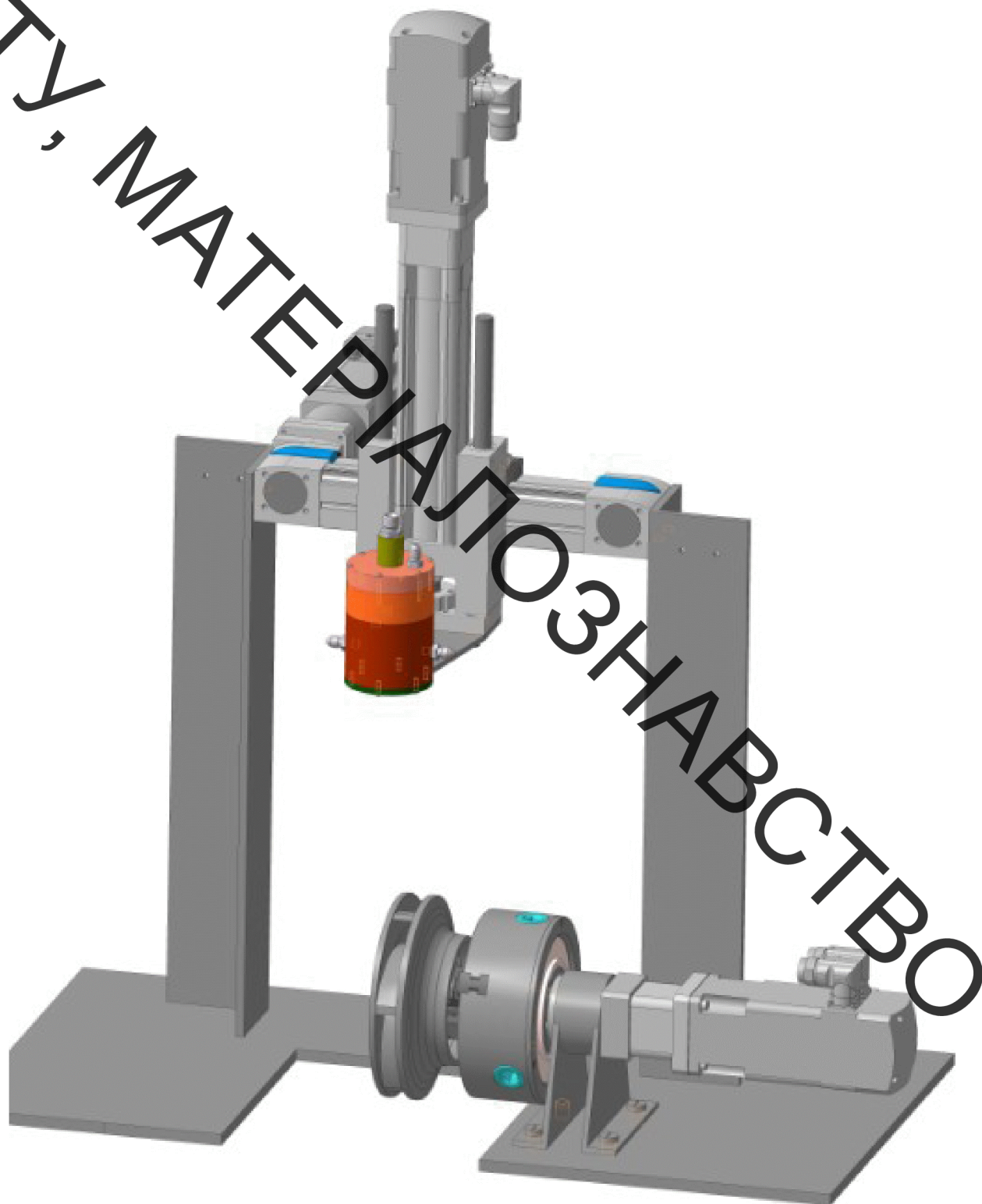


Рисунок 3.13 – Установка з числовим програмним керуванням

Для швидкісної фрикційної обробки замість плазмотрона встановлюється шпиндель на пневмоопорах.

## ПРОРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІННОВАЦІЙНОГО РІШЕННЯ

### 4.1 Аналіз комерційного потенціалу розробки

#### 4.1.1 Визначення рівня комерційного потенціалу розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності.

Для проведення технологічного аудиту залучимо 3-х незалежних експертів. У нашому випадку такими експертами будуть керівник магістерської роботи та провідні викладачі випускової та споріднених кафедр.

Для оцінювання комерційного потенціалу розробки були залучені три експерти. Оцінювання комерційного потенціалу результатів НДДКР будемо здійснювати за 12-а критеріями згідно рекомендацій.

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки заносимо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати оцінювання комерційного успіху розробки

Критерії	Експерти		
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3
	Бали, виставлені експертами		
1	4	3	4
2	4	3	3
3	3	4	3
4	3	3	4
5	3	4	3
6	4	4	3
7	4	3	3
8	4	4	3
9	3	4	4
10	3	3	4
11	3	3	3
12	4	4	4
Сума балів	43	42	41
Середньоарифметична сума балів $\overline{CB}$	42		

За даними таблиці 4.1 робимо висновок щодо рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому користуємося рекомендаціями, наведеними в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 – 10	Низький
11 – 20	Нижче середнього
21 – 30	Середній
31 – 40	Вище середнього
41 – 50	Високий

Оскільки середньоарифметична сума балів складає 42, то рівень комерційного потенціалу розробки високий, тому дана розробка є реальною для подальшої її реалізації та впровадження.

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

Розробка має новизну, оскільки проблема зношування робочого колеса насоса земснаряду є актуальною в даний час. Одним з основних видів обладнання на підприємствах, що працюють в середовищах пульпи та шламу є земснаряди. Застосування земснаряда проявляється в проведенні робіт з очищення водойми від мулу та перекачування різного типу шламу.

Найбільш швидко зношується в насосі – робоче колесо, яке перекачує пульпу, а отже працює в умовах підвищеного гідроабразивного зношування. Зносостійкість поверхонь деталі залежить від властивостей поверхонь деталі, а саме: твердості, корозійної стійкості, здатності протидіяти кавітації.

Для відновлення та зміцнення робочих поверхонь деталей можуть бути використані різні методи, серед яких: наплавлення та напилення зносостійких

покриттів, хіміко-термічна обробка, та електрофізичні способи обробки.

Враховуючи те, що робоче колесо насоса земснаряду працює в умовах абразивного та гідроабразивного зношування, постає питання про зміцнення поверхонь лопаток колеса для продовження строку служби насоса.

Проведений метод поверхневого зміцнення робочих поверхонь колеса насоса земснаряда дозволяє збільшити термін його служби. Покриття, отримані способом поверхневого зміцнення, мають високу твердість, абразивну та гідроабразивну стійкість та здатність протидіяти кавітаційному зношуванню. Поверхневий шар, що утворюється на робочих поверхнях колеса насоса земснаряда, може мати високі показники твердості за рахунок використання правильної технології поверхневого зміцнення.

## 4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

### 4.2.1 Розрахунок витрат, що стосуються виконавців дослідів

Проведемо прогнозування витрат на виконання робіт у три етапи:

*1-й етап:* Розрахунок витрат, які безпосередньо стосуються виконавців даного розділу НДР.

*2-й етап:* Розрахунок загальних витрат на виконання НДР;

*3-й етап:* Прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження НДР.

Проведемо перший етап прогнозування.

1) Основна заробітна плата кожного із дослідників  $Z_0$ , якщо вони працюють в наукових установах бюджетної сфери визначається за формулою:

$$Z_0 = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ (грн.)} \quad (4.1)$$

де  $M$  – місячний посадовий оклад конкретного розробника (інженера, дослідника, науковця тощо), грн.;

$T_p$  – число робочих днів в місяці; приблизно  $T_p \approx 21 \dots 23$  дні;

$t_i$  – число робочих днів роботи дослідника.

Розробку буде проводити інженер, величина окладу становитиме 5300 грн. на місяць. Кількість робочих днів у місяці складає 21, а кількість робочих днів дослідника складає 45. Сумарні розрахунки занесені до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Заробітна плата дослідника в науковій установі бюджетної сфери

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник проекту	7000	318,18	5	1590,9
Інженер	5700	271,42	48	13028,57
Всього				14619,07

2) Розрахуємо заробітну плату працівників, які беруть участь у виконанні НДР і виконують роботи за робочими професіями.

Основна заробітна плата робітників  $Z_p$ , якщо вони беруть участь у виконанні даного етапу роботи і виконують роботи за робочими професіями у випадку, коли вони працюють в наукових установах бюджетної сфери, розраховується за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n t_i \cdot C_i \text{ (грн.)} \quad (4.2)$$

де  $t_i$  – норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, годин;

$n$  – число робіт по видах та розрядах;

$C_i$  – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує дану роботу.

Погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду визначається за формулою :

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i}{T_P \cdot T_{зм}} \text{ (грн./год.)} \quad (4.3)$$

де  $M_M$  – розмір мінімальної заробітної плати за місяць, грн. (розмір мінімальної зарплати в 2020 році складає 5000 грн. в місяць); мінімальна погодинна ставка робітника 1-го розряду встановлена на рівні – 28,4 грн./годину.

$K_i$  – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду; величина чинних тарифних коефіцієнтів робітників відповідних розрядів для бюджетної сфери наведена в таблиці 4.4;

$T_P$  – число робочих днів в місяці, приблизно  $T_P \approx 21...23$  дні;

$T_{зм}$  – тривалість зміни, зазвичай  $T_{зм} = 8$  годин.

Таблиця 4.4 – Величина чинних тарифних коефіцієнтів робітників

Розряд	1	2	3	4	5	6	7	8
$K_i$	1,00	1,09	1,18	1,27	1,36	1,45	1,54	1,64

Зроблені розрахунки занесемо у таблицю 4.5.

Таблиця 4.5 - Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, н.-годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
Мийна	0,06	2	30,95	1,85
Дефектувальна	0,07	4	36,06	2,52
Шліфувальна	0,04	4	36,06	1,44
Шліфувальна	0,08	4	36,06	2,88
Напилювальна	0,1	4	36,06	3,60
Напилювальна	0,1	4	36,06	3,60
Шліфувальна	0,06	3	33,51	2,01
Шліфувальна	0,06	4	36,06	2,16
Контрольна	0,07	5	38,62	2,70
Всього:				22,76



### 3) Розрахунок додаткової заробітної плати робітників

Додаткова заробітна плата  $Z_o$  всіх розробників та робітників, які приймали участь в розробці нового технічного рішення розраховується як 10 - 12 % від основної заробітної плати робітників[41]. На даному підприємстві додаткова заробітна плата начисляється в розмірі 10% від основної заробітної плати.

$$Z_o = 0,1 \cdot (14619,07 + 22,76) = 1419,18 (\text{грн.}) \quad (4.4)$$

4) Нарахування на заробітну плату  $H_{зп}$  дослідників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховуються за формулою (4.5):

$$H_{зп} = (Z_o + Z_p + Z_d) \cdot \frac{\beta}{100} (\text{грн.}) \quad (4.5)$$

де  $Z_o$  – основна заробітна плата розробників, грн.;

$Z_p$  – основна заробітна плата робітників, грн.;

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

$\beta$  – ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування, % .

Дана діяльність відноситься до бюджетної сфери, тому ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування буде складати 22%, тоді:

$$H_{зп} = (14169,07 + 22,76 + 1419,18) \cdot \frac{22}{100} = 3434,42 (\text{грн.})$$

#### 4.2.2 Амортизація обладнання, комп'ютерів та приміщень, які використовувались під час (чи для) виконання даного етапу роботи

1) Дані відрахування розраховують по кожному виду обладнання, приміщенням тощо.

У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування  $A$  в цілому будуть розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц \cdot H_a}{100} \cdot \frac{T}{12} \text{ (грн.)} \quad (4.6)$$

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

$H_a$  – річна норма амортизаційних відрахувань; для нашого випадку можна прийняти, що  $H_a = 10 \dots 25\%$ ;

$T$  – термін, використання обладнання, приміщень тощо, місяці.

Для виконання НДР використовуються офісне приміщення, виробниче приміщення, комп'ютери, токарний верстат та фрезерний верстат. Розрахуємо амортизаційні відрахування для них і розрахунки занесямо до таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн.
Переобладнання старого приміщення	220600	15	3	3740,00
Силові приводи	3800	4	2	31,66
Комп'ютер та інтерфейс	7000	4	4	583,3
Разом				4354,96

2) Витрати на матеріали, що були використані під час виконання даного етапу роботи визначаються за формулою:

$$M = \sum_{i=1}^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - B_i \cdot C_b \text{ [грн.],} \quad (4.7)$$

де  $H_i$  - кількість  $i$ -го виду матеріалів;

$K_i$  - коефіцієнт транспортних витрат,  $K_{тр}=1,1 \dots 1,15$

$C_i$  - ціна одиниці вимірювання  $i$ -го виду матеріалів;

$B_i$  - величина відходів  $i$ -го виду матеріалів;

$C_b$  - ціна одиниці вимірювання відходів  $i$ -го виду матеріалів;

$n$  - кількість видів матеріалів.

Таблиця 4.7 Розрахунок витрат на матеріали.

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн.	Витрачено, кг	Вартість Витраченого матеріалу, грн.
Проволока Нп-30X13	75	0,27	20,25
Газ – Аргон	25	15	375
Лобомід	35	0,2	7
Ганчір'я	7,00	0,1	0,7
Всього з врахуванням транспортних витрат			443,25

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

$$K = \sum_{i=1}^n H_i \cdot C_i \cdot K_i \text{ (грн.)} \quad (4.8)$$

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

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

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

$n$  – кількість видів комплектуючих.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Розрахунок витрат на комплектуючі

Найменування	Кількість	Ціна за	Сума, грн.
--------------	-----------	---------	------------

комплектувальних		штуку, грн.	
1. Напилювальна установка з ЧПК	1	170 000,00	170 000,00
2. Обергач	1	5000,00	5000,00
3. Плазмотрон	1	2800,00	2800,00
Всього			177800,00

4) Витрати на силову електроенергію  $B_e$ , якщо ця стаття має суттєве значення для виконання даного етапу роботи, розраховуються за формулою:

$$B_e = B \cdot P \cdot \Phi \cdot K_n \text{ (грн.)} \quad [\text{грн}], \quad (4.9)$$

де  $B$  – вартість 1 кВт-год. електроенергії, в 2020 р.,  $B \approx 2,1$  грн./кВт;

$P$  – встановлена потужність обладнання, кВт;

$\Phi$  – фактична кількість годин роботи обладнання, годин;

$K_n$  – коефіцієнт використання потужності,  $K_n < 1$

Розробка та виготовлення дослідного зразка проводиться в лабораторному приміщенні. Дані стосовно проведених робіт та встановленої потужності обладнання наведено в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 - Проведення робіт та встановлення потужності обладнання

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість операції, год.	Витрати, кВт	Сума грн.
UNIX1-20-2В	0,6	0,05	0,036	0,07
Дефектоскоп УД-12	0,2	0,06	0,014	0,03
Шліфувальний верстат 3К225В	11	0,04	0,44	0,92
Напилювальна установка з ЧПК	23	0,1	2,3	4,83
Круглошліфувальний універсальний верстат 3М151	2,2	0,06	0,132	0,27
Дефектоскоп УД-12	0,2	0,07	0,014	0,03
Всього				6,15

5) Інші витрати

Інші витрати  $B_{in}$  охоплюють: загально виробничі витрати (витрати управління організацією, ремонт та експлуатація основних засобів, витрати на опалення, освітлення тощо), адміністративні витрати (проведення зборів, оплата юридичних та аудиторських послуг, тощо), витрати на збут (витрати на рекламу, підготовка кадрів) на інші операційні витрати (штрафи, пені, матеріальні допомоги, витрати від знецінення запасів тощо).

Інші витрати  $B_{in}$  можна прийняти як 100...300% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які виконували дану роботу, тобто за формулою:

$$B_{in} = (1...3) \cdot (Z_o + Z_p) \text{ (грн.)}$$

$$B_{in} = 1 \cdot (14619,07 + 22,76) = 14191,83 \text{ (грн.)}$$

б) Сума всіх попередніх статей витрат

Сума всіх попередніх витрат дає загальні витрати на нову розробку:

$$B = Z_o + Z_p + Z_d + H_{zn} + A + M + K + B_e + B_{in} \text{ (грн.)} \quad (4.11)$$

$$B = 14619,07 + 22,76 + 1419,18 + 3434,42 + 443,25 + 4354,96 + 6 + 177800 + 6.15 + 14191,83 = 216291,62 \text{ (грн.)}$$

Проведемо другий етап прогнозування:

#### 4.2.3 Розрахунок загальних витрат на виконання даної роботи

Загальна вартість всієї наукової роботи  $B_{заг}$  визначається за формулою:

$$B_{заг} = \frac{B_{in}}{\alpha} \text{ (грн.)} \quad (4.12)$$

де  $\alpha$  – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відносних одиницях,  $\alpha = 1$ .

$$B_{\text{заг}} = \frac{216291,62}{0,7} = 308988 (\text{грн.})$$

Проведемо третій етап прогнозування:

4.2.4 Прогнозування витрат на виконання та впровадження результатів науково-дослідної роботи

Прогнозування загальних витрат  $ZB$  на виконання та впровадження результатів виконаної наукової роботи здійснюється за формулою:

$$ZB = \frac{B_{\text{заг}}}{\beta} \quad (\text{грн.}) \quad (4.13)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи: якщо розробка знаходиться на стадії науково-дослідних робіт, то  $\beta \approx 0,1$  ; на стадії технічного проектування, то  $\beta \approx 0,2$  ; на стадії розробки конструкторської документації, то  $\beta \approx 0,3$  ; на стадії розробки технологій, то  $\beta \approx 0,4$  ; на стадії розробки дослідного зразка, то  $\beta \approx 0,5$  ; на стадії розробки промислового зразка,  $\beta \approx 0,7$  ; на стадії впровадження, то  $\beta \approx 0,9$  .  
Етап роботи : стадія розробки технологій.

$$ZB = \frac{308988}{0,4} = 772470 (\text{грн.})$$

### 4.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

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

$$\Delta\Pi_i = \sum_{i=1}^n (\Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_n \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{v}{100}\right) \quad (4.14)$$

де  $\Delta C_o$  – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році;

$N$  – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

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

$\Delta N$  – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки;

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

$\lambda$  – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість;

$\rho$  – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту, рекомендується приймати 0,2...0,3;

$v$  – ставка податку на прибуток.

В середньому в рік продається 100 одиниць розробки. Середня вартість такої розробки становить 15000 грн.

Впровадження промислового зразка системи дозволяє збільшити ціну кожного зразка на 500 грн., враховуючи ціни конкурентів. Також прогнозується, що попит на даний продукт зросте, оскільки даний продукт відрізняється якістю від конкурентних.

Попит збільшиться за перший рік на 300 примірників, а за наступний – на 200 та протягом третього року – ще на 100 примірників.

Ставка податку на додану вартість в 2020 році залишилась на рівні 20% , а коефіцієнт  $\lambda=0,8333$ . Ставка податку на прибуток складає 18%.

Коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту, дорівнює 0,3.

Отже, розрахуємо збільшення чистого прибутку підприємства на 2020 - 2022 рр.:

$$\Delta P_{2020} = (100 \cdot 15000 + (15000 + 500) \cdot 300) \cdot 0,8333 \cdot 0,3 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1260699,57 \text{ тис. грн.}$$

$$\Delta P_{2021} = (100 \cdot 15000 + (15000 + 500) \cdot (300 + 200)) \cdot 0,8333 \cdot 0,3 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1896174,15 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta P_{2022} = (100 \cdot 15000 + (15000 + 500) \cdot (300 + 200 + 100)) \cdot 0,8333 \cdot 0,3 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 2213911,44 \text{ (грн.)}$$

#### 4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та період їх окупності

##### 4.4.1 Визначення абсолютної ефективності вкладених інвестицій

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

Спочатку розрахуємо теперішню вартість інвестицій  $PV$ , що вкладаються в наукову розробку. Такою вартістю можна вважати прогнозовану величину загальних витрат  $ZB$  на виконання та впровадження НДР, розраховану. Тобто будемо вважати, що  $PV = ZB$ , і складає 772470 грн.

Далі необхідно розрахувати очікуване збільшення прибутку  $\Delta P$ , що отримає підприємство від впровадження результатів наукової розробки, для кожного із років, починаючи з першого від впровадження. Таке збільшення прибутку було розраховано у попередньому підрозділі.

Побудуємо вісь часу, на яку нанесемо всі платежі (інвестиції та прибутки), що мають місце під час виконання НДР та впровадження її результатів. Загальні витрати необхідно внести на першому році дослідження. Результати інвестицій почнуть виявлятися через один рік, і будуть тривати три роки. За перший рік збільшення чистого прибутку відбудеться на 1260699,57 тис. грн., за другий рік – на 1896174,15 тис. грн. та за третій рік



на 2213911,4 тис. грн. Тоді рисунок, що характеризує платежів (інвестицій та додаткових прибутків) буде мати вигляд, наведений на рисунок 4.1.



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

Абсолютна ефективність вкладених інвестицій  $E_{абс}$  розраховується за формулою:

$$E_{абс} = (ПП - PV) \text{ (грн.)}, \quad (4.15)$$

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

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

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

$$ПП = \sum_{i=1}^m \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t} \text{ (грн.)} \quad (4.16)$$

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

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

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

$t$  – період часу від моменту отримання чистого прибутку до точки „0”.

Період часу, протягом якого виявляються результати впровадження НДР, складає 2 роки. Прогнозований щорічний рівень інфляції в Україні становить 0,1. Розрахуємо приведену вартість всіх чистих прибутків за формулою (4.16):

$$ПП = 772470 + \frac{1260699,57}{(1+0,1)^3} + \frac{1896174,15}{(1+0,1)^4} + \frac{2213911,44}{(1+0,1)^5} = 4061010,88 \text{ (грн.)}$$

Тепер розрахуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій  $E_{абс}$  за формулою:

$$E_{абс} = (4061010,88 - 772470) = 3288540,88 \text{ (грн.)}$$

Оскільки  $E_{абс} > 0$ , то це означає що результат від наукових досліджень та їх впровадження принесе прибуток, тобто вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДР може бути доцільним та інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даної роботи.

#### 4.4.2 Розрахунок відносної ефективності вкладених коштів в НДР

Відносна (щорічна) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій  $E_B$  розрахуємо за формулою:

$$E_B = \sqrt[t]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1 \quad (4.17)$$

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

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

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

$$E_e = \sqrt[3]{1 + \frac{3288540,88}{772470}} - 1 = 0,73 = 73\%$$

Далі, розрахована величина  $E_B$  порівнюється з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування, що дорівнює:

$$\tau = d + f, \quad (4.18)$$

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках;

$f$  – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина  $f=0,05\dots 01$ , але може бути і значно більше.

Середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках складає 0,2, а показник, що характеризує ризикованість вкладень дорівнює 0,05.

Розрахуємо мінімальну ставку дисконтування:

$$\tau = 0,2 + 0,05 = 0,25 = 25\%;$$

Відносна (щорічна) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій  $E_B$ , що дорівнює 73% перевищує мінімальну (бар'єрну) ставку дисконтування  $\tau_{min}$ , яка складає 25%. А це означає, що інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

#### 4.4.3 Розрахунок терміну окупності коштів, вкладених в наукову розробку

Термін окупності вкладених у реалізацію проекту інвестицій  $T_{OK}$  можна розрахувати за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_B} \quad (4.19)$$

$$T_{ок} = \frac{1}{0.73} = 1.36 \text{ роки}$$

Оскільки  $T < 3$ -х років, то фінансування розробки є доцільним.

#### 4.5 Висновки до розділу

У даному розділі було проведено оцінювання комерційного потенціалу розробки. Для цього спочатку було залучено експертів для оцінки. Далі були розраховані витрати на НДР. Ці витрати включають основну та додаткову заробітну плату наукових співробітників та робітників, нарахування на заробітну плату, витрати на амортизацію приміщення та обладнання, витрати на комплектуючі та електроенергію, а також інші витрати. На основі цих статей були спрогнозовані загальні витрати.

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

Після цього було проведено розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності. Для цього було побудовано фіксацію платежів на вісі часу, розраховано абсолютну та відносну ефективність вкладених інвестицій, а також термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій.

Зважаючи на попередній аналіз та розрахунки, вкладення інвестицій, розробку можна вважати вигідною. Тому продукт може бути конкурентним на ринку, попит на покращений продукт зросте, а завдяки покращенню його характеристик ціна також може бути збільшена. Завдяки цьому підприємство буде мати позитивну динаміку росту прибутку у найближчих роках після

впровадження розробки. Абсолютна ефективність вкладених інвестицій перевищує нуль, що також вказує на позитивний результат від вкладення інвестицій. Крім цього відносна ефективність вкладених інвестицій перевищує мінімальну ставку дисконтування. Розрахунки показують, що окупність даного проекту складає менше, ніж один рік, що також є дуже позитивним фактором для інвестування проекту.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Аналіз умов праці

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

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

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

До психофізіологічних факторів відносяться:

незадовільний психологічний клімат в колективі; незадоволеність працею; можливий стан алкогольного сп'яніння.

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

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

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

Робочі місця оснащуються місцевою витяжною вентиляцією.

Штучне освітлення, електропроводку і інше обладнання виконуються в вибухонебезпечному стані.

Висота стелі повинна бути не меншою за 3,2 метри.

Підлогу роблять твердою, негорючою, не слизькою і рівною.

Вхідні двері оббиваються листовою-сталлю і відкриваються назовні.

Інтер'єр приміщення дільниці фарбують в світлий колір з дифузійним відбиттям

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

### 5.1.2 Мікроклімат

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

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

Оптимальні і допустимі норми цих параметрів в залежності від категорії робіт, періоду року. Числові значення цих норм додано в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормативні параметри мікроклімату на дільниці відновлення

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

Інтенсивність теплового випромінювання не повинна перевищувати 100 Вт/м<sup>2</sup> при опромінюванні до 25% поверхні тіла.

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

Таблиця 5.2 - Шкідливі речовини та їх ГДК

Назва речовини	Безпечна величина ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Агрегатний стан	Клас небезпеки	Особливість дії на організм
Акролеїн	0.2	П	II	
Азоту окис (NO <sub>2</sub> )	5	П	III	0
Бенз(а)пирен	0.0001	П	I	К
Окис вуглецю (CO)	20	П	IV	0
Масла мінеральні	5	A	III	
Свинець та його сполуки	0.01/0.005	A	I	
Пил мінеральний	6	A	III	Ф
Тетраетилсвинець	0.005	П	I	0

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

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

Система опалення забезпечує рівномірне нагрівання повітря в зоні,



можливість місцевого регулювання і вимикання, зручність в експлуатації, а також доступ при ремонті.

Чергове опалення забезпечує підтримку температури повітря в зоні в неробочий час не нижче  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Відновлення нормованої температури забезпечується системою основного опалення до початку роботи.

Температура припливного повітря, яке подається в оглядову каналу в холодний період року знаходиться на рівні  $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$  і не вище  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

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

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

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

В мережу вентиляції необхідно встановити:

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

### 5.1.3 Виробниче освітлення

Згідно з [44] розряд зорової роботи IVa. Освітленість при системі одного загального освітлення 300 лк. Характеристика зорової роботи середньої точності. Найменший розмір розрізнення 1 мм.

На ділянці спроектоване устаткування для освітлення з урахуванням класифікації пожежовибухонебезпечних технологічних одиниць і устаткувань. Значення якісних та кількісних показників освітлення передбачені вимогами і наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Параметри штучного та природного освітлення

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

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

$$e_n = e_n \cdot m \cdot c_k = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,7 = 0,945 \approx 1\%, \quad (5.1)$$

де  $m=0,9$  - коефіцієнт світового клімату для IV поясу;  
 $c_k=0,7$  - коефіцієнт сонячності клімату, азимут  $90^\circ$ .

Характеристика штучних джерел світла наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Штучні джерел освітлення

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

Люмінесцентні лампи встановлені на висоті 3,2 м. Внутрішня електропроводка виконана з надійною електро- та гідроізоляцією. Робоче місце робітника забезпечене місцевим освітленням. На дільниці передбачене аварійне освітлення, освітлює підлоги в основних місцях і переходах, відповідає - 0,5 лк.

#### 5.1.4 Виробничий шум

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

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

Таблиця 5.4 - Рівні звукового тиску

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами Гц								Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку в дБ(А)	
	1,5	63	125	250	500	1000	2000	4000		8000
Виконання всіх видів робіт на постійних робочих місцях в	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

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

#### 5.1.5 Виробничі вібрації

Крім впливу шуму на ділянки робітники піддаються впливу вібрації. Захист від вібрації повинен задовольняти вимогам [45]. Вібрації знижуються за допомогою амортизаторів, змащувальних матеріалів і реактивних гасників пульсацій. Для особистого захисту робітників застосовують спеціальне взуття на вібропоглинаючій підошві, рукавиці з м'якими налодонниками. На

робітників може також діяти локальна та загальна вібрації. Загальна вібрація категорії "3" тип "а", критерії оцінки - границя зниження продуктивності праці.

Нормування вібрацій наведено в таблиці 5.5

Таблиця 5.5 - Характеристики вібрацій

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

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

## 5.2 Техніка безпеки

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

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

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

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

запобігти їх випадковому пошкодженню.

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

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

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

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

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

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

### 5.3 Пожежна безпека

Дільниця відновлення та зміцнення відноситься до приміщення категорії В по пожежній небезпеці згідно [46].

З метою попередження виникнення пожеж в зоні діагностики передбачено:

- 1) заборона застосування відкритого вогню;
- 2) виконання робіт без порушення технологічного режиму

діагностування;

3) застосування в електромережах 220/380В струмового захисту з плавкими вставками;

4) прокладання електропроводки у металевих трубах і гнучких металевих рукавах;

5) своєчасне очищення підлоги від розлитих горючих речовин;

6) щозмінне спорожнення металевих ящиків від промасленого ганчір'я;

7) заборона паління на робочих місцях;

8) установка тросового блискавкозахисту III категорії на території підприємства.

Дільниця оснащена засобами гасіння пожежі: один вогнегасник ОХП-10, один - ОП-5 та ящик з піском об'ємом 0,5 м<sup>3</sup>. Табличка на дверях при вході в дільницю інформує про категорію пожежної небезпеки дільниці.

Приміщення дільниці знаходиться в будівлі I ступеня вогнестійкості. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій згідно [46] наведені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 - Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій

Вогнестійкості Ступінь	Стіни				Колони	Площадки, балки і	Плити, настили (з утеплювачем) і інші несучі	Елементи	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі і в.т.ч. з навісних	Внутрішні несучі				Плити колон, настили,	Балки ферми, арки, рами.
1	2,5	1,25	0,5	0,5	2,5	1	1	0,5	0,5

## 5.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

### 5.4.1 Дія іонізуючих випромінювань на людей

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

Згідно з одними поглядами, іонізація атомів і молекул, що виникає під дією випромінювання, веде до розірвання зв'язків у білкових молекулах, що

призводить до загибелі клітин і поразки всього організму. Згідно з іншими уявленнями, у формуванні біологічних наслідків іонізуючих випромінювань відіграють роль продукти радіолізу води, яка, як відомо, становить до 70% маси організму людини. При іонізації води утворюються вільні радикали  $H^+$  та  $OH^-$ , а в присутності кисню — пероксидні сполуки, що є сильними окислювачами. Останні вступають у хімічну взаємодію з молекулами білків та ферментів, руйнуючи їх, в результаті чого утворюються сполуки, не властиві живому організму. Це призводить до порушення обмінних процесів, пригнічення ферментних і окремих функціональних систем, тобто порушення життєдіяльності всього організму.

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

#### 5.4.2 Розрахунок режимів радіаційного захисту

Під режимом роботи на виробництві в умовах радіоактивного забруднення розуміють порядок і умови роботи, переміщення і відпочинку

персоналу з використанням засобів захисту, що зменшує ураження людей і скорочує вимушену зупинку виробництва[47].

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Розрахунок режимів радіаційного захисту проведемо в такій послідовності.

Для кожної зміни визначимо час початку робочої зміни ( $t_n$ ), час кінця робочої зміни ( $t_k$ ), тривалість роботи зміни ( $t_p$ ) та можливу дозу опромінення ( $D_m$ ).

Визначаємо час початку роботи першої зміни, для цього знаходимо коефіцієнт  $\alpha$ :



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

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

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

Час закінчення роботи зміни

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

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

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (5.2))

$$D_{\text{м1}} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot (\sqrt[4]{t_{\text{к1}}^3} - \sqrt[4]{t_{\text{п1}}^3})}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot (\sqrt[4]{7^3} - \sqrt[4]{1^3})}{12} = 0,746 \text{ мР}$$

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

Час закінчення роботи зміни (аналогічно (5.5))

$$t_{\text{к2}} = \left( \frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{\text{п2}}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left( \frac{0,75 \cdot 12 + 1,33 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{7^3}}{1,33 \cdot 2} \right)^{\frac{4}{3}} = 15,06 \approx 15 \text{ год} \quad (5.6)$$

Тривалість роботи зміни  $t_{\text{р2}} = t_{\text{к2}} - t_{\text{п2}} = 15 - 7 = 8$  год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (5.2))

$$D_{\text{м2}} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot (\sqrt[4]{t_{\text{к2}}^3} - \sqrt[4]{t_{\text{п2}}^3})}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot (\sqrt[4]{15^3} - \sqrt[4]{7^3})}{12} = 0,75 \text{ мР}$$

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

Час закінчення роботи зміни (аналогічно (5.5))

$$t_{k3} = \left( \frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n3}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left( \frac{0,75 \cdot 12 + 1,33 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{15^3}}{1,33 \cdot 2} \right)^{\frac{4}{3}} = 24,3 \approx 24 \text{ год} \quad (3.18)$$

Тривалість роботи зміни  $t_{p3} = t_{k3} - t_{n3} = 24 - 15 = 9$  год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (5.2))

$$D_{m3} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \left( \sqrt[4]{t_{k3}^3} - \sqrt[4]{t_{n3}^3} \right)}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot \left( \sqrt[4]{24^3} - \sqrt[4]{15^3} \right)}{12} = 0,74 \text{ мР}$$

Для 4-ї зміни:  $t_{n4} = t_{n3} + t_{p3} = 15 + 9 = 24$  год.

Час закінчення роботи зміни (аналогічно (5.5))

$$t_{k4} = \left( \frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n4}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left( \frac{0,75 \cdot 12 + 1,33 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{24^3}}{1,33 \cdot 2} \right)^{\frac{4}{3}} = 34,16 \approx 34 \text{ год}$$

Тривалість роботи зміни  $t_{p4} = t_{k4} - t_{n4} = 34 - 24 = 10$  год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (5.2))

$$D_{m4} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \left( \sqrt[4]{t_{k4}^3} - \sqrt[4]{t_{n4}^3} \right)}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot \left( \sqrt[4]{34^3} - \sqrt[4]{24^3} \right)}{12} = 0,748 \text{ мР}$$

Для 5-ї зміни:  $t_{n5} = t_{n4} + t_{p4} = 24 + 10 = 34$  год.

Час закінчення роботи зміни (аналогічно (5.5))

$$t_{k5} = \left( \frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n5}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left( \frac{0,75 \cdot 12 + 1,33 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{34^3}}{1,33 \cdot 2} \right)^{\frac{4}{3}} = 45,37 \approx 45 \text{ год}$$

Тривалість роботи зміни  $t_{p5} = t_{k5} - t_{n5} = 45 - 34 = 11$  год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (5.2))

$$D_{m5} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k5}^3} - \sqrt[4]{t_{n5}^3})}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot (\sqrt[4]{45^3} - \sqrt[4]{34^3})}{12} = 0,7494 \text{ мР}$$

Для 6-ї зміни:  $t_{n6} = t_{n5} + t_{p5} = 34 + 11 = 45$  год.

Час закінчення роботи зміни (аналогічно (5.5))

$$t_{k6} = \left( \frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{носл}} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{n6}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left( \frac{0,75 \cdot 12 + 1,33 \cdot 2 \cdot \sqrt[4]{45^3}}{1,33 \cdot 2} \right)^{\frac{4}{3}} = 56,87 \approx 57 \text{ год}$$

Тривалість роботи зміни  $t_{p6} = t_{k6} - t_{n6} = 57 - 45 = 12$  год.

Можлива доза опромінення зміни (аналогічно (5.2))

$$D_{m6} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k6}^3} - \sqrt[4]{t_{n6}^3})}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 2 \cdot (\sqrt[4]{57^3} - \sqrt[4]{45^3})}{12} = 0,768 \text{ мР}$$

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

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У магістерській кваліфікаційній роботі проаналізовано процеси зношування робочих поверхонь колеса насоса земснаряду, яке працює в умовах абразивного та гідроабразивного зношування, що дозволило обрати спосіб відновлення поверхонь деталі та підібрати необхідну методику для проведення процесу нанесення зносостійких покриттів, шляхом поверхневого зміцнення тертям, яке сприяє збільшенню твердості поверхні за рахунок утворення зносостійкого поверхневого шару.

2. Проведені дослідження показали, що метод поверхневого високошвидкісного зміцнення тертям дає можливість збільшити термін служби робочого колеса насоса земснаряду завдяки утворенню білого шару на робочих поверхнях лопаток колеса, яке призводить до збільшення твердості поверхонь, що стає причиною підвищення зносостійкості від гідроабразивного зношування та зношування від вавітанції.

3. Аналіз дослідження процесів зношування робочих поверхонь колеса насоса земснаряду. Дає зрозуміти, що за рахунок високої вологості, наявності високого парціального тиску, наявності гідро абразивних частинок (пульпи, шламу), відбувається інтенсивне зношування робочих поверхонь колеса насоса, стає причиною застосування різного типу методів відновлення та зміцнення.

4. Результатом проведених досліджень можна вважати наступні висновки:

1) Поверхневе зміцнення тертям деталей, яким би інструментом воно не проводилося, завжди призводить до підвищення зносостійкості робочих поверхонь та збільшення твердості;

2) Поверхневе зміцнення тертям доцільно проводити шаденським або переривчастим диском, з використанням графітовмісних масел;

3) зміцнення тертям з одночасним нанесенням антифрикційних плівок неефективно, в порівнянні з іншими методами.

Згідно з результатами проведених досліджень існує кілька напрямків вдосконалення методу ШФЗ:

1) використання графітовмісних мастил, що застосовуються в процесі зміцнення тертям [21];

2) використання в процесі зміцнення мастил із плакуючими присадками для одночасного зміцнення нанесенням спеціальних антифрикційних покриттів [22];

3) використання в якості інструментів переривчастих дисків [23];

4) використання в якості інструментів металевих щіток [24].

4. Розроблений технологічний процес відновлення та зміцнення робочого колеса насоса земснаряду дозволяє збільшити довговічність робочого колеса, шляхом нанесення зносостійкого покриття.

5. Спроектowana установка з числовим програмним керуванням дає можливість проводити автоматизовані, різного типу, процеси відновлення та зміцнення.

6. Виконаний розрахунок економічного ефекту процесу відновлення робочого колеса насоса земснаряду з врахуванням розробленого технологічного процесу показує, що його впровадження на підприємстві дозволить отримати позитивний економічний ефект у розмірі 4061010грн.

7. Проаналізовані умови праці на ділянці дозволили встановити основні шкідливості та чинники, які впливають на самопочуття та здоров'я робітників у робочій зоні та на підприємстві загалом, що зменшує ймовірність виникнення аварійної ситуації. Розрахована вентиляція сприяє зменшенню впливу негативних факторів, які виникають під час відновлення колеса насоса земснаряду.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Погодаев Л.И. Восстановление рабочих устройств земснарядов износостойкими наплавками. / Л.И. Погодаев, А.А. Кузьмин, Ю.Е. Ежев, Д.Ф. Донских. – Университет водных коммуникаций. С. 62–69.

2. Поляков А.А. Водород как ускоритель износа / А.А. Поляков, Д.Н. Гаркунов. –М.: Вестник машиностроения, 1974, № 6. – С. 59.

3. Матюшенко В.Я. Износостойкость наводороженных металлов / В.Я. Матюшенко. В кн.: Исследования водородного износа. – М.: Наука, 1977. С. 24 – 27.

4. Шпеньков Г.П. Физикохимия трения / Г. П. Шпеньков. – Минск:Изд. Университетское, 1991. – 395 с.

5. Ротенберг З.А. Гидратированный электрон в химии. “Знание”/З.А. Ротенберг. –М.: “Новое в жизни, науке и технике”: Серия “Химия”. – № 12. – 1979. – 63 с.

6. Туннельный эффект в твердых телах / Издано Л. Берстейн и С.Лундквист. – Нью-Йорк, Пленум-прейсс. –1969.

7. Защита от водородного износа в узлах трения / Под ред. А. А. Полякова. – М.: Машиностроение, 1980. – 135 с.

8. Суранов Г.И. О механизме наводороживания металлов при деформировании и трении. Долговечность трущихся деталей машин / Г. И. Суранов. – М.: Машиностроение, вып. 2. – 1986. – С. 186 – 194.

9. Суранов Г.И. О механизме снижения водородного изнашивания деталей магнитной обработкой / Г. И. Суранов. –М.: Эффект безызносности и триботехнологи. – № 2. – 1992. – С. 27–31.

10. Матюшенко В.Я. Исследование водородного износа цилиндропоршневой группы двигателей внутреннего сгорания / В.Я. Матюшенко, Н.Ф. Соловей, В.В. Тороп. –М.: Эффект безызносности и триботехнологии. № 1. – 1997. – С. 33 – 39.

11. Соловей Н.Ф. Влияние наводороживания трущихся деталей ДВС и разработка методов его устранения: автореф. дис. на осиск. ученой степ. канд. техн. наук. Спец. 05.02.08 «Технология машиностроения»/ Н.Ф. Соловей. – Калинин: Калининский политехнический институт, 1985. – 21 с.

12. Евдокимов В.Д. Экзоэлектронная эмиссия при трении / В.Д. Евдокимов, Ю.И. Семов. – М.: Наука, 1973. – 182 с.

13. Миюсов М.В. Повышение безопасности газотурбинных двигателей / М.В. Миюсов, В.Г. Денисов. – Одесса: ОНМА: Судовые

энергетические установки (Научно-технический сборник). – Вып. 18. – 2007. – С. 37 – 41.

14. Ефремов Л.В. Практика инженерного анализа надежности судовой техники / Леонид Владимирович Ефремов. – Л.: Судостроение, 1980. – 176 с.

15. Шпеньков Г.П. Физикохимия трения / Г. П. Шпеньков. – Минск: Изд. Университетское, 1991. – 395 с.

16. Туннельный эффект в твердых телах / Издано Л. Берстейн и С. Лундквист. – Нью-Йорк: Пленум – прейсс. – 1969.

17. Гаркунов Д.Н. Триботехника / Д. Н. Гаркунов. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.

18. Гаркунов Д.Н. Об атомарном схватывании материалов при трении / Д.Н. Гаркунов, И.В. Крагельский. – М.: Доклады АН СССР, 1957, т. 113, № 2. С. 326 – 327.

19. Ротенберг З.А. Гидратированный электрон в химии. “Знание” / З.А. Ротенберг. – М.: “Новое в жизни, науке и технике”: Серия “Химия”. – № 12. – 1979. – 63 с.

20. Старосельский А.А. Долговечность трущихся деталей машин / А.А. Старосельский, Д.Н. Гаркунов. – М.: Машиностроение, 1967. – 395 с.

21. Кужаров А.С. Физико-химические основы смазочного действия в режиме избирательного переноса / А. С. Кужаров. – М.: Эффект безызносности и триботехнологии: Международный научно-технический журнал. – 1992. – № 2. – С. 3.

22. Левченко А.А. Разработка металлоплакирующих присадок к маслам для трибовосстановления поверхностей трения / А. А. Левченко. Проблемы техники: Научно-виробничий журнал. – 2007. – № 3. – С. 34 – 42.

23. Киричок П.О. Зміцнюючи-оздоблювальна обробка у машинобудуванні / П. О. Киричок. – К.: Знання, 1990. – 46 с.

24. Гурей І.В. Вплив фрикційного зміцнення на довговічність сталі при фретинг – зношуванні / І. В. Гурей. – К.: Problems of Tribology (Проблемы трибологии). – 1999. – № 2. – С. 3 – 6.

25. Слободянюк И.М. Повышение качества восстанавливаемых деталей путем цементации и упрочнения трением / И.М. Слободянюк, Н.С. Молодцов. – М.: Судостроение. – 1988. – № 2. – С. 44 – 46.

26. Шиліна О.П. Газотермічні методи напилювання покриттів. Навчальний посібник./ О.П. Шиліна, А.Ю. Осадчук/– Вінниця: ВНТУ, 2006. – 103 с.

27. Трофименко В.В. Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни “Матеріалознавство і обробка матеріалів”, розділ: “Макроструктурний аналіз матеріалів” для студентів спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” / В.В Трофименко., В.І. Овчаренко – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2017. – 24 с.

28. Коробко В.И. Технологическое оснащение ремонтного производства / В.И. Коробко, В.П. Иванов, В.И. Семенов/ – Минск: Універсітэцкае, 1994. – 140 с.

29. Пантелеенко Ф.И. Восстановление деталей машин : справочник / Ф. И. Пантелеенко, В. П. Лялякин, В. П. Иванов, В. М. Константинов ; под ред. В. П. Иванова. – М. : Машиностроение, 2003. – 672 с.

30. Молодык Н.В. Восстановление деталей машин. Справочник/Н.В. Молодык, А.С. Зенкин /М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.

31. Токаренко В.М. Технологія автодорожнього машинобудування і ремонт машин. Курсове проектування: – Навчальний посібник. – К: Вища шк., 1992 р. –127 с.

32. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроение [Учебное пособие для машиностроительных спец. вузов]. Изд. 4-е перераб. и доп./ А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкрет – М.:Выш. Школа, 1983 г.– 256 с.

33. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т./ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.

34. Савуляк В.І. Відновлення деталей машин: Навчальний посібник / В. І. Савуляк, В. Т. Івацько. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – Ч. 1. – 93 с.



35. Шиліна О.П. Газотермічна обробка матеріалів. Навчальний посібник. / О.П. Шиліна, А.Ю. Осадчук/ ВДТУ, 2004. -72 с.
36. Савуляк В.І. Технічне нормування в ремонтному виробництві./ В.І.Савуляк., С.В. Білошицький/– Вінниця: ВНТУ, 2010. – 243 с.
37. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. М.: Машиностроение, 1980. Т.2.– 560 с.
38. Савуляк В.І. Технічне нормування в ремонтному виробництві./ В.І.Савуляк., С.В. Білошицький/– Вінниця: ВНТУ, 2010. – 243 с.
39. Нанесення покриття : [навчальний посібник] / [В. М. Корж, В. Д. Кузнецов, Ю. С. Борисов, К. А. Ющенко] ; за редакцією академіка НАН України К. А. Ющенко – К. : Аристей, 2005. – 204 с.
40. Шиліна О.П. Вакуумно – конденсаційне напилювання покритть. Навчальний посібник./ О.П. Шиліна, В.І. Савуляк, А.Ю. Осадчук/ – Вінниця: ВНТУ, 2006.– 96 с.
41. Козловський В. О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах і роботах. Навчальний посібник. / В. О. Козловський – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 75 с.
42. Козловський В. О. Інноваційний менеджмент. Практикум / В. О. Козловський, О.Й. Лесько. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 166 с.
43. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Київ, 2000.
44. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – Київ, 2000
45. ГОСТ12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. – М., 1990.
46. ГОСТ 12.2.006-87. ССБТ. Безопасность аппаратуры электронной сетевой и сходных с ней устройств, предназначенных для бытового и аналогичного общего применения. Общие требования и методы испытаний.

47. ГОСТ 12.1.006-84. ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля (СТ СЭВ 5801 -86).

ВНТУ, МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

ДОДАТКИ

ВНТУ, МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Додаток А

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри ГМ

д.т.н., проф.Л.К. Поліщук

« 25 » вересня 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОЧОГО КОЛЕСА НАСОСА

ЗЕМСНАРЯДУ

08-27.МКР.009.00.000 ТЗ

Керівник: д.т.н., професор каф. ГМ

\_\_\_\_\_ В.І. Савуляк

Виконав: ст.гр. 13В-19М

\_\_\_\_\_ О. І. Шугайло

Вінниця 2020

Розробка технічного завдання на магістерську кваліфікаційну роботу

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

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

## **1 Назва та об'єкт проектування**

Назва: Підвищення довговічності робочого колеса насоса земснаряду

Умовне позначення: 08-27.МКР.007.00.000 ТЗ

Деталь «Колесо насоса земснаряда» виготовлене ливарним способом з сірого чавуну марки СЧ25 ГОСТ 1412-85. Має складну фасонну форму поверхонь лопаток зі змінним профілем. Основне призначення робочого колеса земснаряда є перекачування різного типу гідросуміші (пульпи та шламу). Відноситься до швидкозношуваних деталей.

Вказані на кресленні допустимі відхилення розмірів, шорсткості та відхилень геометричної форми та відносного розташування поверхонь з геометричними похибками верстатів є відповідними.

Вказані на кресленні допустимі відхилення розмірів, шорсткості та відхилень геометричної форми та відносного розташування поверхонь з геометричними похибками верстатів є відповідними.

Задані на кресленні розміри можуть використовуватись для безпосереднього вимірювання на деталі.

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

Квалітети точності та шорсткість оброблюваних поверхонь можуть бути забезпечені при застосуванні відповідних методів обробки та кількості переходів. Відносне розташування поверхонь може бути забезпечене за

рахунок застосування відповідних схем базування при механічній обробці та правильної організації змісту операцій.

## **2 Мета, завдання, призначення та джерела розробки**

Розробка технологічного процесу проводиться на основі завдання на магістерську кваліфікаційну роботу згідно наказу ректора ВНТУ № 214 від 25.09.20 р., складеного у відповідності до вимог навчального плану підготовки спеціалістів у ВНТУ 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 колеса насоса земснаряду, проведення необхідних розрахунків оптимальних режимів обробки та модернізації, або проектуванням нової конструкції окремого технологічного обладнання.

Мета і завдання досліджень є дослідження ефективності зміцнення робочих поверхонь лопаток колеса насоса земснаряду, яке працює в умовах абразивного та гідроабразивного зношування, методом поверхневого зміцнення.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- аналіз службового призначення колеса насоса земснаряду;
- виконати аналітичний огляд відомих джерел інформації з питань дослідження процесів, які відбуваються в матеріалі робочих коліс насосів земснарядів під впливом кавітації та дії агресивного середовища;
- вибір та технічне обґрунтування методів відновлення пошкоджених ділянок поверхонь робочого колеса насоса земснаряду;
- вибір матеріалів для відновлення пошкоджених ділянок робочих поверхонь колеса насоса земснаряду;

- проектування технологічного процесу відновлення робочих поверхонь колеса насоса земснаряду;

- розробка рекомендацій для відновлення робочих коліс насосів земснарядів

**Джерелами розробки є:**

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

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

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

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

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

5. 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.

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

7. 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.

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

### **3 Технічні вимоги та економічні показники**

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

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

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

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

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

#### **3.2 Вихідні дані для технологічного проектування**

Приймаємо наступні вихідні дані для технологічного проектування:

- річний обсяг ремонту робочого колеса насоса земснаряду – 1000 шт.,
- знос поверхонь, що відновлюються, не більше 2 мм від робочого креслення.



### 3.3 Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації

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

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

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

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

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

## 4 Стадії та етапи розробки

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

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

## 5 Порядок контролю та приймання

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

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

Дубл.	
Взам.	
Подп.	


08 - 27 МКР.07.00.000

ВНТУ

08 - 27 МКР.07.00.000

Робоче колесо насоса земснаряду

М К Р

Вінницький національний технічний університет

Кафедра ГМ

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

на технологічний процес відновлення  
робочого колеса насоса земснаряду

Керівник

д.т.н. професор Савуляк В.І.

Студент гр. Ізв-19м

Шугайло О.І.



Дубл.		Взам.		Подп.		08 - 27 МКР.07.00.000		08 - 27 МКР.07.00.000											
Розроб.	Шугайло О.І.	Перев.	Савуляк В.І.	ВНТУ		08 - 27 МКР.07.00.000		М	К	Р									
М.контр.	Шенфельд В.Й.	Робоче колесо земснаряду																	
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	Ек	ОП	К <sub>мт</sub>	T <sub>пз</sub>	T <sub>мт</sub>			
Б	Код, найменування обладнання											Обозначення документа							
01	<b>005 Мийно-абразивна</b>														10		1.38		
02	Установка для миття струменева камерна машина ОМ-15429													3					
03																			
А 04	<b>010 Дефекувальна</b>																15	2.9	
Б 05												Деф.	4	1	1				
Т 06	Контрольний стил. Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89. Мікрометр МР-50 ГОСТ 4381-87.																		
А 07	<b>015 Шліфувальна</b>																25	0.6	
Б 08	Ручна шліфувальна машинка МШ-230													4	1	1			
Т 09	Шліфувальний круг ПП25х30х32 24А16С25К 30 м/сГОСТ 2424-83з																		
А 10	<b>020 Шліфувальна</b>																15	2.9	
Б 11	Внутрішньошліфувальний верстат 3К228В													4	1	1			
Т 12	Шліфувальний круг ПП25х30х32 24А16С25К 30 м/сГОСТ 2424-83з																		
А 13	<b>025 Напилювальна</b>																3	3.4	
Б 14	Ручний плазмотрон ПП21,													4	1	1			
Т 15	Порошковий дріт марки ППЧ -3																		



# ВНТУ, МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО





Дубл.													
Взам.													
Подп.													
					08 - 27 МКР.07.00.000								
Розроб.	Шугайло О.І.	ВНТУ											
Перев.	Савуляк В.І.												
Н.контр.	Шенфельд В.Й.			Робоче колесо земснаряду									
01		Код, наименование операции		Обозначение документа									
010 Дефектувальна				НОТ №1875-82									
02				Код, наименование оборудования									
К/М		Наименование детали, сб. единицы или материала		ШЦ-1 ГОСТ 166-89; МР-50 ГОСТ 4381-87.									
Р				Код, обозначение									
Р				ОЦП ЕВ ЕН КИ Нрасх.									
О 03	1. Установити деталь, закріпити, зняти												
Т 04													
О 05	2. Визначити всі дефекти, які підлягають відновленню												
Т 06	Штангенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89;												
Т 07	Мікрометр МР-50 ГОСТ 4381-87.												
Р 08													
09													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
ОК	Оперційна карта дефектування												

Дубл.											
Взам.											
Подп.											
		08 - 27 МКР.07.00.000									
Розроб.	Шугайло О.І.		ВНТУ					08 - 27 МКР.07.00.004			
Перев.	Савуляк В.І.										
Н.контр.	Шенфельд В.Й.										
Робоче колесо земснаряду											
		Обозначение документа									
01	Код, наименование операции <b>015 Шліфувальна</b>										
02	Код, наименование оборудования МПП230										
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала			ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх			
Р	Код, обозначение t, мм                                    S, мм/об                                    n, об/хв                                    V, м/хв										
О 03	1. Установити деталь, закріпити, зняти										
Т 04											
О 05	Шліфувати пов. 1 до розмірів 10, 73 мм										
Т 06	Шліфувальний круг ПП25х30х32 24A16C25K 30 м/с ГОСТ 2424-833										
Т 07											
Р 08				0,5		1,3	273	30			
09											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
ОК	Операційна карта шліфування										

Дубл.									
Взам.									
Подп.									
				08 - 27 МКР.07.00.000					
Розроб.	Шугайло О.І.	ВНТУ			08 - 27 МКР.07.00.000				
Перев.	Савуляк В.І.				08 - 27 МКР.07.00.000				
Н.контр.		Робоче колесо земснаряду			К Р				
Шенфельд В.Й.		Обозначение документа			МИ				
01		020 Шліфувальна			НОТ №1875-82				
02		Код, наименование оборудования			Тв То				
		3К228В			2,5				
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала	Код, обозначение	ОП	БВ	ЕН	КИ	Нрасх.		
Р			1, мм	S, мм/об	V, м/хв				
03									
О 04	Установити деталь, закріпити, зняти								
Т 05	Шліфувальний круг ПП25х30х32 24А16С25К 30 м/сГОСТ 2424-83з								
О 06	Шліфувати пов.2 до розмірів 27,93мм								
Т 07									
М 08									
Р 09		0,3	1,5	14					
10									
11									
12									
13									
14									
15									
ОК	Операційна карта шліфування								

Дубл.																							
Взам.																							
Подп.																							
Розроб.	Шугайло О.І.																						
Перев.	Савуляк В.І.																						
Н.контр.	Шенфельд В.Й.																						
		ВНТУ		08 - 27 МКР.07.00.000		08 - 27 МКР.07.00.006		М	К	Р													
01		Код, наименование операции		Обозначение документа		МИ																	
02		025 Напилювальна		НОТ №1875-82																			
К/М		Наименование детали, сб. единицы или материала		Код, наименование оборудования		Тв		То															
P				ПП21		2,5		Нрасх.															
03								Vн, м/хв															
O 04		1. Установити та зняти деталь						Ve															
T 05		Ручний плазмотрон ПП21						Vн, м/хв															
O 06		2 Напилити пов. 1 до розмірів 11,5мм						Vн, м/хв															
T 07								D, мм															
M 08								U, B															
P 09								EВ															
10								60															
11								23															
12								1,6															
13								17															
14								60															
15								17															
OK		Операційна карта напилювання																					



ВНТУ, МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Дубл.																
Взам.																
Подп.																
						08 - 27 МКР.07.00.000										
Розроб.	Шугайло О.І.															
Перев.	Савуляк В.І.															
Н.контр.	Шенфельд В.Й.															
01	Код, наименование операции <b>040 Шліфувальна</b>					Обозначение документа НОТ №1875-82										
02	Код, наименование оборудования 3K228B															
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала															
Р	08 - 27 МКР.07.00.000															
03																
04	Установити деталь, закріпити, зняти															
Т 05	Шліфувальний круг П125x30x32 15A16C25K 30 м/с ГОСТ 2424-83															
06	Шліфувати пов.2 до розмірів 28,03мм															
Т 07																
М 08																
Р 09						0,3		1,5					14			
10																
11																
12																
13																
14																
15																
OK	Операційна карта шліфування															







27-08.МКР.07.00.001 Р

50

1. Відлік за ГОСТ 2039-84.  
2. Невказані лінійні розміри 5мм.  
3. Формальні відхилення за ГОСТ 3202-92.  
4. ПТБ, ПТМ, ІТН.  
5. Збалансувати колесо статично. Залишкове змінення центру маси не більше 0.1 мм.

№ Деф.	Дефекти	Коефіцієнт потовщення дефектів		Додаткові способи усунення дефекту
		Від загальної кількості що надійшли до фізичної обробки	Від загальної кількості дефектів	
1	Кавітаційні пори на поверхнях лопаток	0,6	0,8	Електро-дугове напилення
2	Знос посадового отвору	0,2	0,2	Напильники в середовищі СР

Відновленню не піддаються деталі, що мають сколи та тріщини

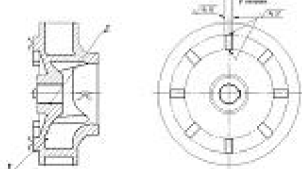
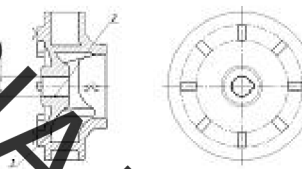
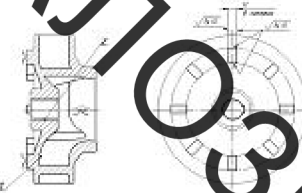
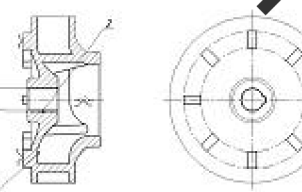
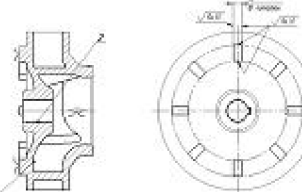
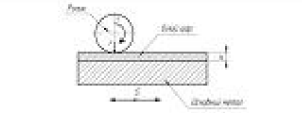
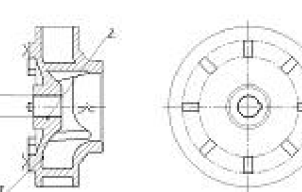
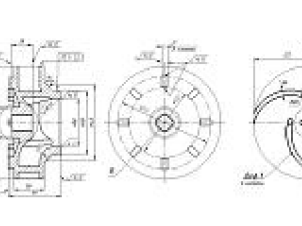
27-08.МКР.07.00.001 Р			
№ Двиг.	№ Висн.	Роб.	Дат.
Висн.	Висн.	Висн.	Висн.
Технік	Спеціал. З.	Лист	Лист
Колесо	Вопило	Лист	Лист
Висн.	Висн.	Лист	Лист

Робоче колесо наоса  
звмкряву

СЧ 25 ГОСТ 14.12-85

Автори: А.З.

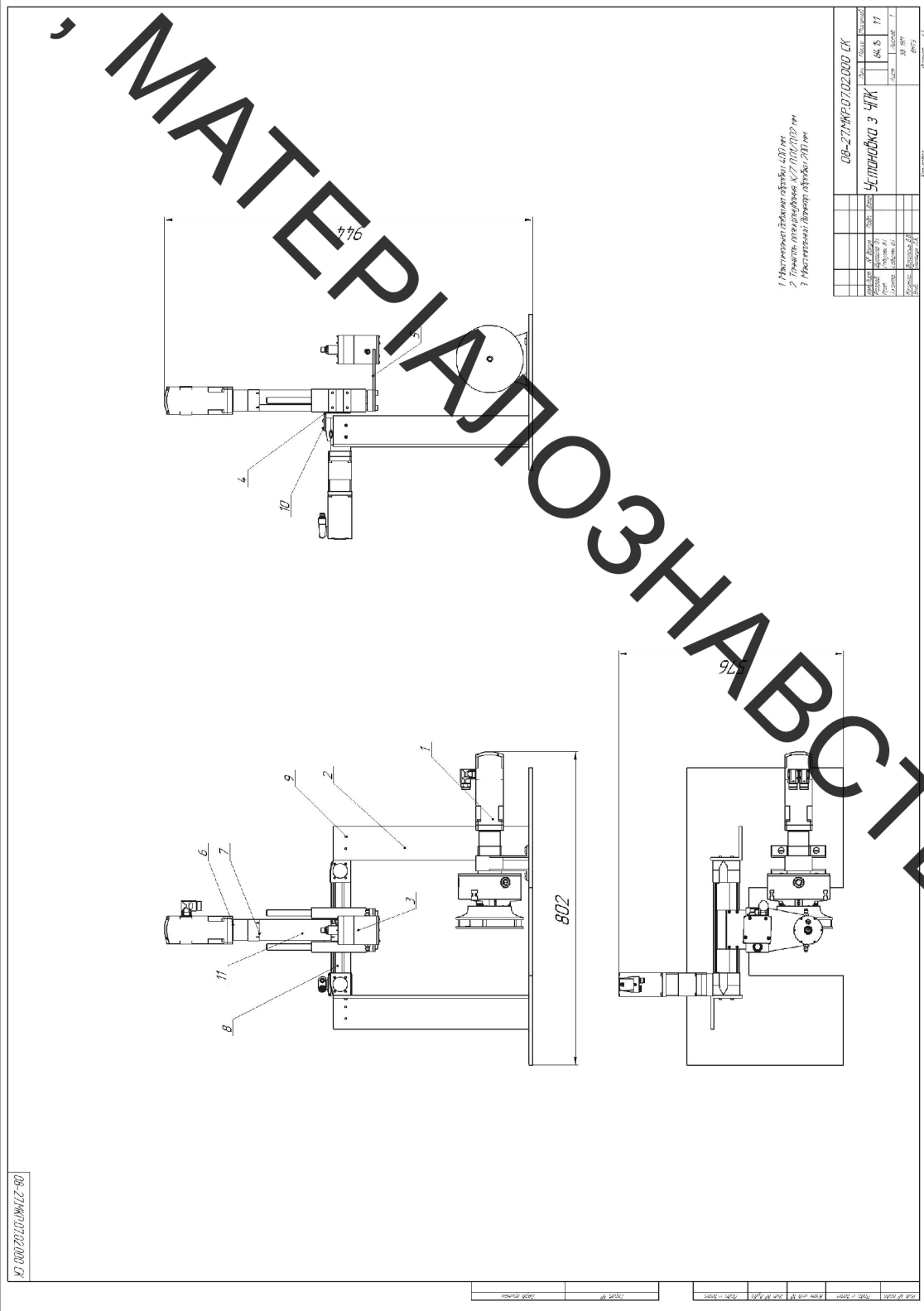
Created by Universal Document Converter

№	Найменування операції та технічних періодів	Схема базування	Обладнання
005	<p align="center"><u>Мийна</u></p> <p>1. Установити та зняти деталь; 2. Мити деталь розчином "Лобань-203".</p>		<p align="center">Роторна мийна машина ОМ-Б429;</p>
010	<p align="center"><u>Дефектувальна</u></p> <p>Дефектувати деталь та визначити, чи дефекти, які потрібно відновити.</p>		<p>1. Контрольний стил; 2. Штансенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89; 3. Мікрометр МР-50 ГОСТ 4381-87.</p>
015	<p align="center"><u>Шліфувальна</u></p> <p>1. Установити та зняти деталь; 2. Шліфувати пов. 1 до розмірів 10,5 мм;</p>		<p align="center">Ручна шліфувальна машина МШ-230;</p>
020	<p align="center"><u>Шліфувальна</u></p> <p>1. Установити та зняти деталь; 2. Шліфувати пов. 2 до розмірів 27,9 мм;</p>		<p align="center">Внутрішньошліфувальний верстат ЗК2288</p>
025	<p align="center"><u>Напиловальна</u></p> <p>1. Установити та зняти деталь; 2. Напилити пов. 1 до розмірів 115 мм;</p>		<p align="center">Ручний плазматрон ПП21;</p>
030	<p align="center"><u>Напиловальна</u></p> <p>1. Установити та зняти деталь; 2. Напилити пов. 2 до розмірів 275 мм;</p>		<p align="center">Установка для наплення УПН-8М;</p>
035	<p align="center"><u>Шліфувальна</u></p> <p>1. Установити та зняти деталь; 1 Шліфувати пов. 1 до розмірів 11 мм;</p>		<p align="center">Ручна шліфувальна машина МШ-230;</p>
037	<p align="center"><u>Фракційна обробка</u></p> <p>1. Зміцнити пов. 2 за рахунок високошвидкісного тертя</p>		<p align="center">Установка для ШФЗ</p>
040	<p align="center"><u>Шліфувальна</u></p> <p>1. Установити та зняти деталь; 2. Шліфувати пов. 2 до розмірів 28 мм;</p>		<p align="center">Внутрішньошліфувальний верстат ЗК2288</p>
045	<p align="center"><u>Контрольна</u></p> <p>1. Установити деталь; 2. Контролювати розмір 28H8; 3. Зняти деталь.</p>		<p>1. Контрольний стил; 2. Штансенциркуль ШЦ-1 ГОСТ 166-89; 3. Мікрометр МР-50 ГОСТ 4381-87;</p>

Перб. примен.		Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №			<u>Документация</u>		
		08-27.МКР.07.03.000.СК	Установка с ЧПК		
			<u>Складальні одиниці</u>		
	A3	1 08-27.МКР.07.01.000	Обертач	1	
	A2	2 08-27.МКР.07.02.000	Рама	1	
	A3	3 08-27.МКР.07.03.000	Плазмотрон	1	
			<u>Деталі</u>		
	A4	4 08-27.МКР.07.04.000	Планка	1	
	A4	5 08-27.МКР.07.04.000	Ізолятор	1	
	A4	6 08-27.МКР.07.04.000	Ізоляційна втулка	4	
			<u>Стандартні вироби</u>		
		7	Гвинт ГОСТ ИСО Р 4762-M5x16	16	
		8	Гвинт ГОСТ ИСО Р 4762-M12x20	4	
		9	Осьовий набір EAMM-A-D40-7A-S1	1	
	10	Сервомотор EMMS-AS-70-M-LS-RRB	1		
	11	Патрон 7100-0007ГОСТ 2675-80	1		
	12	Осьовий набір EAMM-A-D40-7A	1		
	13	Лінійний привід EAGF-V2-KF-40-100	1		
	14	Портальна вісь EAGF-70-600-TB-KF-0H-6K	1		

08-27.МКР.007.00.004				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Щугайло О.І.			
Пров.	Савуляк В.І.			
И.контр.	Бакалець Д.В.			
Утв.	Поліщук Л.К.			
Лит.	Лист	Листов		
	Н	1		
Установка с ЧПК		3В-19М		
		ВНТУ		

ВНТК, МАТЕРИАЛЛОЗНАБЦТВО

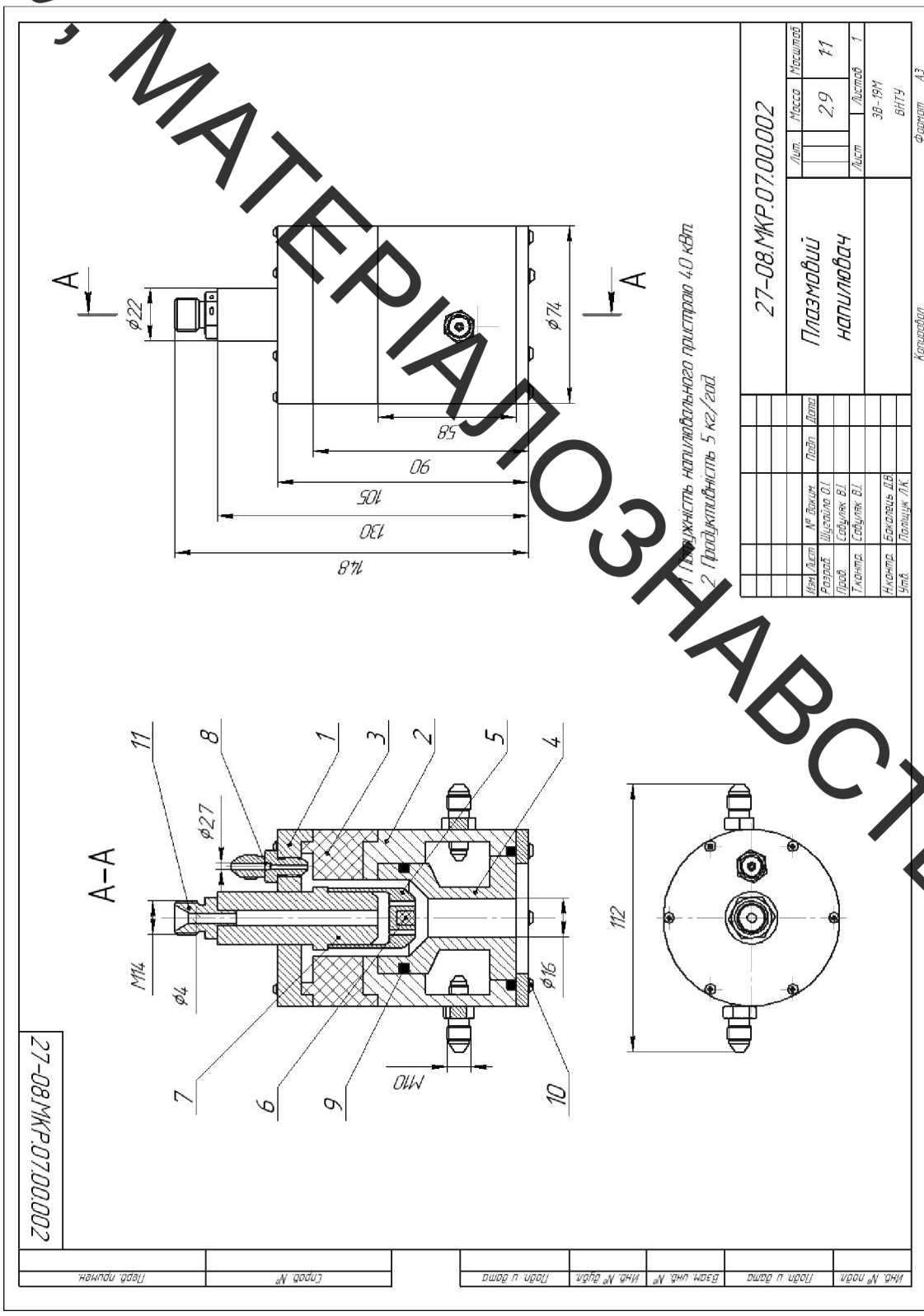


- 1. Материална документация
- 2. Проектна документация
- 3. Производствена документация

Об-2714070702000 СК	
№	Имя
1	С.С.С.
2	С.С.С.
3	С.С.С.
4	С.С.С.
5	С.С.С.
6	С.С.С.
7	С.С.С.
8	С.С.С.
9	С.С.С.
10	С.С.С.
11	С.С.С.
12	С.С.С.
13	С.С.С.
14	С.С.С.
15	С.С.С.
16	С.С.С.
17	С.С.С.
18	С.С.С.
19	С.С.С.
20	С.С.С.
21	С.С.С.
22	С.С.С.
23	С.С.С.
24	С.С.С.
25	С.С.С.
26	С.С.С.
27	С.С.С.
28	С.С.С.
29	С.С.С.
30	С.С.С.
31	С.С.С.
32	С.С.С.
33	С.С.С.
34	С.С.С.
35	С.С.С.
36	С.С.С.
37	С.С.С.
38	С.С.С.
39	С.С.С.
40	С.С.С.
41	С.С.С.
42	С.С.С.
43	С.С.С.
44	С.С.С.
45	С.С.С.
46	С.С.С.
47	С.С.С.
48	С.С.С.
49	С.С.С.
50	С.С.С.
51	С.С.С.
52	С.С.С.
53	С.С.С.
54	С.С.С.
55	С.С.С.
56	С.С.С.
57	С.С.С.
58	С.С.С.
59	С.С.С.
60	С.С.С.
61	С.С.С.
62	С.С.С.
63	С.С.С.
64	С.С.С.
65	С.С.С.
66	С.С.С.
67	С.С.С.
68	С.С.С.
69	С.С.С.
70	С.С.С.
71	С.С.С.
72	С.С.С.
73	С.С.С.
74	С.С.С.
75	С.С.С.
76	С.С.С.
77	С.С.С.
78	С.С.С.
79	С.С.С.
80	С.С.С.
81	С.С.С.
82	С.С.С.
83	С.С.С.
84	С.С.С.
85	С.С.С.
86	С.С.С.
87	С.С.С.
88	С.С.С.
89	С.С.С.
90	С.С.С.
91	С.С.С.
92	С.С.С.
93	С.С.С.
94	С.С.С.
95	С.С.С.
96	С.С.С.
97	С.С.С.
98	С.С.С.
99	С.С.С.
100	С.С.С.

Перв. примен.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №				<u>Документація</u>		
			08-27.МКР.002.11.000.СК	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
	A4	1	08-27.МКР.07.11.001	Кришка	1	
	A4	2	08-27.МКР.07.11.002	Корпус	1	
	A4	3	08-27.МКР.07.11.003	Ізолятор	1	
	A4	4	08-27.МКР.07.11.004	Анод	1	
A4	5	08-27.МКР.07.11.005	Катод	1		
A4	6	08-27.МКР.07.11.006	Вставка	1		
A4	7	08-27.МКР.07.11.007	Штуцер-катодотримач	1		
Підп. і дата				Стандартні вироби		
		8		Ніпель 28-012 ГОСТ 16042-70	3	
		9		Кільце 003-050-14-1-0 ГОСТ 18829-73	2	
		10		Гвинт М6х25 ГОСТ 1491-80	12	
		11		Проходник 3-41 ГОСТ 20188-74	1	
Підп. і дата	08-27.МКР.007.00.002					
	Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	
Інв. № подл.	Разроб.	Щугайло О.І.				Лит.
	Проб.	Савуляк В.І.				Н
	Н.контр.	Бакалець Д.В.				Лист
	Утв.	Поліщук Л.К.				Листов
Плазмовий напилювач						1
38-19М						
ВНТУ						

ВНТУ, МАТЕРИАЛЫ ЗАКАЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА



1. Изготовитель: Напильный прибор 4.0 кВт  
 2. Производитель: 5 кг/год.

27-08.МКР.07.00.002		Лист	Масса	Масштаб
Плазменный			2,9	1:1
Напильный		Лист		Листов
				30-191
				ВНТУ
				Формат А3

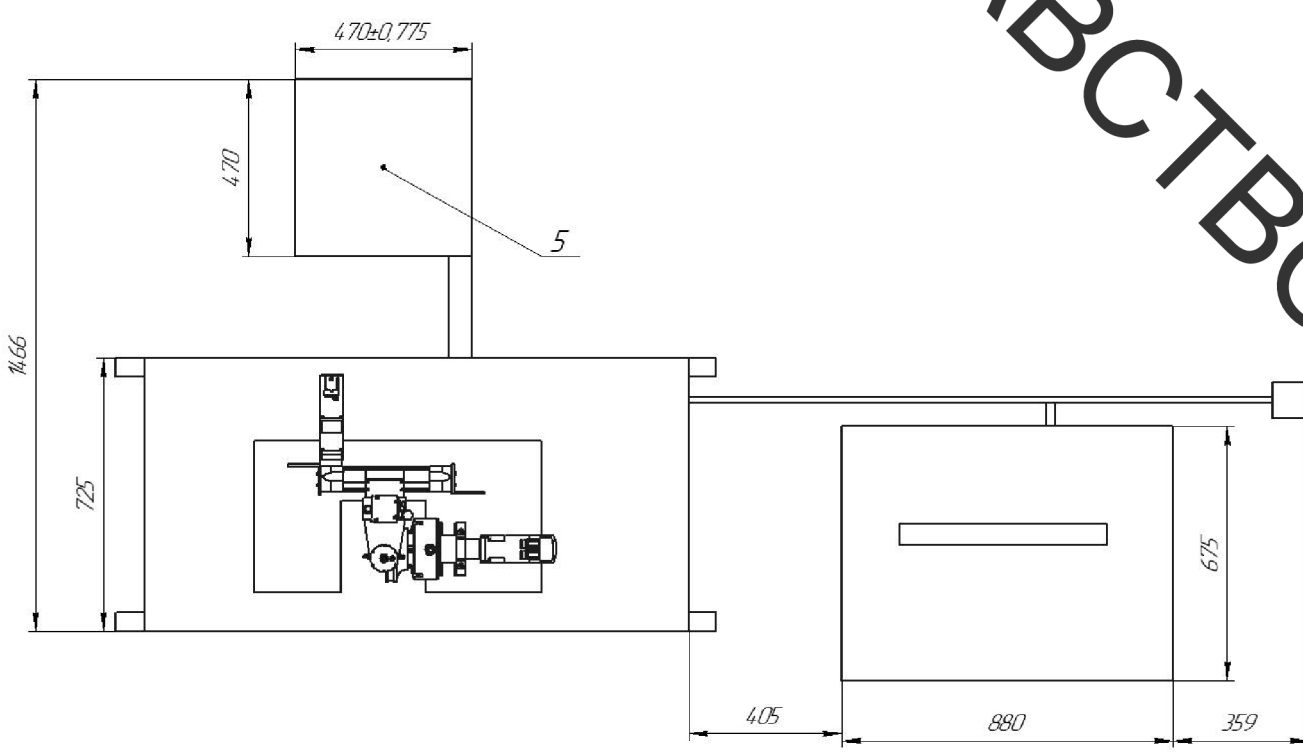
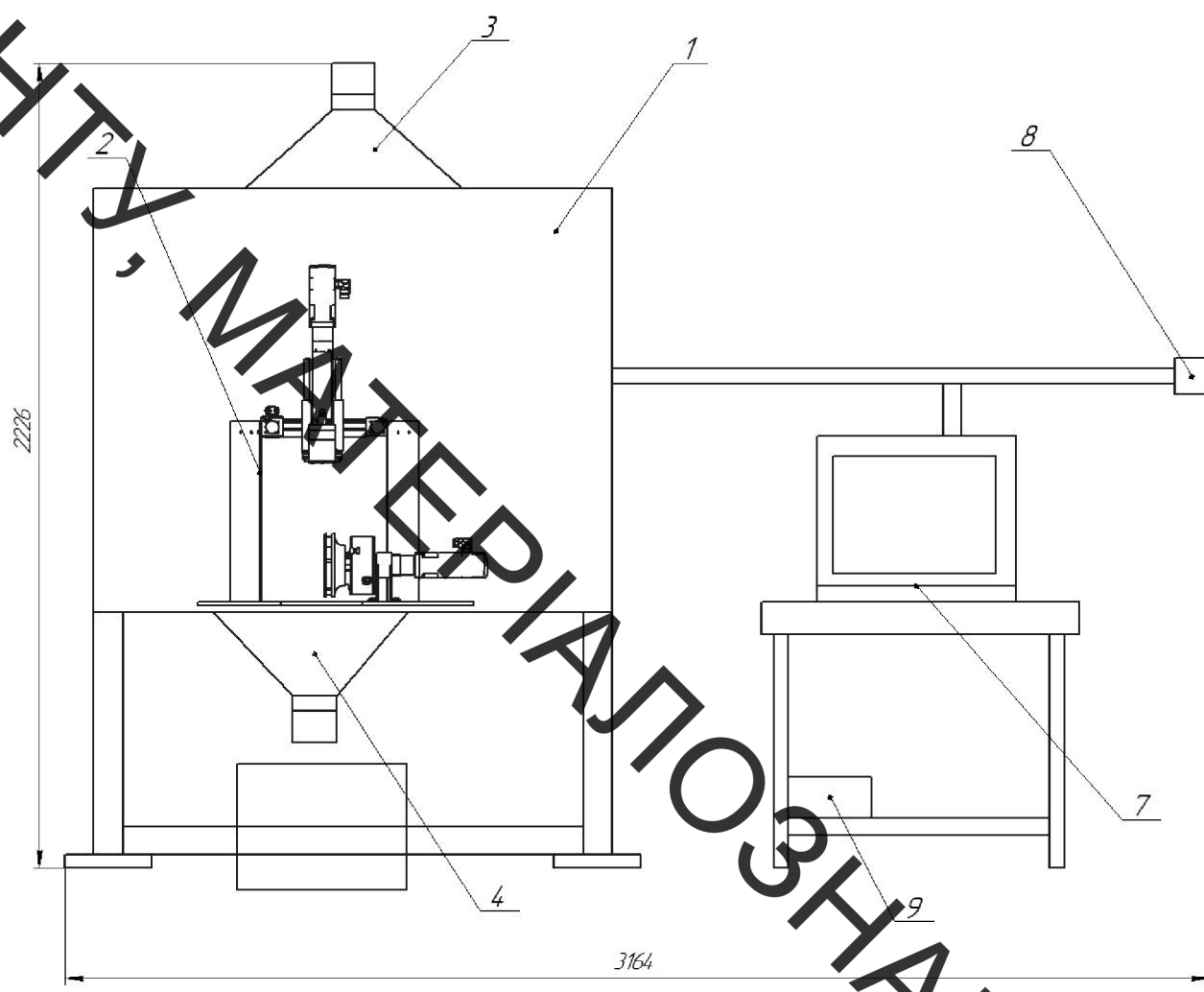
Изм.	Изм.	№ докум.	Дат.	Дела
Разраб.	Штукатур	В.И.		
Проб.	Собулак	В.И.		
Техн.р.	Собулак	В.И.		
Инж.пр.	Борисов	Д.В.		
Умб.	Полушук	Л.К.		

27-08.МКР.07.00.002

Изд. № техн.	Лист в сборе	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Изд. № докум.	Лист в сборе	Лист. примеч.
--------------	--------------	--------------	--------------	---------------	--------------	---------------

Перв. примен.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документація</u>		
Справ. №	A2		08-27.МКР.07.02.000.В3	Вид загальний		
				<u>Складальні одиниці</u>		
	A3	1	08-27.МКР.07.02.001	Захисна камера	1	
	A3	2	08-27.МКР.07.02.002	Установка з ЧПК	1	
	A3	3	08-27.МКР.07.02.003	Вентиляція	1	
				Станина	1	
				Живильник	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
Подп. и дата		6		Контроллер СММР-АВ-СГ-ЭМ-М3	1	
		7		Блок живлення плазматрона ВД-406	1	
				<u>Інші вироби</u>		
		8		Витяжка	1	
		9		Комп'ютер	1	
Взам. инв. №		10		Шляхопровід	1	
		11		Стіл	1	
Подп. и дата						
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08-27.МКР.07.00.002  <b>Робоче місце</b>  Лит.    Лист    Листов Н                    1  38-19М ВНТУ Created by Universal Document Converter Копировал                    Формат    А4
	Разраб.		Щугайло О.І.			
	Пров.		Савуляк В.І.			
	Н.контр.		Бакалець Д.В.			
	Утв.		Поліщук Л.К.			





Лист № докум.	Перв. примеч.
Строч. №	
Лист № докум.	Лист № докум.
Вариант №	Вариант №
Лист № докум.	Лист № докум.
Лист № докум.	Лист № докум.

				<b>08-27.МКР.07.02.000 В3</b>		
Изм.	Лист	№ докум.	Лист	Дата	<b>Робоче місце</b> (Вид загальний)	
Розроб.	Шуцалюк О.І.	Лист	Дата	Лист		
Проб.	Савуляк В.І.	Лист	Дата	Лист	84,15	1:1
І.контр.	Савуляк В.І.	Лист	Дата	Лист	Лист	1
				38-1911		
				Формат А2		