

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Хіміко-технологічний факультет**

**Кафедра технології електрохімічних виробництв**

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

До захисту допущено:

В.о.зав кафедри

\_\_\_\_\_ **Юрій ГЕРАСИМЕНКО**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 12 \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-професійною програмою**

**«Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів»**

**зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»**

**на тему: «Технологія нанесення струмопровідних покриттів на  
тугоплавкі метали»**

Виконала:

студентка II курсу, групи ХЕ-91 мп  
Кошкідько Вікторія Сергіївна \_\_\_\_\_

Керівник:

доц., к.т.н. ,  
Косогін Олексій Володимирович \_\_\_\_\_

Консультант з охорони праці, доцент, к.т.н. доцент  
Полукаров Юрій Олексійович \_\_\_\_\_

Консультант з економічної частини, доцент, к.т.н. доцент  
Підлісна Олена Анатоліївна \_\_\_\_\_

Консультант з автоматизації, ст. викл.  
Лукінюк Михайло Васильович \_\_\_\_\_

Рецензент \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.  
Студентка \_\_\_\_\_

Київ – 2020

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Хіміко-технологічний факультет

Кафедра технології електрохімічних виробництв

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 161 Хімічні технології та інженерія

Освітньо-професійна програма Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.зав кафедри

\_\_\_\_\_ Юрій ГЕРАСИМЕНКО

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

**Кошкідько Вікторії Сергіївни**

1. Тема дисертації «Технологія нанесення струмопровідних покриттів на тугоплавкі метали», науковий керівник дисертації Косогін Олексій Володимирович к.т.н., доц., затверджені наказом по університету від «07» грудня 2020 р. №3332С
2. Термін подання студентом дисертації 07 грудня 2020р
3. Об'єкт дослідження . Технологія нанесення гальванічних покриттів на тугоплавкі метали.
4. Предмет дослідження. Електрохімічні процеси осадження струмопровідних покриттів на тугоплавкі метали; адгезія осаджених покриттів до поверхні тугоплавких металів.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити :
  - провести аналіз і узагальнення літературних даних по темі роботи;
  - дослідити механізм осадження струмопровідного покриття на тугоплавкі метали;
  - Розробити склад та режим осадження для нанесення нанесення струмопровідного покриття;
  - дослідити якість отриманого струмопровідного покриття.
  - скласти технологічну схему процесу нанесення струмопровідних покриттів на танталову або ніобієву основу;

- провести конструктивні та технологічні розрахунки, обрати відповідне обладнання для забезпечення річної продуктивності 30м<sup>2</sup> гальванічного покриття;
- розробити стартап-проект;
- запропонувати схему очищення стічних вод;
- проаналізувати шкідливі та небезпечні виробничі фактори, розробити заходи з техніки безпеки та охорони праці

#### 6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

Презентація до доповіді; креслення гальванічної ванни; план цеху; схема автоматизації процесу; схема очищення стічних вод

#### 7. Орієнтовний перелік публікацій

#### 8. Консультанти розділів дисертації\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Полукаров Юрій Олексійович		
Економічна частина	Підлісна Олена Анатоліївна		
Автоматизація	Лукінюк Михайло Васильович		

#### 9. Дата видачі завдання «07» грудня 2020

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд літератури за матеріалми дисертації	17.11.20-22.11.20	
2	Розробка технологічного процесу	22.11.20-23.11.20	
3	Одержання струмопровідних покриттів	23.11.20-30.11.20	
4	Дослідження властивостей одержаних покриттів	30.11.20-5.12.20	
5	Написання технологічного розділу	5.12.20-9.12.20	
6	Оформлення розділів автоматизація, охорон праці та безпека в надзвичайних ситуаціях та стартап проекту	9.12.20-11.12.20	
7	Оформлення пояснювальної записки та презентації	11.12.20-18.12.20	

Студент

Вікторія Кошкідько

Науковий керівник

Олексій Косогін

## РЕФЕРАТ

Технологія нанесення струмопровідних покриттів на тугоплавкі метали .Кошкідько В.С. – Київ: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», ХТФ, гр. ХЕ-91мп Магістерська дисертація, 2020 рік, кількість сторінок –96, рисунків –13, таблиць –29 літературних джерел –16.

В магістерській дисертації проведено літературний пошук існуючих методів нанесення гальванічних покриттів на ніобій та тантал, розглянуто відомі приклади осадження на алюміній та титан, а також на тугоплавкі метали. Здійснено осадження покриттів нікелю та міді на ніобій та тантал при різних умовах та режимах електролізу. Визначення міцності адгезії гальванічних покриттів було проведено якісними методами. такими як : методом вигину та сітки подряпин. Були проведені поляризаційні дослідження отриманих покриттів у порівнянні зі звичайним нікелем , міддю ,ніобієм та танталом.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:**СТРУМОПРОВІДНІ ПOKPИTTЯ,  
ТУГОПЛАВКІ МЕТАЛИ, ВЕНТИЛЬНІ МЕТАЛИ, НІОБІЙ, ТАНТАЛ.

## ABSTRACT

Technology for applying conductive coatings on refractory metals

Koshkidko V. S. — Kiev: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, CTF,

EC – 91 mp Master's degree work, 2020 year, number of pages —96,

tables —29, drawings—13, source —16.

In master's degree dissertation the literary search of existent methods of causing of galvanic coverages is conducted on niobium and tantalum, the well-known examples of besieging are considered on an aluminium and titan, and also on refractory metals. Besieging of coverages of nickel and copper is carried out on niobium and tantalum at different terms and modes of electrolysis. Determination of durability of адгезії of galvanic coverages was conducted by quality methods. such as : by the method of bend and net of scratches. Polarization studies of the got coverages were undertaken in comparing to the ordinary nickel, by a copper,by niobium and tantalum

**KEYWORDS:** CURRENT-CARRYING COVERAGES, REFRACTORY METALS, VALVE METALS, NIOBIUM, TANTALUM.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	9
РОЗДІЛ 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД .....	11
1.1 Тугоплавкі метали та їх застосування.....	11
1.2 Нанесення гальванічних покриттів на «вентильні» метали .....	12
1.2.1 Нанесення гальванічних покриттів на титан.....	12
1.2.2 Нанесення гальванічних покриттів на алюміній .....	15
1.3 Нанесення гальванічних покриттів на тугоплавкі метали.....	20
1.4 Нанесення гальванічних покриттів на тантал.....	22
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	25
2.1 Вибір технологічного процесу .....	25
2.1.1 Підготовка поверхні виробів перед нанесенням гальванічного покриття.....	25
2.2 Вибір електроліту для нанесення гальванічного покриття.....	26
Вибір електроліту.....	26
2.3 Поляризаційні дослідження .....	27
2.4 Якісні методи дослідження .....	28
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ НАНЕСЕННЯ ГАЛЬВАНІЧНИХ ПОКРИТТІВ НА ТУГОПЛАВКІ МЕТАЛИ.....	29
3.1 Нанесення мідних покриттів на ніобій та тантал .....	29
3.2 Нанесення нікелевих покриттів на ніобій та тантал.....	32
3.3 Технологічна схема нанесення гальванічних покриттів на ніобій та тантал .....	35
3.3.1 Технологічна схема нанесення мідних покриттів .....	36

3.3.2	Технологічна схема нанесення нікелевих покриттів.....	38
РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....		41
4.1	Вибір і розрахунки обладнання для нанесення гальванічних покриттів ...	41
4.1.1	Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання .....	41
4.1.2	Визначення виробничої програми обладнання.....	42
4.1.3	Вибір виду обладнання для нанесення гальванічного покриття, розрахунок його кількості та габаритних розмірів.....	42
4.2	Технологічні розрахунки.....	46
4.2.1	Баланс струму на гальванічній ванні .....	46
4.2.2	Баланс напруги на гальванічній ванні.....	48
4.2.3	Вибір джерела струму для гальванічної ванни .....	49
4.2.4	Визначення джоулевої теплоти, складання балансу енергії.....	50
4.2.5	Тепловий розрахунок для гальванічних ванн .....	51
4.3	Розрахунок витрат матеріалів .....	52
4.3.1	Розрахунок витрат анодів.....	52
4.3.2	Розрахунок витрат хімічних реактивів .....	53
4.3.3	Витрати води на промивні операції після знежирення .....	58
РОЗДІЛ 5. АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ І КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ.....		60
2.1.	Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації .....	60
5.2.	Опис розробленої схеми автоматизації.....	61
РОЗДІЛ 6. ОЦІНКА РИНКОВИХ ПЕРСПЕКТИВ ПРОЕКТУ .....		63
6.1	Загальна характеристика розробки.....	63
6.2	Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу .....	66
6.3	Розрахунок ціни інноваційної пропозиції на ринку .....	70

6.3.2Вартість основних фондів стартапу .....	70
6.4Вартість оборотних засобів стартапу .....	72
РОЗДІЛ 7. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА, ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД .....	75
Розділ 7.Екологічна безпека гальванічного виробництва, очищення стічних вод .....	75
7.1 Методи очищення стічних вод .....	75
8.1 Охорона праці .....	79
8.1.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектованому об'єкті. Заходи з охорони праці .....	79
8.1.1.1 Повітря робочої зони .....	79
8.1.1.2Виробниче освітлення .....	83
8.1.1.3Виробничий шум і вібрація .....	84
8.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях .....	87
8.2.1 Безпека технологічного процесу і обслуговування устаткування .....	87
8.2.2 Пожежна безпека .....	88
8.2.3 Аналіз небезпеки об'єкту .....	91
ВИСНОВОК .....	94
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	95

## ВСТУП

**Актуальність** Науковий інтерес до розробки ефективних методів осадження струмопровідного шару на тантал та ніобій обумовлений широким використанням цих металів для розробки високих технологій. Сьогодні метали використовують в електроніці щоб створити конденсатори. Їх можливо зробити дуже маленькими, що зручно для виробництва гаджетів. Тому танталові та ніобієві конденсатори присутні майже в будь-яких смартфонах, ноутбуках і планшетах.

Титан та ніобій - метали оксиди яких утворюють плівки , через які провідність в протилежному напрямку сильно різниться (це і є "вентильний" властивість).

Основна властивість поверхневих плівок на вентильних металах - високий опір анодному і дещо менше - катодного струму. Замикання струму при анодній поляризації відбувається внаслідок збіднення шару оксиду.

Наявність на поверхні танталу та ніобію міцної оксидної плівки ускладнює нанесення покриття, а саме те що вона перешкоджає задовільній адгезії, тому розробка технології нанесення гальванічних струмопровідних покриттів, які мають високу адгезію до основи, є актуальною задачею..

**Мета дослідження:** Розробка технологічних режимів осадження струмопровідних покриттів на тугоплавкі метали;

**Задачі дослідження:**

- провести аналіз і узагальнення літературних даних по темі роботи;
- дослідити механізм осадження струмопровідного покриття на тугоплавкі метали;
- дослідити властивості отриманих струмопровідних покриттів;
- розробка складу електроліту для якісного нанесення струмопровідного покриття;
- дослідити якість отриманого струмопровідного покриття.

**Об'єкт дослідження.** Електрохімічні процеси осадження струмопровідних покриттів на тугоплавкі метали.

**Предмет дослідження.** Електрохімічні властивості струмопровідних покриттів на тугоплавкі метали.

**Методи досліджень.** Якість адгезії покриттів визначали якісними методами – методом вигину та методом нанесення сітки подряпин; суцільність покриття та його адгезія до основи досліджувались методом аналізу поляризаційних покриттів.

**Наукова новизна.** Полягає в отриманні якісного струмопровідного покриття на такі вентильні метали, як ніобій та тантал

**Практичне значення отриманих результатів.** Полягає в розробці технології простої та нанесення струмопровідних покриттів на тугоплавкі метали, що може бути використано для забезпечення надійного електричного контакту в радіоелектроніці

**Структура і обсяг роботи.** Магістерська робота складається з вступу, восьми розділів, висновків, списку використаної літератури і додатків. Загальний обсяг 96 сторінок, основний текст займає 83 сторінок, у тому числі 29 таблиць, 13 рисунків і 3 додатки. Список використаної літератури включає 16 посилань.

# РОЗДІЛ 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

## 1.1 Тугоплавкі метали та їх застосування

До тугоплавких належать метали з температурою плавлення, яка перевищує 1700°C. Вони стають активними при підвищених температурах та є хімічно стійкими при низьких. Експлуатація металів при високих температурах забезпечується у вакуумі або в атмосфері інертних газів. є Вольфрам, молібден, тантал, ніобій, хром, ванадій, титан, цирконій і реній є основними тугоплавкими металами .

**Тантал** виготовляється у вигляді листів, дроту, прутків, стрічок та фольги. При розтяганні межа його міцності залежно від термічної та механічної обробки 350...1250 МПа. На відміну від молібдену та вольфраму тантал при нагріванні у вакуумі до досить високих температур не стає крихким. Тантал є одним з найважливіших матеріалів електровакуумної техніки через здатність попередньо дегазованого металу поглинати гази в межах температур 600...1200 °С, а також пластичності, тугоплавкості й формостійкості. Однак через високу вартість і дефіцитність тантал використовують переважно для відповідальних виробів, які працюють в напруженому тепловому режимі та коли висувають підвищені вимоги до вакууму. З танталу виготовляють сітки й аноди генераторних ламп, різні допоміжні деталі електровакуумних приладів, катоди прямого й непрямого розжарення. Тонкоплівкові й електrolітичні конденсатори з великою питомою ємністю широко застосовуються виготовлені на основі танталу. Із танталу виробляються тонкоплівкові резистори. Через високу тугоплавкість танталу щоб одержати тонкі плівки кращими вважають методи катодного або іонно-плазмового розпилення в чистому аргоні.

**Ніобій** - метал, схожий за властивостями до танталу. Вміст металу 99,4 % Nb, робить його високопластичним і випускають його у вигляді листів,

прутків, стрічки, дроту й фольги. Ніобій в інтервалі температур 400...900 °С має високе газопоглинання. Конструктивні деталі з ніобію в електровакуумних приладах виконують одночасно функції нерозпорошуючого геттера. Ніобій має найменшу роботу виходу електронів серед тугоплавких металів. Саме тому його використовують в потужних генераторних лампах як розжарювані катодаи.

## **1.2 Нанесення гальванічних покриттів на «вентильні» метали**

### **1.2.1 Нанесення гальванічних покриттів на титан**

#### **Підготовка поверхні титану**

Нанесення покриття на титан зв'язане з рядом складнощів зважаючи на наявність на його поверхні міцної оксидної плівки, що перешкоджає задовільному зчепленню покриттів, що наносяться на титан. Тому необхідно провести попередню обробку поверхні, яка включає :

1. Відпал у вакуумі при температурі 700°С впродовж 1 години для вирівнювання структурної і концентраційної неоднорідності поверхні, а також зниження напруги. Перед відпалом поверхню деталей з титану необхідно знежирити. Залежно від характеру забруднень проводять операцію знежирення в органічному розчиннику або миючих засобах

Хімічне знежирення ведуть в розчині, г/л :

Натр їдкий 10 - 20

Сода 20 – 30

Тринатрійфосфат 30 - 50

Скло натрієве рідке 3 – 5

Препарат ОС - 20 0,5 – 1

Температура розчину 70 - 90°С, час витримки 15 - 20 хвилин.

2. Видалення збагаченого газами поверхневого шару.

Операцію можна проводити двома методами: гідропіскоструминною обробкою або хімічним травленням. На гальванічному виробництві в основному застосовують процеси травлення розчином:

Соляну кислоту 20 - 25 г/л

Плавикову кислоту 10 - 15 г/л

Температура 18 - 25°C, час 0,5 - 1 хв.

Травлення проводять при кімнатній температурі впродовж 15 - 30 сек.

### **Створення проміжного підшару для покриття титану**

Іншою важливою причиною, що утрудняє покриття титану, являється високе негативне значення потенціалу титану і його прагнення до переходу в іонний стан. Цей процес викликає контактне витіснення з розчинів електролітів більше електропозитивних металів, ніж титан : цинку, міді, срібла, нікелю, олова, хрому і так далі. Тому для проведення покриття титану знадобилася розробка спеціальних способів підготовки поверхні з метою створення проміжного підшару, необхідного для оберігання поверхні титану від окислення в процесі нанесення покриття.

Проміжний підшар може бути сформований за рахунок утворення:

- фторидної плівки;
- гідридної плівки;
- контактено-осадженого металу

1) Для отримання фторидної плівки деталі травлять в розчині:

Азотна кислота 250 - 300 г/л

Плавикова кислота (40%) 15 - 20 мл/л

Впродовж 1 - 3 хвилин при кімнатній температурі.

2) Для отримання гідридної плівки застосовують розчини:

А) сірчана кислота 220 - 240 г/л

при температурі 65 - 70°C

впродовж 3 - 5 хв.

Б) соляна кислота 420 - 450 г/л

при температурі 15 - 30°C

впродовж 60 - 120 хв.

або суміш кислот :

сірчана кислота 430 - 570 г/л

соляна кислота 195 - 225 г/л

при температурі 15 - 30°C

впродовж 30 - 90 хвилин, а також:

сірчаний кислота 900 - 950 г/л

хлористий натрій 30 - 40 г/л

при температурі 70 - 80°C

впродовж 1 - 20 хв.

3) Проміжний підшар контактено-осадженого металу для подальшого покриття титану може бути виконаний двома способами: отриманням плівки контактеного цинку або контактеного нікелю.

Отримання плівки контактеного цинку.

Склади розчинів, г/л :

А) Фторид цинку 90 - 100

Плавикова кислота (40%) 150 – 200

Етилгліколь 800 – 900

Час обробки 1,5 - 3 хвилини при температурі 15 - 30°C.

Б) Хлорид цинку 44 - 47

Плавикова кислота (40%) 32 - 35

Етилгліколь 295 - 305

Час обробки 1,5 - 3 хвилини при температурі 15 - 30°C.

Отримання плівки контактеного нікелю.

Контактний нікель осаджують з розчинів, г/л :

А) Нікель хлористий 200 - 220

Соляна кислота 140 - 150

Фтористий амоній 20 - 40

Час обробки 3 - 30 секунд при температурі 20 - 25°C

Б) Нікель хлористий 20 - 30

Калій фтористий 2,5 - 10

Глікокол 25 - 35

pH = 2,8 - 3,2.

Час обробки 5 хвилин при кімнатній температурі.

Після нанесення контактної плівки покриття титану можна здійснювати гальванічним або хімічним способом.

### **1.2.2 Нанесення гальванічних покриттів на алюміній**

Покриття алюмінію зв'язане з рядом складнощів зважаючи на наявність на його поверхні міцної оксидної плівки, що перешкоджає задовільному зчепленню осаджуваного покриття з алюмінієм.

Іншою важливою причиною, що утрудняє нанесення електрохімічних покриттів на алюміній, являється високе негативне значення потенціалу алюмінію і його прагнення до переходу в іонний стан. Цей процес викликає контактне витіснення з розчинів електролітів більше електропозитивних металів, ніж алюміній : цинку, міді, срібла, нікелю, олова, хрому і так далі. Для осадження металевих покриттів на поверхню алюмінію знадобилося розробка спеціальних способів підготовки поверхні.

Розрізняють наступні методи підготовки поверхні алюмінію :

1. Збільшення шорсткості поверхні алюмінію перед нанесенням покриття механічним способом - піскоструминною або гідроабразивною обробкою або хімічним способом - труїть в розчинах соляній або фтористоводневій кислоті. Завдяки цьому методу вдається отримати покриття алюмінію, міцно зчеплені з основою, але з низькими корозійними і декоративними властивостями, тому широкого практичного застосування цей метод не знайшов.

2. Контактний метод осадження проміжних плівок допоміжного металу.

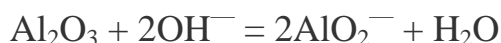
3. Електрохімічне осадження покриттів на алюміній.

4. Нанесення оксидних плівок з подальшим осадженням захисних покриттів.

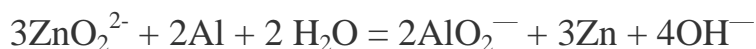
### **Нанесення хімічних і гальванічних покриттів на алюміній через контактне осадження цинку.**

Суть методу полягає в тому, що для отримання проміжної плівки контактного металу алюміній перед нанесенням покриття занурюють в агресивні розчини, що містять іони позитивнішого металу. В результаті взаємодії алюмінію з розчином природна оксидна плівка знімається і виділяється шар контактного металу, на який потім наноситься покриття. Травлення поверхні алюмінію в процесі контактного обміну відбувається нерівномірно, і вона стає шорсткою, що покращує умови осадження і підвищує силу зчеплення покриття з основою.

Для формування контактної плівки на алюмінії для подальшого нанесення покриттів використовуються лужні і кислі розчини. При зануренні в лужний розчин оксиди алюмінію розчиняються з утворенням алюмінатів :



На практиці для нанесення покриттів на алюміній використовують цинкатний і станнатний розчини. При активації алюмінію в розчині цинката натрію на його поверхні утворюється плівка контактного цинку :



Склад простого розчину цинкатной обробки для подальшого нанесення покриттів на алюміній:

Оксид цинку 5 - 100 г/л

Їдкий натр 50 - 500 г/л

Температура 15 - 300С

Час обробки 0,5 - 1 хв.

Якість покриття висока, що пояснюється рядом чинників : цинк в лужному розчині знаходиться у вигляді комплексних іонів, потенціал його

виділення наближається до потенціалу алюмінія. Плівки на поверхні алюмінію виходять тонкими і щільними.

Товщина і компактність цинкової плівки на алюмінії при нанесенні покриття залежить від концентрації розчину, співвідношення компонентів, температури і часу витримки деталей. З розбавлених розчинів на поверхні алюмінію виходять крупнокристалічні плівки, тоді як опади на алюмінії з більше концентрованих по цинку розчинів мають дрібнозернисту структуру і забезпечують хороше зчеплення алюмінію з гальванічним покриттям. Зі збільшенням температури і часу витримки товщина покриття плівок на алюмінії збільшується. При недостатній витримці контактне покриття не устигає затягнути поверхню алюмінію, при перетримці утворюється товста рихла плівка.

Часто при нанесенні покриття практикується двократна обробка алюмінію в цинкатном розчині. Для цього отриману при першій обробці плівку видаляють травленням алюмінію в розбавленій (1: 1) азотній кислоті і після ретельного промивання знову обробляють в розчині цинката, після чого наносять покриття. Хоча механізм поліпшення зчеплення при двократній обробці не цілком ясний, результати такої обробки дуже значні, тому на практиці вона застосовується досить часто. Більше рівномірні по товщині цинкового покриття на алюмінії виходять з розчину:

Оксид цинку 5 - 100 г/л

Гідроксид натрію 50 - 500 г/л

Хлорид заліза 2 - 3 г/л

Сегнетова сіль 8 - 10 г/л

Додаткові добавки особливо ефективні при обробці алюмінієвих сплавів, що містять магній. При обробці дюралюмінію (сплав алюмінію з міддю) при нанесенні покриття рекомендується замінити оксид цинку в цинкатном розчині еквівалентною кількістю сульфату цинку. Зростання плівок на алюмінії в таких розчинах швидко припиняється, тому на відміну від простого розчину не потрібно суворе дотримання часу витримки деталей

перед покриттям. Після нанесення контактного цинку на алюмінії можна наносити покриття з інших металів. Безпосередньо на цинк можна наносити мідь, нікель і інші покриття.

### **Покриття алюмінію через нанесення оксидної плівки**

Оксидування алюмінію є дуже ефективним методом захисту алюмінію від корозії. Властивості оксидних плівок на алюмінії залежать від складу електроліту і режимів анодування : декоративні тверді плівки виходять з сірчано-кислих електролітів, ізоляційні - з щавлево-кислих. У ортофосфорній кислоті на поверхні алюмінію вдається отримати тонкі оксиди, на які можна нанести гальванічне покриття. Для отримання надійного зчеплення оксидного покриття з алюмінієм перед анодуванням необхідно провести підготовку поверхні :

знежирення в розчині каустичної соди з концентрацією 80 - 120 г/л при температурі 60 - 70°C впродовж 2 - 3 хвилин;

травлення в 15% соляній кислоті або в розчині, що містить 15% соляної кислоти і фторид натрію .Після осадження контактного цинку на алюмінії можна осаджувати покриття інших металів. Безпосередньо на цинк можна наносити мідь, нікель і інші

Анодування алюмінію проводять в електроліті, г/л :

Ортофосфорна кислота 350 - 670

Температура 18 - 35°C,

Густина струму 1,3 - 1,5 А/дм<sup>2</sup>

Напруга 15 - 20В,

витримка 10 - 15 хвилин.

Для рівномірного формування плівки потрібне перемішування стислим повітрям. Отримана оксидна плівка має товщину до 3 мкм, дуже пориста, погано забарвлюється, але легко розчиняється в нікелевому і кислому мідному електролітах, що і визначає її призначення. На анодований шар

алюмінію можна осаджувати покриття із слаболужних розчинів бажано на підшар міді, нанесеному з пірофосфатного електроліту.

Безпосередньо на поверхню алюмінію можна нанести покриття нікелю з електроліту складу, г/л :

сульфат нікелю	200
борна кислота	35
фторид натрію	2
персульфат калію	2
Режим обробки :	$t = 50^{\circ}\text{C}$ ,
густина струму	1 - 2 А/дм <sup>2</sup> ,
рН	4,5 - 5,4.

Фторид активує поверхню катода і зв'язує іони алюмінію, що утворюються, у фторалюмінієвий комплекс. Піросульфат гальмує виділення контактного металу. Для поліпшення адгезії нікелевого покриття до алюмінію потрібна термічна обробка при  $200^{\circ}\text{C}$  впродовж 30 хвилин. Без додаткової обробки на алюмінії можна нанести нікелеве покриття хімічним способом. Перед нанесенням покриття поверхню алюмінію знежирюють в слаболужних розчинах і піддають тривалому активуванню (до 30 хв) в 3 - 5% розчинах соляної або сірчаної кислот.

Осадження покриття хімічного нікелю на алюмінії можна проводити як в лужних, так і в кислих розчинах, після чого провести термообробку при  $t = 180 - 200^{\circ}\text{C}$  впродовж 90 - 120 хв.

В промисловості способи нанесення гальванічного покриття на алюмінії через оксидну плівку і безпосередньо на поверхню алюмінію не знайшли широкого застосування, оскільки адгезія нікелю до основи недостатня для нанесення подальшого шару.

У гальванопластиці для нарощування нікелю на алюмінієву основу (яка після нарощування витравлюється) значної величини адгезії не вимагається, тому метод спрощеної підготовки поверхні може застосовуватися.

### 1.3 Нанесення гальванічних покриттів на тугоплавкі метали

Вольфрам і молібден відносяться до тугоплавких металів, температура плавлення яких значно вища, ніж у заліза. Вони служать основою для виготовлення жароміцних, спеціальних сплавів і високолегованих сплавів.

Особливий інтерес, що проявляється до вольфраму і молібдену, пояснюється, передусім тим, що ці метали використовуються як конструкційний матеріал для космічних кораблів. У зв'язку з цим встає питання електрохімічної обробки цих металів, зокрема, шляхом покриття вольфраму і молібдену металами для захисту від окислення, для поліпшення паяної, для відвертання вторинної емісії цих металів при високих температурах. Роботу виходу електронів можна зменшити шляхом покриття вольфраму шаром оксиду лужних або лужноземельних металів.

У електронній промисловості для цих цілей широко застосовується покриття вольфраму ренієм.

Осадження ренію проводять з електроліту складу, г/л :

$KReO_4$	10-15
$H_2SO_4$	10-15
$MgSO_3 (NH_4)_2$	25-30
$(NH_4)_2 SO_3$	25-30
Температура	60 - 85°C,
pH =	1 - 1,5

густина струму 10 - 15 А/дм<sup>2</sup>,

анооди - з платини.

При пониженні температури і щільності струму погіршується зовнішній вигляд покриттів і механічні властивості. Труднощі при проведенні пайки вирішуються шляхом покриття вольфраму і молібдену гальванічним або хімічним нікелем. Перед покриттям вольфраму і молібдену проводять операцію знежирення поверхні і травлення.

Для травлення деталей з вольфраму і молібдену застосовують підігрітий розчин суміші кислот, г/л:

$\text{H}_2\text{SO}_4$  70;

$\text{HNO}_3$  70;

$\text{HF}$  5-6.

Покриття вольфраму гальванічним нікелем здійснюють послідовно з двох електролітів: спочатку тонкий шар нікелю з хлоридного електроліту (нікель хлористий водний 250 г/л, соляна кислота 180 - 220 мл/л) при температурі 40 – 50 °С,  $i_K = 5 - 6 \text{ А/дм}^2$ , а потім - з сірчаноокислого електроліту нікелювання. Для покриття вольфраму хімічним нікелем вимагається провести активацію, як при металізації пластмас: сенсibiliзацію в розчині хлористого олова і активацію в хлористому паладії, оскільки поверхня тугоплавких металів - вольфраму і молібдену не активна і не є каталізатором при відновленні нікелю гіпофосфітом.

Розчини хімічного нікелювання можна використати лужні, дозволяючи отримувати покриття нікель - фосфор з вмістом фосфору 4-8%, складу :

Нікель хлористий 20 - 30 г/л

Натрію гіпофосфіт 15 - 25 г/л

Натрій лимоннокислий 3 - 50 г/л

Амоній хлористий 30 - 40 г/л

Аміак водний, 25% 70 - 100 мл/л

pH = 8 - 9, температура 80 - 90°

зі швидкість осадження 10 - 15 мкм/година.

Товщина нікелевого покриття вольфраму не повинна перевищувати 3 мкм, при більшій товщині можливе відшарування. Для поліпшення зчеплення нікелевого покриття з молібденом і вольфрамом роблять термообробку при температурі 950 - 1000°С у вакуумі.

Крім того, перед нанесенням будь-якого гальванічного покриття деталі також відпалюють у вакуумі при 950 - 1000°С впродовж 30 хвилин. Не вимагає попереднього підшару на молібдені процес нанесення золотого

покриття з диціаноауратного електроліту з попередньою активацією в розчині заліzosинеродистого калію (300 - 350 г/л) з гідроксидом натрію (40 - 50 г/л) при температурі 55 - 60°C впродовж 1 - 2 хвилин. Вдале поєднання цінних фізико-механічних і корозійних властивостей тугоплавких металів разом з можливістю електрохімічної металізації, дозволяє широко застосовувати їх в якості конструкційних матеріалів нової техніки.

#### **1.4 Нанесення гальванічних покриттів на тантал**

В науковій та технологічній літературі загалом відсутня інформація щодо підготовки таких металів, як ніобій і тантал до нанесення гальванічних покриттів. Разом з тим, сучасна радіоелектронна промисловість потребує забезпечення надійного електричного контакту між струмопідводами та робочими елементами конденсаторів, транзисторів, напівпровідників. Для вибору режиму травлення поверхні зразків з танталу високої чистоти використовувалися декілька варіантів складів. Заздалегідь дослідні зразки піддавалися піскоструминній обробці.

Для того, щоб визначити міру травлення поверхні зразків танталу, були проведені дослідження по виміру потенціалів поверхні після хімічної підготовки. Розглядалися декілька параметрів міри травлення зразків. За допомогою мікроскопа оцінювали поверхневу структуру, ваговим способом визначали знімання металу, за допомогою осередку потенціометра визначали поверхневий потенціал.

У разі травлення в суміші плавикової і сірчаної кислот знімання металу склало 5 – 7 мкм, поверхня металу візуально досить протравлена, але адгезія з гальванічним покриттям була недостатньою. Тому була введена операція активування в плавиковій кислоті, щоб знизити потенціал і поліпшити зчеплення покриття з основою (рис. 1.1). Проміжний нікелевий шар наносився гальванічним способом з сірчаноокислого електроліту нікелювання.

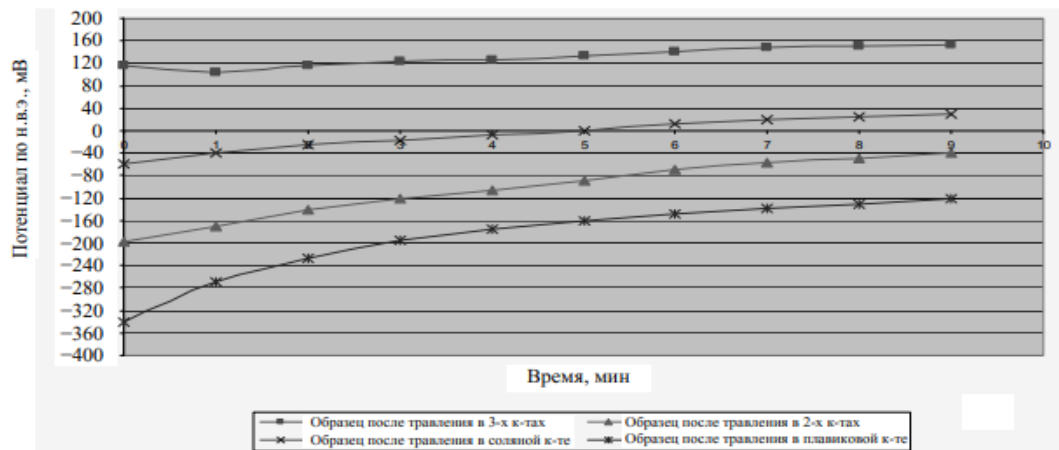


Рис.1.1 Поверхневий потенціал Та після травлення

На отриманих після нанесення покриття зразках танталу проведені металографічні дослідження. На рис. 1.2 показана мікроструктура двошарового покриття виявленого по усьому периметру дослідженого перерізу зразка. Верхній шар міді має товщину 96 – 104 мкм, товщина проміжного нікелевого шару 18 – 20 мкм.



Рис.1.2 Мікроструктура покриття без травлення, ×200

На рис.1.3 показаний зовнішній вигляд танталової заготівлі після рівноканального кутового пресування. На ній видно незруйноване мідне гальванічне покриття. Поверх мідного покриття видно графітове мастило. Дослідні зразки танталу витримували 12 – 14 проходів, при цьому проміжний і пластичний металеві шари зберігалися до моменту отримання готових виробів.



Рис. 1.3 Вид танталової заготівлі після 14 проходів РКУП при температурі 450 °С

Дослідження впливу РКУП на механічні властивості танталу показало, що в результаті інтенсивної пластичної деформації підвищується міцність матеріалу майже в 3 рази до восьмого проходу і знижується пластичність, яка, проте, після восьмого проходу має тенденцію до збільшення. Після 14 проходів рівноканального кутового пресування танталу ТВЧ отриманий дрібнодисперсний матеріал з середнім розміром зерна від 300 нм до 1 мкм, підвищеними більш ніж в два рази міцністю характеристиками і зниженою пластичністю.

В результаті роботи були розроблені технології нанесення мідного покриття завтовшки до 100 мкм на поверхню виробів що погано піддаються пресуванню титану, танталу, нержавіючої сталі.

### **Висновок**

Таким чином, в літературі відсутня інформація щодо технології підготовки поверхні танталу та ніобію до нанесення струмопровідних покриттів. Разом з тим, можливим шляхом вирішення може бути розробка технології нанесення струмопровідного покриття на вентиляльні метали.

## **РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ**

### **2.1 Вибір технологічного процесу**

#### **Обґрунтування вибору технологічного процесу**

Покриття танталу та ніобію пов'язане з такими складнощами як наявність на їхній поверхні міцної оксидної плівки, яка перешкоджає міцному зчепленню осаджуваного покриття з металами.

Ще однією важливою причиною являється високе негативне значення потенціалу ніобію та танталу і їхнє прагнення до переходу в іонний стан. Даний процес призводить до контактного витіснення з розчинів електролітів більш електропозитивних металів, а ніж ніобію та танталу : цинку, міді, нікелю, олова, хрому та інших. Для осадження металевого покриття на поверхню досліджуваних металів знадобилася розробка особливих способів підготовки поверхні.

#### **2.1.1 Підготовка поверхні виробів перед нанесенням гальванічного покриття**

Деталі, які потрапили в цех для нанесення покриття, мають різний ступінь забруднення на своїй поверхні , які опинилися на них внаслідок операції механічної обробки. До цих забруднень відносяться : оксидні плівки, мастила. Необхідно виконати таку операцію як знежирення, для того щоб вилучити жирові забруднення з поверхонь деталей.

#### **Операція знежирення**

Лужний розчин добре взаємодіє з жирами рослинного та тваринного походження.

Виходячи з цього проводимо хімічне знежирення ніобію та танталу протягом 10-15 хв. При температурі 60-70°C.

### **Операція травлення**

Травлення – це процес видалення оксидів з поверхні металевих деталей в кислих або лужних розчинах. Травлення можна здійснювати хімічним або електрохімічним способом. Вибір способу травлення залежить від природи металу, товщини і характеру плівок, що знаходяться на поверхні деталі, а також від типу обробки виробу до і після травлення. Обираємо наступний склад розчину:

Плавикова кислота– 20%

Обробка триває 10-15 хв при температурі 25°C.

### **Операція промивання**

Після даних операцій здійснюється гаряча промивка для того щоб краще видалити залишки забруднень. Під час такої промивки деталі прогріваються. При зануренні гарячих деталей в розчин для травлення, може статися перетравлювання поверхні, тож в нагрітій кислоті травлення буде відбуватися швидше, ніж у холодній. Тому після даної процедури виконується промивка в холодній воді, і тільки тоді проводять травлення.

Після процесів травлення та електролізу аналогічно– промивка.

## **2.2 Вибір електроліту для нанесення гальванічного покриття**

### **Вибір електроліту**

Сульфатні електроліти є найбільш поширеними та найбільш дешевими з усіх використовуваних у гальванопластичному виробництві. Вони стабільні в роботі, прості за складом. Покриття отримують щільні та з високим виходом за струмом.

Електроліт для осадження мідних покриттів:

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  -250 г/л,

$\text{H}_2\text{SO}_4$  – 27мл/л,

$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  – 50 мл/л

Режим електролізу:

$$i = 2 \text{ А/дм}^2,$$

$$\delta = 12 \text{ мкм}$$

$$\tau = \frac{\delta \cdot \rho \cdot 10^{-2}}{i \cdot \text{Вс} \cdot \text{Ке/х}} = \frac{8,9 \cdot 1,2 \cdot 10^{-2}}{1,09 \cdot 2} = 29 \text{ хв}$$

Час електролізу 29 хвилин при кімнатній температурі

Електроліт для осадження нікелевих покриттів:

$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  -250 г/л,

$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  – 60 г/л,

$\text{H}_3\text{BO}_3$ - 30 г/л

Режим електролізу:

$$i = 2 \text{ А/дм}^2,$$

$$\delta = 12 \text{ мкм}$$

$$\tau = \frac{8,9 \cdot 1,2 \cdot 10^{-2}}{1,19 \cdot 2} = 27 \text{ хв}$$

Час електролізу 27 хвилин при температурі 40-50°C;

### 2.3 Поляризаційні дослідження

Дослідження міцності адгезії проводили аналізом поляризаційних кривих, отриманих в потенціодинамічному режимі в триелектродній комірці, використовуючи комплекс приладів, який складався з потенціостата «PGStat500n» та персонального комп'ютера. В роботі використовували ртутносульфатний електрод порівняння з потенціалом +0,610 В (н.в.е) допоміжним-титанова пластина .Потенціали в роботі наведені відносно стандартного водневого потенціалу.

## 2.4 Якісні методи дослідження

**Метод нанесення сітки подряпин** полягає в тому, що на поверхню дослідженого покриття наносять чотири-шість паралельних ліній глибиною до основного металу на відстані 2-3 мм один від одного і чотири-шість паралельних ліній, перпендикулярних першим. На дослідженій поверхні покриття не повинно спостерігатися відшарування рис.(2. 1)



Рис.2. 1 Зображення мідного визначення міцності адгезії якісним методом нанесення сітки подряпин

**Метод вигину** заключається у тому що зразки згинали на 90 градусів та випрямляли, після чого оглядали місце згину. Відсутність відшарування свідчить про міцну адгезію.

Додаткова перевірка полягала у визначенні адгезії методом пайки – після осадження покриття його лудили з використання припою ПОС-61 за температури більше 200 °С. Після застигання припою перевіряли міцність адгезії методом вигину – відсутність відшарування від основи свідчила про високу міцність адгезії.


## РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ НАНЕСЕННЯ ГАЛЬВАНІЧНИХ ПОКРИТТІВ НА ТУГОПЛАВКІ МЕТАЛИ

### 3.1 Нанесення мідних покриттів на ніобій та тантал

Для нанесення покриття було вибрано електроліт складу: сульфат міді – 250 г/л, сульфатна кислота – 27 г/л, етанол – 50 мл/л, при різній підготовці металу.

Осадження проводили при густині струму  $i = 2 \text{ А/дм}^2$  при  $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\delta = 12 \text{ мкм}$ .(табл.3.1)

Таблиця 3.1 Зображення мідних покриттів отримані в ході експерименту

Зображення зразків	Шлях отримання покриття
	Перед нанесенням мідного покриття з вище вказаного електроліту та режиму електролізу, ніобієві зразки хімічно протравили в:  HF-2%

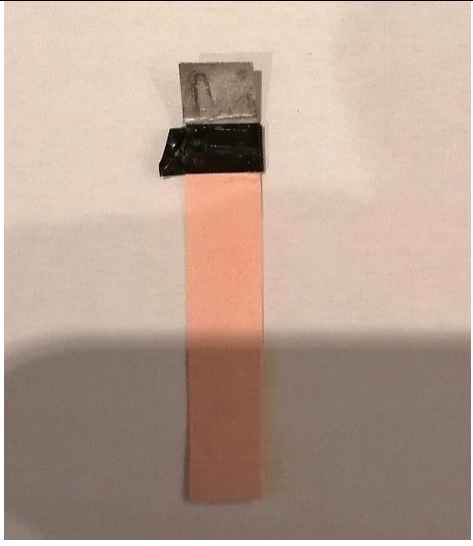

	<p>Перед нанесенням мідного покриття з вище вказаного електроліту та режиму електролізу, ніобієві зразки хімічно протравили в:</p> <p>HF-20%</p>
	<p>Перед нанесенням мідного покриття з вище вказаного електроліту та режиму електролізу, танталові зразки хімічно протравили в:</p> <p>HF-2%</p>



Рис. 3.1 Зображення танталових дротів з покриттям міді

При поляризаційному дослідженні було отримано такі криві:

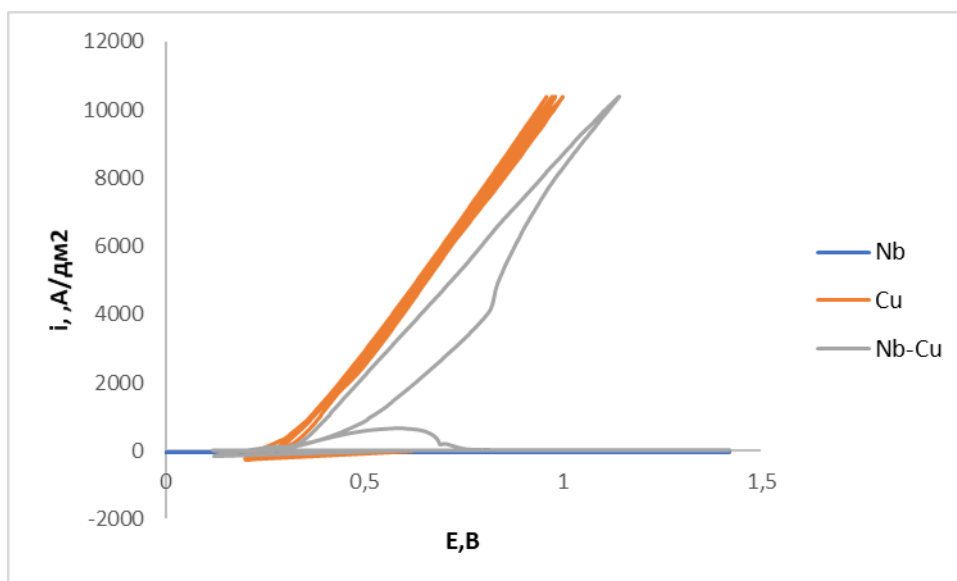


Рис.3.2 Анодні поляризаційні криві, отримані на електроді з ніобію (1), з міді (2) та з ніобію з мідним покриттям (3) в розчині 1Н Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Подібність поляризаційних кривих Cu і Nb-Cu свідчить про високу суцільність та адгезію гальванічних покриттів ;

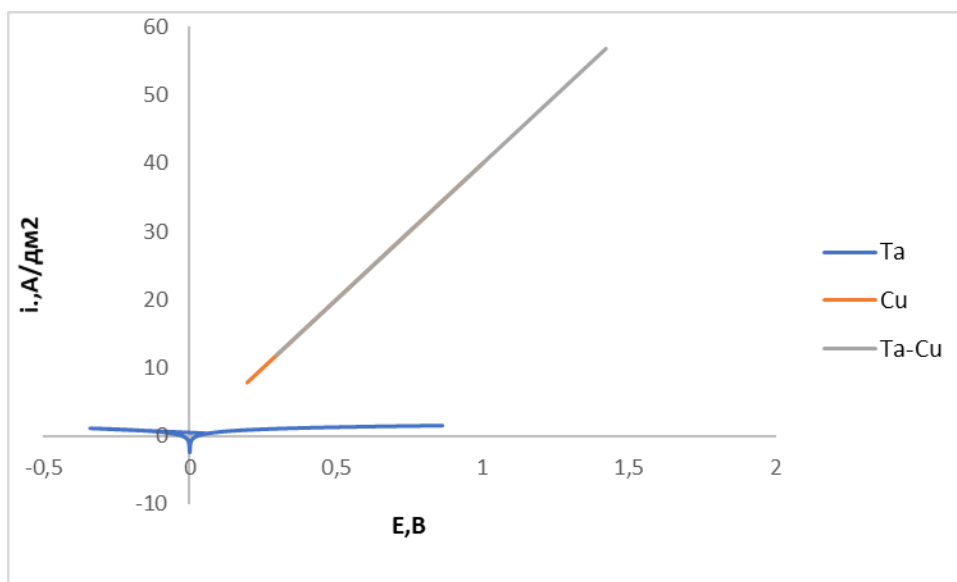


Рис.3.3 Анодні поляризаційні криві, отримані на електроді з танталу (3), з міді (2) та з танталу з мідним покриттям (1) в розчині 1Н Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>



Подібність поляризаційних кривих Ta і Ta-Cu свідчить про високу суцільність та адгезію гальванічних покриттів ;

### 3.2 Нанесення нікелевих покриттів на ніобій та тантал

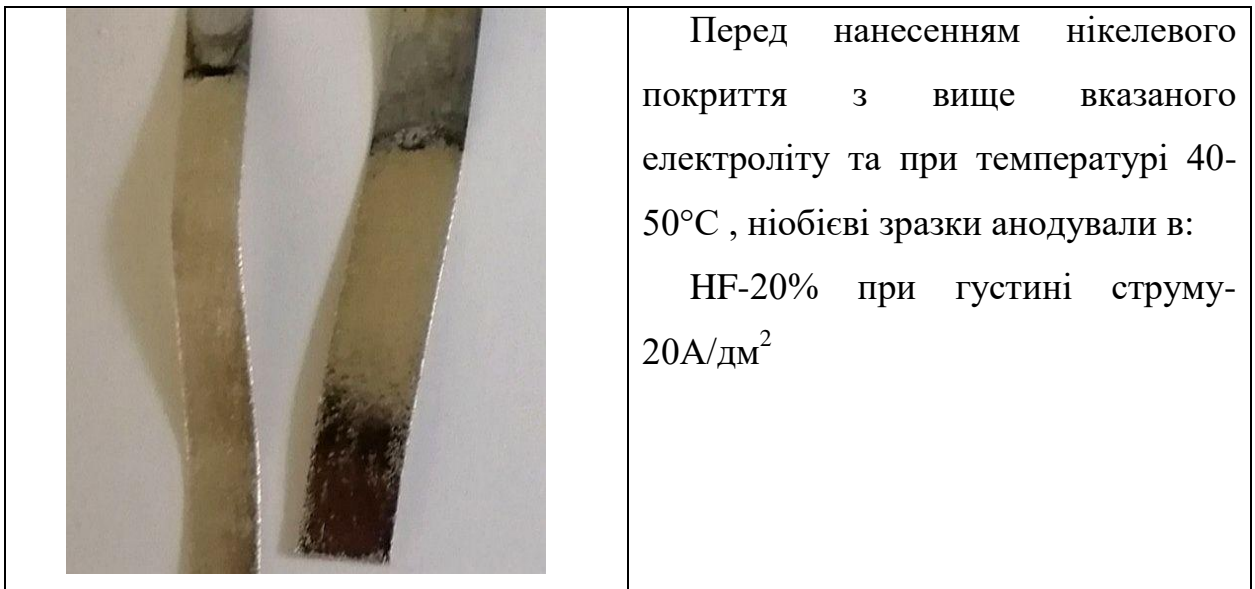
Для нанесення покриття було вибрано електроліт складу: сульфат нікелю – 250 г/л, хлорид нікелю – 60 г/л, борна кислота – 30 мл/л, при різній підготовці металу.

Осадження проводили при густині струму  $i = 2 \text{ А/дм}^2$  при  $t = 40\text{-}50 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\delta = 12 \text{ мкм}$ .(табл.3.2)

Таблиця 3.2 Зображення мідних покриттів отримані в ході експерименту

Зображення зразків	Шлях отримання покриття
	Перед нанесенням нікелевого покриття з вище вказаного електроліту та при температурі 20-25°C , танталові зразки хімічно протравили в: HF-2%
	Перед нанесенням нікелевого покриття з вище вказаного електроліту та при температурі 20-25°C , танталові зразки анодували в: HF-2% при густині струму- $20 \text{ А/дм}^2$

	<p>Перед нанесенням нікелевого покриття з вище вказаного електроліту та при температурі 40-50°C , танталові зразки анодували в:</p> <p>HF-20% при густині струму-20А/дм<sup>2</sup></p>
	<p>Перед нанесенням нікелевого покриття з вище вказаного електроліту та при температурі 20-25°C , ніобієві зразки хімічно протравили в:</p> <p>HF-2%</p>
	<p>Перед нанесенням нікелевого покриття з вище вказаного електроліту та при температурі 20-25°C , ніобієві зразки анодували в:</p> <p>HF-2% при густині струму-20А/дм<sup>2</sup></p>



При поляризаційному дослідженні було отримано такі криві:

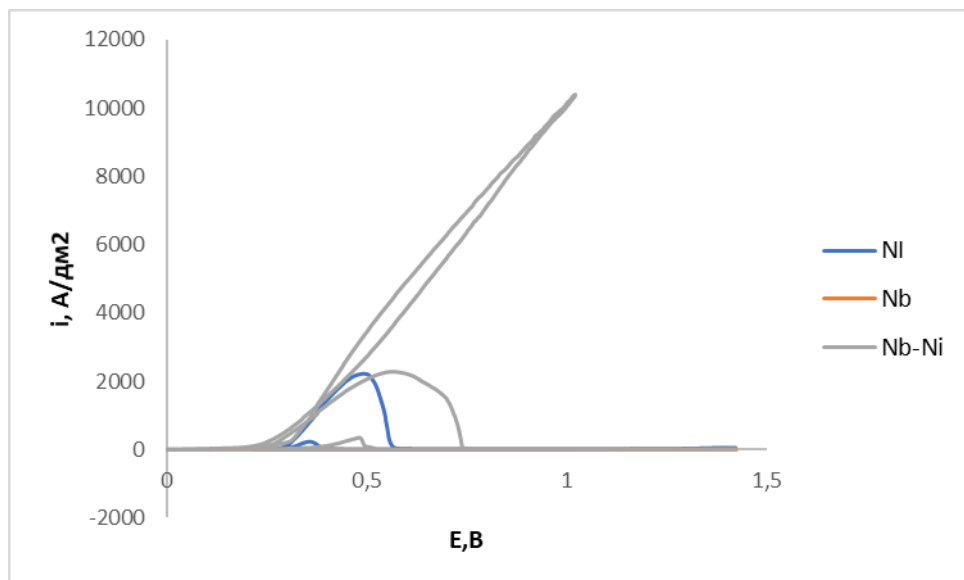


Рис.3.4 Анодні поляризаційні криві, отримані на електроді з ніобію (2), з нікелю (1) та з ніобію з нікелевим покриттям (3) в розчині 1Н Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Зсув поляризаційної кривої Nb-Ni свідчить про низьку адгезію гальванічних покриттів та їх високу пористість.

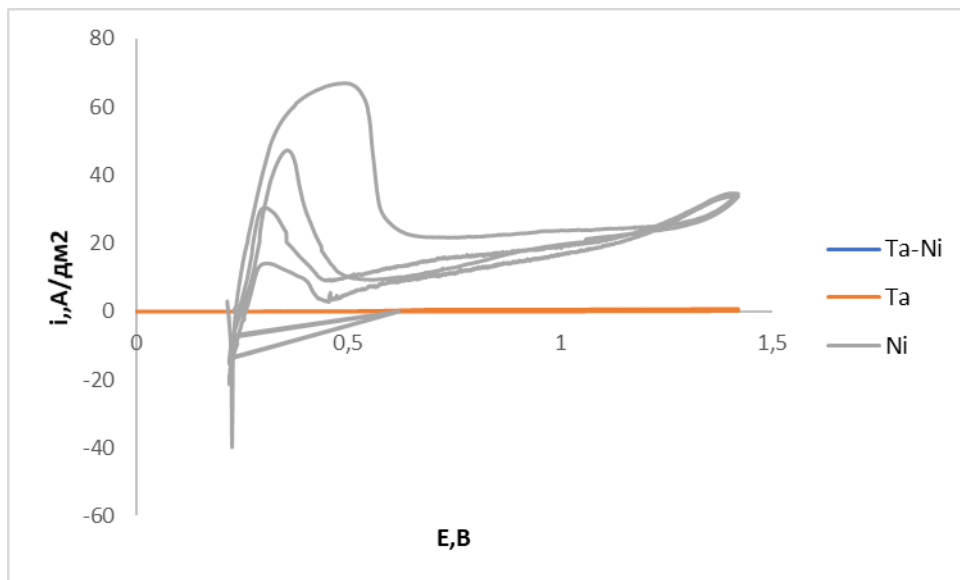


Рис.3.4 Анодні поляризаційні криві, отримані на електроді з танталу (2), з нікелю (3) та з танталу з нікелевим покриттям (1) в розчині 1Н H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Розташування кривої Та-Ні в порівнянні з Та та Ні, свідчить про погану адгезію покриття.

### **Висновок.**

Після проведених досліджень було виявлено що мідне покриття є більш якісним та має міцну адгезію порівняно з нікелевим.

### **3.3 Технологічна схема нанесення гальванічних покриттів на ніобій та тантал**

Таким чином, на підставі виконаних досліджень можна запропонувати наступну технологічну схему нанесення гальванічних покриттів на поверхню ніобію та танталу, використання якої дозволить отримати якісні міцно зчеплені із основою струмопровідні покриття.

І надати у вигляді типових технологічних карт процесів осадження

### 3.3.1 Технологічна схема нанесення мідних покриттів

Таблиця 3.1 – Карта технологічного процесу міднення

№	Операція		Склад розчину і концентрація		Режим			Примітки
	Назва	Зміст	Назва хімічна формула	г/дм <sup>3</sup>	Час обробки, хв	t, °С	i, А / дм <sup>2</sup>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
010	Контроль	Перевірка поверхні 100% деталей			5			Контроль стану поверхні деталей за ГОСТ 9.301-86
020	Монтаж	Змонтувати деталі на підвіску			5-10			
030	Механічна обробка	Абразивна обробка корундовим піском 0,1мм розчині						
040	Хімічне знежирення	Проводять в ванні хімічного знежирення.	Гідроксид натрію Тринатрійфосфат Карбонат натрію	40-50 15-35 15-35	5-15	50		Контроль температури проводять на початку зміни потім через 4 год термометром спиртовим
050	Промивання в теплій воді	Промивають деталі в проточній воді	Вода проточна		2-5	50...60		Застосовують воду по ГОСТ 2874-82 «Вода питна»
060	Травлення хімічне	Проводять травлення в розчині кислоти	HF	198	10-15	18...25		Приготування і коректування електроліту проводити згідно ОСТ 107.460092.0

								01-86
070	Промивання	Промивають деталі в проточній воді	Вода		2-5	18..25		Застосовують воду по ГОСТ 2874-82 «Вода питна»
080	Міднення електрохімічне	Нанесення мідного покриття в електролітичній ванні	CuSO <sub>4</sub> *5H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	250 27 50	29	18..25	2	На початку електролізу застосувати катодний «поштовх» струму в 1,5 рази більше робочого
090	Промивання	Промивають деталі в проточній воді	Вода		2-5	50..60		Застосовують воду по ГОСТ 2874-82 «Вода питна»
100	Висушування	Висушують деталі гарячим повітрям в сушильній шафі			5	70..90		Висушують до повного видалення вологи
110	Демонтаж	Демонтують деталі з пристосування			5			
130	Контроль	Перевірка поверхні 100 % деталей.			6			Контроль стану поверхні деталей за ГОСТ 9.301-86

### 3.3.2 Технологічна схема нанесення нікелевих покриттів

Таблиця 3.2 – Карта технологічного процесу нікелювання

№	Операція		Склад розчину і концентрація		Режим			Примітки
	Назва	Зміст	Назва хімічна формула	г/дм <sup>3</sup>	Час обробки, хв	t, °C	i, А/дм <sup>2</sup>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
010	Контроль	Перевірка поверхні 100% деталей			5			Контроль стану поверхні деталей за ГОСТ 9.301-86
020	Монтаж	Змонтувати деталі на підвіску			5-10			
030	Механічна обробка	Абразивна обробка корундовим піском 0,1мм розчині						
040	Хімічне знежирення	Проводять в ванні хімічного знежирення.	Гідроксид натрію Тринатрійфосфат Карбонат натрію	40-50 15-35 15-35	5-15	50		Контроль температури проводять на початку зміни потім через 4 год термометром спиртовим
050	Промивання в теплій воді	Промивають деталі в проточній воді	Вода проточна		2-5	50...60		Застосовують воду по ГОСТ 2874-82 «Вода питна»
060	Травлення хімічне	Проводять травлення в розчині кислоти	HF	198	10-15	18...25		Приготування і коректування електrolіту проводити згідно ОСТ 107.460092.0 01-86

070	Промивання	Промивають деталі в проточній воді	Вода		0,25 -0,5	18..25		Застосовують воду по ГОСТ 2874-82 «Вода питна»
080	Нікелювання електрохімічне	Нанесення нікелевого покриття в електролітичній ванні	NiSO <sub>4</sub> *7H <sub>2</sub> O, NiCl <sub>2</sub> *6H <sub>2</sub> O H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	250 60 30	27	40..50	2	На початку електролізу застосувати катодний «поштовх» струму в 1,5 рази більше робочого
090	Промивання	Промивають деталі в проточній воді	Вода		2-5	50..60		Застосовують воду по ГОСТ 2874-82 «Вода питна»
100	Висушування	Висушують деталі гарячим повітрям в сушильній шафі			5	70..90		Висушують до повного видалення вологи
110	Термічна обробка	Термічна обробка проводиться в муфельній печі			120	200		Термічна обробка проводиться для збільшення адгезії покриття
120	Активація	Активація проводиться в сульфатній кислоті	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200	0,03	18..25		Приготування і коректування електроліту проводити згідно ОСТ 107.460092.0 01-86
130	Промивання	Промивають деталі в проточній воді	Вода		2-5	18..25		Застосовують воду по ГОСТ 2874-82 «Вода питна»
130	Нікелювання електрохімічне	Нанесення нікелевого покриття в електролітичній ванні	NiSO <sub>4</sub> *7H <sub>2</sub> O, NiCl <sub>2</sub> *6H <sub>2</sub> O H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	250 60 30	27	40..50	2	На початку електролізу застосувати катодний

								«поштовх» струму в 1,5 рази більше робочого
140	Промивання	Промивають деталі в проточній воді	Вода		2-5	50..60		Застосовують воду по ГОСТ 2874-82 «Вода питна»
150	Висушування	Висушують деталі гарячим повітрям в сушильній шафі			5	70..90		Висушують до повного видалення вологи
160	Демонтаж	Демонтують деталі з пристосування			5			
170	Контроль	Перевірка поверхні 100 % деталей.			6			Контроль стану поверхні деталей за ГОСТ 9.301-86

## РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

### 4.1 Вибір і розрахунки обладнання для нанесення гальванічних покриттів

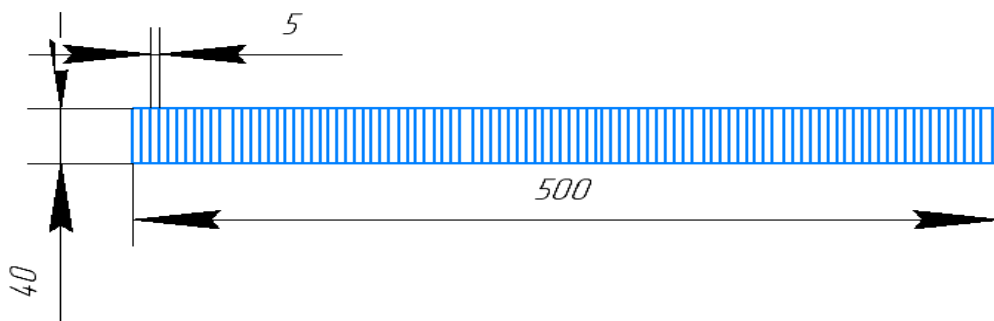


Рис.4.1 Ескіз підвіски

Обробці підлягає танталовий дріт подвійного скручування з товщиною однієї нитки 0,1 мм. Для виготовлення радіоелементів його нарізають відрізки довжиною 60 мм, з яких покриття має бути наявно на частині довжиною 30 мм. Тому доцільно проводити обробку деталей у вигляді намотаного на циліндр довжиною 50 з діаметром 40 мм дроту, відстань між витками має бути 5 мм (рис.4.1).

#### 4.1.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання

Час роботи обладнання, яке проектується, визначається режимом роботи підприємства, технологічною схемою процесу та особливостями технологічного обладнання.

Номінальний річний фонд часу роботи обладнання  $T_n$  при перервному виробництві розраховують з кількості календарних днів у році (365) за вирахуванням вихідних (104) і святкових (11) днів, при п'ятиденному робочому тижні тривалістю 40 год. і однозмінній роботі складає приблизно:

$$T_n = \left( \frac{(T_p - T_{\epsilon} - T_{с\epsilon}) \cdot T_{роб\text{-}год}}{T_{роб\text{-}дн}} \right) \cdot K = \left\{ \frac{(365 - 104 - 11) \cdot 40}{5} - 5 \right\} = 1995 \text{ год}$$

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання  $T_{\partial}(\text{год.})$  визначають, виходячи із  $T_n$  з урахуванням загальних річних витрат часу на неминучі простої обладнання ( $K_{np}$ ), які в гальванічному виробництві можуть складати від 2 до 10%. Приймаємо  $K_{np}=2\%$ , тобто:

$$T_{\partial} = T_n - K_{np} \cdot T_n = 1995 \cdot 0,98 = 1955,1(\text{год})$$

#### 4.1.2 Визначення виробничої програми обладнання

Для визначення річної виробничої програми  $P_p$  річне виробниче завдання  $P_z$  необхідно збільшити на величину виправного браку виробів, який складає зазвичай 0,5...3 % ( $K_{бр} = 0,005$  від  $P_z$  в одиницях, які прийняті для даного виду продукції (квадратні метри площі, штуки, кілограми ваги деталей):

$$P_p = P_z + K_{бр} \cdot P_z \text{ м}^2/\text{рік}$$

$$P_p = 30 + 0,01 \cdot 30 = 30,3 \text{ м}^2/\text{рік.}$$

Добова виробнича програма  $P_{\text{доб}}$  складає:

$$P_{\text{доб}} = \frac{P_p}{T_{\text{доб}}} \text{ м}^2$$

$T_{\text{доб}}$  – кількість робочих діб у календарному році.

$$P_{\text{доб}} = \frac{30,3}{251} = 0,12 \text{ м}^2/\text{день,}$$

Годинна виробнича програма  $P_g$  визначається як:

$$P_g = \frac{P_p}{T_{\partial}} \text{ м}^2/\text{год,}$$

$$P_g = \frac{30,3}{1955,1} = 0,02 \text{ м}^2/\text{год.}$$

#### 4.1.3 Вибір виду обладнання для нанесення гальванічного покриття, розрахунок його кількості та габаритних розмірів

Для розрахунку обладнання необхідно знати:

- річна виробнича програма –  $30,3 \text{ м}^2/\text{рік}$ ;
- товщина нанесеного покриття –  $12 \text{ мкм}$

- час обробки однієї завантажувальної одиниці (підвіска з деталями) з урахуванням часу на завантаження і вивантаження  $\tau$ , хв;
- габаритні розміри «осі» –  $0,1 \times 30$  мм;
- Площа однієї деталі –  $18,84 \cdot 10^{-5}$  дм<sup>2</sup>

Тривалість обробки однієї завантажувальної одиниці:

$$\tau = \tau_m + \tau_{об}$$

де  $\tau_m$  — технологічний час (час обробки деталей у ванні),  $\tau_{об}$  — час обслуговування, необхідного для завантаження деталей у ванну та їх вивантаження, приймають 1...3 хвилини.

$$\tau_m = \frac{12 \cdot 8,93 \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{0,98 \cdot 1,19 \cdot 2} = 27,6.$$

Отже, тривалість обробки однієї завантажувальної одиниці:

$$\tau = \tau_m + \tau_{об} = 27,6 + 2 = 29,6 \text{ (хв)}$$

На основі дійсного річного фонду часу роботи обладнання  $T_d$  та тривалості обробки одного завантаження ванни  $\tau$  визначають кількість оброблюваних завантажень  $n$ :

$$n = \frac{T_d \cdot 60}{\tau \cdot K_{об}}$$

де  $K_{об}$  — коефіцієнт, що враховує затрати часу на початковий запуск обладнання, кінцеве вивантаження з ванни і на допоміжні операції: для роботи в одну зміну  $K_{об}=1,06...1,1$ ; у дві зміни –  $1,03...1,05$ ; у три зміни –  $K_{об}=1,02...1,04$ , прийmemo  $K_{об}=1,1$  тоді:

$$n = \frac{1955,1 \cdot 60}{29,6 \cdot 1,1} = 3\ 603.$$

Тоді разове завантаження усіх ванн  $Y_c$ , м<sup>2</sup>:

$$Y_c = \frac{30,3}{3\ 603} = 0,0084 \text{ м}^2$$

Після цього, у залежності від розмірів деталей, які передбачається обробляти, і нового гальванічного обладнання, встановленого в цеху, розраховують кількість обладнання та його габаритні розміри.

### Перерахунок нового обладнання

Метою цього розрахунку є встановлення можливості виконання річного виробничого завдання на новому обладнанні, визначення величини одночасного завантаження у ванну та необхідної кількості ванн.

Вибираємо ванну з такими розмірами:

$L=700$  мм – довжина ванни;

$B=480$  мм – ширина ванни;

$H=430$  мм – висота ванни;

Виходячи із габаритних розмірів ванни, визначають довжину  $l_n$  та висоту  $h_n$  підвісного пристрою:

$$l_n = l - 2l_1$$

$$l = 0,5 + 2 \cdot 0,1 = 0,7 \text{ м}$$

де  $l$  – внутрішня довжина ванни;  $l_1$  – відстань від краю підвіски до борта ванни (приймають у межах 0,10...0,15 м).

Внутрішня ширина ванни  $B$ , м:

$$B = B_n + 2l_{a-k} + 2B_a + 2B_1,$$

$$B = 0,04 + 2 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,02 + 2 \cdot 0,05 = 0,48 \text{ м}$$

де  $B_n$  – товщина підвіски з деталями;  $l_{a-k}$  – відстань між анодом і ближнім краєм підвіски з деталями, її приймають у межах 0,10...0,25 м;  $B_a$  – товщина анодів (вибирають у додатку 1);  $B_1$  – відстань між анодом і боковою стінкою ванни, її приймають 0,05...0,10 м.

$$h_n = h - h_1 - h_2 - h_3$$

$$h = 2 \cdot 0,04 + 0,15 + 0,05 + 0,1 + 0,05 = 0,43 \text{ м}$$

де  $h$  – внутрішня висота ванни – 1, м;  $h_1$  – відстань від дна ванни до нижнього краю підвіски – 0,15, м;  $h_2$  – відстань від верхнього краю підвіски до дзеркала електроліту (приймають 0,05, м);  $h_3$  – відстань від дзеркала електроліту до верхнього краю ванни – 0,15 м.

Визначають кількість деталей  $n_{\partial}$ , яку можна закріпити на одну підвіску .

$$n_{\partial} = 400 \text{ шт}$$

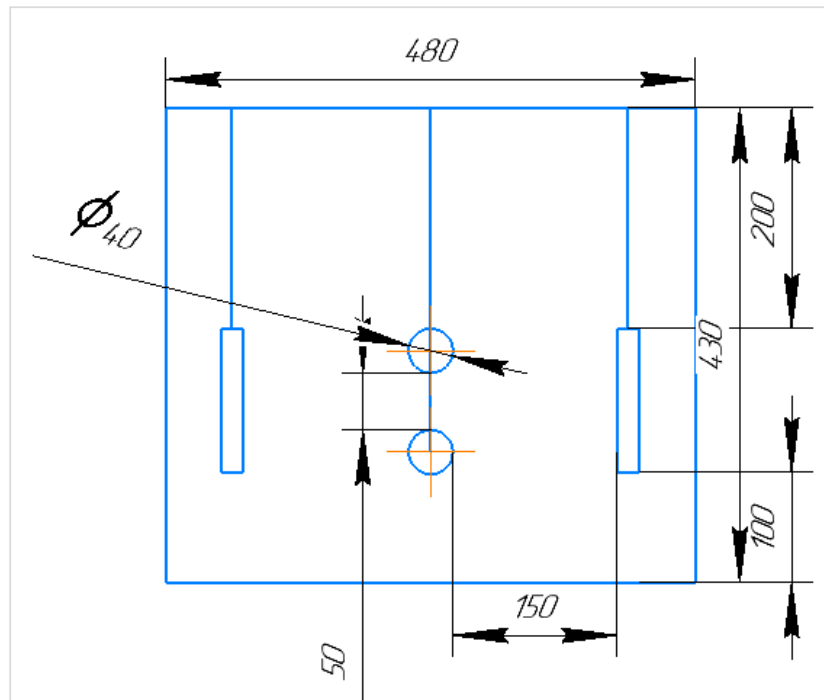


Рис.4.1.Ескіз деталей на підвісці

Розраховують сумарну поверхню деталей  $S_n$ , які завантажують на одну підвіску ( $m^2$ ):

$$S_n = S_{\partial} \cdot n_{\partial}$$

$$S_n = S_{\partial} \cdot n_{\partial} = 18,84 \cdot 10^{-5} \cdot 400 = 0,076 \text{ м}^2$$

де  $S_{\partial}$  – поверхня однієї деталі  $S_{\partial} = 2\pi rh = 2 \cdot 30 \cdot 3,14 \cdot 0,1 = 18,84 \text{ мм}^2$

$n_{\partial}$  – кількість деталей на підвісці 400.

Визначають поверхню одноразового завантаження у ванну  $S_{03}$ ,  $m^2$ :

$$S_{03} = S_n \cdot N_n$$

$$S_{03} = S_n \cdot N_{\partial} = 0,076 \cdot 2 = 0,152 \text{ м}^2$$

де  $N_n$  – кількість підвісок, які одночасно завантажують у ванну. У разі використання підвіски рамкової конструкції для однопозиційної ванни  $N_n = 2$ .

$$n_B = \frac{Y_c}{S_{03}}$$

$$n_B = \frac{Y_c}{S_{03}} = \frac{0,0084}{0,152} = 0,06 \approx 1 \text{ ванна}$$

коли  $n_B$  – дробове число, то його заокруглюють у більший бік.

Виходячи із визначеної кількості ванн, розраховують річну продуктивність вибраного обладнання,  $P_p$  :

$$P_p' = S_{03} \cdot n_B \cdot \frac{T_{\partial} \cdot 60}{\tau \cdot K_{об}}$$

$$P_p' = 0,152 \cdot 1 \cdot \frac{1955,1 \cdot 60}{29,6 \cdot 1,1} = 39,9 \text{ м}^2/\text{рік}$$

та коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_{зав} = \frac{P_p}{P_p'} = \frac{30,3}{39,9} = 0,76.$$

## 4.2 Технологічні розрахунки

### 4.2.1 Баланс струму на гальванічній ванні

Розрахунок сили струму на ванні необхідний для подальшого вибору джерела живлення постійним струмом. Сила струму  $I$ ,  $A$  на однопозиційній ванні визначається як добуток величини технологічної густини струму на катоді  $I_k$ ,  $A/\text{м}^2$  на площу деталей одноразового завантаження  $S_{03}$ ,  $\text{м}^2$ :

$$I = K \cdot i_k \cdot S_{03},$$

де коефіцієнт  $K$  враховує втрати електрики на осадження металу на контактах підвісного пристрою, вибирають його у межах  $K = 1,03 \dots 1,15$ , прийmemo  $K = 1,1$ .

Для розрахунків рекомендується вибирати верхнє допустиме за технологією значення катодної густини струму.

Сила струму на ванні міднення:

$$I = 1,1 \cdot 200 \cdot 0,152 = 33,4 \text{ (A)}$$

На електродах протікають наступні електрохімічні процеси:

на катоді:



на аноді:



Сила струму, яка витрачається на реакції що протікає на катоді:

$$I = \frac{I \cdot \text{Вс}_c}{100}, \text{A.}$$

Витрати струму на основну реакцію:

на катоді:

$$I_1 = \frac{I \cdot \text{Вс}_1}{100} = \frac{33,4 \cdot 100}{100} = 33,4 \text{A,}$$

на аноді:

$$I_2 = \frac{I \cdot \text{Вс}_2}{100} = \frac{33,4 \cdot 100}{100} = 33,4 \text{A.}$$

Результати розрахунків наведено у таблицю 4.1

*Таблиця 4.1 кількості електрики ванни цинкування на одну годину роботи.*

Находження	Q, А·год	%	Витрати	Q, А·год	%
На катоді: Від зовнішнього джерела струму	33,4	100	Виділення Cu	33,4	100
Разом	33,4	100	Разом	33,4	100
На аноді: Від зовнішнього джерела струму	33,4	100	Розчинення Cu	33,4	100
Разом	33,4	100	Разом	33,4	100

## 4.2.2 Баланс напруги на гальванічній ванні

Робоча напруга при заданій густині струму  $U_i$  є однією із основних енергетичних характеристик ванни. Вона визначає мінімальну величину напруги на джерелі струму  $U_{dc}$ , яке обслуговує ванну. Знаючи величину струму і напругу на джерелі струму, визначають електричну потужність, яка витрачається на електродіз [9].

Напруга на ванні  $U$  складається із різниці електродних потенціалів анода і катода під струмом  $E_a - E_k$ , омичного падіння напруги в електродіті  $\Delta U_{ом}$ , у провідниках першого роду (електродах, струмопідводах у ванні, штангах)  $\Delta U_I$  та в контактах  $\Delta U_k$ :

$$U = E_a - E_k + \Delta U_{ом} + \Delta U_I + \Delta U_k.$$

$i_k=200, A/m^2$  – середня катодна густина струму;

$i_a=99 A/m^2$  – середня анодна густина струму

$E_a= +0,35$ – потенціал анода [5];

$E_k= +0,25$ – потенціал катода [5];

Питомий електричний опір електродіту  $\rho_e= 3,6 \cdot 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{м}$  [10];

$l_{a-k} = 0,15 \text{ м}$ – відстань між анодом і краєм підвіски з деталями.

Різниця потенціалів:

$$E_a - E_k = 0,35 - 0,25 = 0,1 \text{ В.}$$

$$i_a = I/S = 33,4 / 0,065 = 513,8 \text{ А/дм}^2$$

$$i_{cp} = \sqrt{2 \cdot 0,51} = 3,19 \text{ А/дм}^2$$

Падіння напруги в електродіті становитиме:

$$\Delta U_{ом} = 1,15 \cdot 320 \cdot 0,15 \cdot 3,6 \cdot 10^{-2} = 1,98 \text{ В.}$$

Тоді напруга на ванні

$$U = (0,35 - 0,25 + 1,98) / 0,9 = 2,3 \text{ (В)}$$

Сума падіння напруги на електродах, провідниках і контактах ванни:

$$\Delta U_I + \Delta U_k = 0,1 \cdot 2,3 = 0,23 \text{ В.}$$

Мінімальна напруга джерела струму:

Баланс напруги на ванні міднення наведено у таблиці

$$4.2 U_{дс}^{min} = 1,1 \cdot 1,98 = 2,08 \text{ В.}$$

Таблиця 4.2 Баланс напруги на ванні міднення

Надходження	U, В	%	Витрати	U, В	%
Напруга на ванні	2,3	100	Різниця потенціалів під струмом $E_a - E_k$	0,1	4,5
			Падіння напруги в електродіті $\Delta U_{ом}$	1,98	90
			Падіння напруги в електродах, контактах і провідниках $\Delta U_1 + \Delta U_k$	0,1,98	6,5
Разом	2,3	100	Разом	6,3	100

#### 4.2.3 Вибір джерела струму для гальванічної ванни

Джерело постійного струму вибирають, виходячи із сили струму і напруги на ванні із урахуванням падіння напруги в шинопроводах. Коли для нанесення гальванічного покриття передбачається використовувати декілька ванн, то для кожної ванни вибирають окремий випрямний агрегат.

Виходячи із сили струму і напруги на ванні, було вибрано джерела постійного струму, серії ТЕ-100/12Т, яке має наступні характеристики:

- номінальна напруга – 12 В;
- номінальний струм – 100 А.

Для вибраного випрямного агрегату визначають коефіцієнт

$$\text{завантаження: } K = \frac{N_{дс}}{N_{пасп}}$$

$$K = \frac{0,24}{1,2} = 0,2.$$

де  $N_{дс}$  – потужність, необхідна для виконання заданої програми,

$$N_{дс} = 2,3 \cdot 33,4 \cdot 10^{-3} = 0,73 \text{ кВт}$$

;

$N_{пасп} = \frac{100 \cdot 12}{1000} = 1,2 \text{ кВт}$  – паспортна потужність вибраного агрегату.

#### 4.2.4 Визначення джоулевої теплоти, складання балансу енергії

Електрична енергія  $W_{заг}$ , яка підводиться до електролізера, перетворюється в хімічну енергію  $W_{хім}$  та в теплову енергію (джоулеву теплоту)  $W_{дж}$

$$W_{заг} = W_{хім} + W_{дж}$$

Визначаємо кількість джоулевої теплоти і складаємо баланс енергії на одну годину роботи ванни міднення при таких умовах: сила струму  $I=33,4\text{А}$ ; напруга на ванні  $U=6,3\text{В}$ ; вихід за струмом для міді  $\eta=100\%$

$$W_{заг} = U \cdot I \cdot \tau \cdot 3600 \cdot 10^{-3} \text{кДж},$$

де  $I$  – струм на ванні, А;

$U$  – напруга на ванні, В;

$\tau$  – час роботи ванни під струмом, год.

Баланс енергії складаємо на одну годину роботи ванни.

$$W_{заг} = 2,3 \cdot 33,4 \cdot 0,46 \cdot 3600 \cdot 10^{-3} = 121,7 \text{кДж}$$

Для гальванічних процесів, які ідуть із розчинними анодами з виходом за струмом на катоді, близьким до 100 %  $W_{заг} \approx W_{дж}$ .

Баланс енергії ванни міднення наведено в таблиці 4.3

Таблиця 4.3 Баланс енергії на ванні міднення

Надходження	кДж	%	Витрати	кДж	%
Електрична енергія від джерела струму	121,7	100	Джоулева теплота	121,7	100
Разом	121,7	100	Разом	121,7	100

#### 4.2.5 Тепловий розрахунок для гальванічних ванн

Під час нанесення гальванічних покриттів виділяється значна кількість джоулевої теплоти, що може призвести до розігріву електродіту за межі допустимої температури. Метою розрахунку є визначення максимально можливої температури, до якої може розігрітися ванна за одну годину роботи. При цьому допускається, що вся джоулева теплота витрачається тільки на розігрів ванни і не втрачається у навколишнє середовище.

Максимально можливу температуру розігріву ванни  $t_k^{\circ}\text{C}$  визначається за формулою:

$$t_k^{\circ} = 20 + \frac{W_{дж}}{V_1 \cdot C_1 \cdot d_1 + C_2 \cdot m_2 + C_3 \cdot m_3},$$

де  $C_1 = 3980 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$  – теплоємність електродіту [11]

$d_1 = 1100 \text{ кг/м}^3$  – густина електродіту [12];

$V_1$  – об'єм електродіту,  $\text{м}^3$ ;

$C_2 = 1700 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$  – теплоємність корпусу ванни [11];

$m_2 = 195 \text{ кг}$  – маса ванни;

$C_3$  – теплоємність анодів;

$m_3$  – маса анодів, кг.

$$V_1 = K_{зап} \cdot V_{вани} = 0,8 \cdot (0,7 \cdot 0,48 \cdot 0,43) = 0,12 \text{ м}^3;$$

де  $K_{зап}$  – коефіцієнт заповнення ванни ( $K_{зап} = 0,8$ );

$$m_3 = \rho_a \cdot V_a$$

Довжина та висота аноду визначається конструкцією ванни. Робоча площа одного аноду складає  $0,6 \text{ м}^2$ , об'єм –  $0,006 \text{ м}^3$ .

$m_3 = 2,02 \text{ кг}$  – маса анодів у ванні;

$C_3 = 394 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$  – теплоємність матеріалу анода;

$$t_k^{\circ} = 20 + \frac{W_{дж}}{V_1 \cdot C_1 \cdot d_1 + C_2 \cdot m_2 + C_3 \cdot m_3 + C_4 \cdot m_4} =$$

$$t_k^{\circ} = 20 + \frac{121,7 \cdot 1000}{(0,09 \cdot 3980 \cdot 1100 + 1700 \cdot 195 + 394 \cdot 2,02)} = 20,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Виходячи з розрахунків, розігрів електроліту практично не відбувається, тому охолодження не потребується.

### 4.3 Розрахунок витрат матеріалів

Розрахунок витрат матеріалів здійснюють з метою визначення річних потреб виробництва у вихідній сировині та матеріалах для нанесення даного виду покриття.

#### 4.3.1 Розрахунок витрат анодів

Розрахунок витрат анодів на початковий запуск обладнання. Витрати розчинних та нерозчинних анодів на запуск обладнання (кг) визначаються за формулою:

$$G_{аз} = n_a \cdot V_a \cdot d_a \cdot n_B,$$

де  $n_a = 2$  – кількість анодних штанг у ванні;

$d_a = 8960 \text{ кг/м}^3$  – густина матеріалу анодів;

$V_a = 0,006$  – об'єм анодів;

$n_B = 1$  – кількість ванн даного типу.

$$G_{аз} = 2 \cdot 0,006 \cdot 8960 \cdot 1 = 107,52 \text{ (кг)}$$

#### Витрати розчинних анодів на виконання річної виробничої програми.

Витрати розчинних анодів  $G_{AP}$ , кг, визначають за формулою:

$$G_{AP} = S A_p \delta_n$$

де  $S = 30,3 \text{ м}^2$  – сумарна площа поверхні нанесеного покриття при виконанні річної програми;  $\delta_n = 12 \text{ мкм}$  – товщина покриття;  $A_p$  – норма витрат розчинних анодів для нанесення покриття товщиною один мікрометр,  $\text{кг/м}^2$ .

Величину  $A_p$  визначають, виходячи із чистої маси покриття, технологічних втрат анодного матеріалу та відходів,  $\text{кг/м}^2$ :

$$A_p = d_m (1 + 0,06) \cdot 10^{-6} = 8960 \cdot (1 + 0,06) \cdot 10^{-6} = 9,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^2,$$

де  $d_m$  – густина металу покриття,  $\text{кг/м}^3$ , тоді:

$$G_{AP} = 30,3 \cdot 9,5 \cdot 10^{-3} \cdot 12 = 3,45 \text{ кг.}$$

### 4.3.2 Розрахунок витрат хімічних реактивів

Витрати хімічних реактивів на початковий запуск обладнання. Витрати кожного компонента електродіту  $G_i$  (кг) визначається за формулою:

$$G_i = C_i \cdot V_B \cdot K_{зан} \cdot n_B,$$

де  $C_i$  – концентрація відповідного компонента електродіту,  $\text{кг/м}^3$ ;

$V_B = 0,144 \text{ м}^3$  об'єм ванни;

$K_{зан} = 0,8$  – коефіцієнт заповнення ванни [9];

$n_B = 1$  – кількість ванн даного типу.

$$C_{CuSO_4 \cdot 5H_2O} = 250 \text{ кг/ м}^3$$

$$C_{H_2SO_4} = 27 \text{ кг/ м}^3$$

$$C_{C_2H_5OH} = 50 \text{ кг/ м}^3$$

$$C_{NaOH} = 40 \text{ кг/ м}^3$$

$$C_{HF} = 198 \text{ кг/ м}^3$$

$$C_{H_2SO_4} = 183 \text{ кг/ м}^3$$

$$G_{1CuSO_4 \cdot 5H_2O} = C_i \cdot V_B \cdot K_{зан} \cdot n_B = 250 \cdot 0,144 \cdot 0,8 \cdot 1 = 28,8 \text{ кг,}$$

$$G_{1H_2SO_4} = 27 \cdot 0,144 \cdot 0,8 \cdot 1 = 3,1 \text{ кг,}$$

$$G_{1C_2H_5OH} = 50 \cdot 0,144 \cdot 0,8 \cdot 1 = 5,8 \text{ кг,}$$

$$G_{1NaOH} = 40 \cdot 0,144 \cdot 0,8 \cdot 1 = 4,6 \text{ кг,}$$

$$G_{1HF} = 198 \cdot 0,144 \cdot 0,8 \cdot 1 = 22,8 \text{ кг}$$

$$G_{1H_2SO_4} = 183 \cdot 0,144 \cdot 0,8 \cdot 1 = 21,1 \text{ кг}$$

Витрати хімічних реактивів на виконання річної виробничої програми. Розрахунок витрат кожного компонента здійснюється за формулою:

$$G_i = C_i \cdot V_{BT}, \text{ кг,}$$

де  $V_{BT}$ ,  $\text{м}^3$  – сумарний об'єм електродіту, який виноситься із ванни при виконанні річної виробничої програми.

Величину  $V_{ПТ}$  можна визначити як:

$$V_{БГ} = 1,15 \cdot S \cdot A_e,$$

де  $S$  – сумарна поверхня деталей, яка обробляється за рік;

$1,15$  – враховує площу занурюваної частини підвісок;

$A_e$  – норма витрат електродіту, який виноситься з деталями.

$$V_{ем} = 1,15 \cdot 30,3 \cdot 0,1 = 3,5 \text{ дм}^3,$$

$$G_{2CuSO_4 \cdot 5H_2O} = 250 \cdot 0,0035 = 0,875 \text{ кг},$$

$$G_{2H_2SO_4} = 27 \cdot 0,0035 = 0,0945 \text{ кг},$$

$$G_{2C_2H_5OH} = 50 \cdot 0,0035 = 0,175 \text{ кг},$$

$$G_{1NaOH} = 40 \cdot 0,0035 = 0,14 \text{ кг},$$

$$G_{1HF} = 198 \cdot 0,0035 = 0,69 \text{ кг},$$

$$G_{1H_2SO_4} = 183 \cdot 0,0035 = 0,64 \text{ кг}$$

Сумарні витрати реактивів:

$$G = G_1 + G_2,$$

$$G_{CuSO_4 \cdot 5H_2O} = 28,8 + 0,875 = 29,68 \text{ кг},$$

$$G_{H_2SO_4} = 3,1 + 0,0945 = 3,2 \text{ кг},$$

$$G_{C_2H_5OH} = 5,8 + 0,175 = 5,98 \text{ кг},$$

$$G_{1NaOH} = 4,6 + 0,14 = 0,644 \text{ кг},$$

$$G_{1HF} = 22,8 + 0,69 = 15,73 \text{ кг},$$

$$G_{1H_2SO_4} = 21,1 + 0,64 = 13,5 \text{ кг}$$

**Розрахунок витрат води.** При виконанні річної виробничої програми вода витрачається на приготування електродітів та розчинів, на розкладання внаслідок електролізу, на випарування з поверхні електродіту, на промивні операції.

**Витрати води на приготування електродіту.** Такі витрати  $G'_{H_2O}$  (кг) визначаються за формулою:

$$G'_{H_2O} = C_{H_2O} \cdot V_{зас},$$

де  $C_{H_2O}$  – вміст води в одному  $1 \text{ м}^3$  електродіту,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$V_{зас}$  – сумарні витрати електродіту на виконання річної виробничої програми,  $\text{м}^3$ .

Величину  $C_{H_2O}$  можна визначити за формулою:

$$C_{H_2O} = d_{\text{ел}} - (C_1 + C_2 + \dots + C_n),$$

де  $d_{\text{ел}}$  – густина електродіту [11];

$C_1, C_2, \dots, C_n$  – вміст компонентів в електродітві,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

$$C_{CuSO_4 \cdot 5H_2O} = 250 \text{ кг}/\text{м}^3$$

$$C_{H_2SO_4} = 27 \text{ кг}/\text{м}^3$$

$$C_{C_2H_5OH} = 50 \text{ кг}/\text{м}^3$$

$$C_{H_2O} = 1100 - (250 + 27 + 50) = 773 \text{ кг}/\text{м}^3$$

Сумарні витрати електродіту знаходять за формулою:

$$V_{зас} = V_B \cdot K_{зан} \cdot n_B + V_{BT},$$

де  $V_B$  – об'єм ванни;

$K_{зан} = 0,8$  – коефіцієнт заповнення ванни;

$n_B = 1$  – кількість ванн даного типу;

$V_{BT}$  – об'єм електродіту, винесеного деталями.

$$V_{зас} = 0,144 \cdot 0,8 \cdot 1 + 0,0035 = 0,12 \text{ м}^3$$

Тоді:

$$G'_{H_2O} = 773 \cdot 0,12 = 92,8 \text{ кг}.$$

### **Витрати води на винесення з газами**

Витрати на винесення води із газами визначаються за формулою:

$$G'''_{H_2O} = C'_{H_2O} \cdot V_r^t.$$

де  $C'_{H_2O}$  – вміст води, який виноситься із ванни одним  $\text{м}^3$  газів,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $V_r^t$  – загальний об'єм вологого газу, який виділяється за температури електродізу,  $\text{м}^3$ . Величину  $C'_{H_2O}$  визначають як:

$$C'_{H_2O} = 0,805 \frac{P_{H_2O}}{P_6 - P_{H_2O}} = 0,805 \frac{118,06}{760 - 118,06} = 0,148 \text{ кг}/\text{м}^3$$

де  $P_6=760$  мм рт.ст. – загальний тиск парогазової суміші;  $P_{H_2O} = 118,06$  мм рт.ст. парціальний тиск парів води за температури  $20$  °С. Для визначення величини  $V_r^t$  спочатку визначають об'єм водню, приведений до нормальних умов:

$$V_{H_2}^0 = 0,418 \cdot V_c \cdot 10^{-5} \cdot I \cdot T_d = 0,418 \cdot 10^{-5} \cdot 33,4 \cdot 1955,1 = 2,7 \text{ м}^3$$

Об'єм вологого газу за температури електролізу:

$$V_r^t = \frac{V_{H_2}^0 \cdot 760 \cdot (273 + T_{\text{ел}})}{273 \cdot (P_6 - P_{H_2O})} = \frac{2,7 \cdot 760 \cdot (273 + 20)}{273 \cdot (760 - P_{118,06 H_2O})} = 3,4 \text{ м}^3$$

де  $t_{\text{ел}}$  — температура електролізу.

$$G_{H_2O}''' = 3,4 \cdot 0,148 = 0,5 \text{ кг.}$$

**Витрати води на випаровування з поверхні електродіту.** Такі витрати води  $C_{H_2O}^{IV}$  (кг), розраховують за формулою:

$$C_{H_2O}^{IV} = \frac{45,6 \cdot K_B \cdot S_e \cdot (P_{H_2O} - P_n) \cdot T_d \cdot n_B}{P_6},$$

де  $45,6$  – коефіцієнт пропорційності,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$ ;

$K_B = 0,56$  – коефіцієнт, величина якого залежить від швидкості руху повітря над дзеркалом електродіту;

$S_e = 0,34 \text{ м}^2$  – поверхня дзеркала електродіту;

$n_B = 1$  – кількість ванн даного типу;

$P_n$  – парціальний тиск водяної пари за температури та вологості навколишнього середовища,  $\text{Па}$ .

Величину  $P_n$  визначають за формулою:

$$P_n = \frac{P_S \cdot \phi}{100},$$

де  $P_S = 2337 \text{ Па}$  – тиск насиченої водяної пари за температури навколишнього середовища повітря;

$\phi = 70 \%$  – вологість повітря в умовах цеху.

$$P_n = \frac{2337 \cdot 70}{100} = 1636 \text{ Па,}$$

тоді:

$$C^{IV} = \frac{45,6 \cdot K_a \cdot T_d \cdot S_e \cdot (P_{H_2O} - P_n) \cdot n_b}{P_b} = \frac{45,6 \cdot 0,56 \cdot 1962,9 \cdot 0,34 \cdot (118,06 - 76,74) \cdot 1}{760} = 936,57 \text{ кг}$$

**Витрати води на промивні операції.** У технологічному процесі підготовки поверхні і нанесення гальванічного покриття недостатнє промивання деталей може бути причиною поганого зчеплення покриття з основним металом, появою на покритті плям та інших видів браку. З іншого боку, екологічні та економічні проблеми вимагають раціонального використання водних ресурсів.

Витрати води на промивні операції залежить від кількості ступенів промивки [14].

При одноступеневій промивці способом занурювання погодинні витрати води складають:

$$V_{год} = A_e \cdot K \cdot P_r,$$

де:  $A_e = 0,1$  — норма виносу розчину з ванни поверхнею деталей;

$P_r = 0,015 \text{ м}^2/\text{год}$  — годинна програма ванни;  $K$  - критерій остаточної промивки деталей:

$$K = \frac{C_0}{C_k},$$

де:  $C_0$  — концентрація основного компонента в ванні;  $C_k$  — гранично допустима концентрація основного компонента у воді після промивки.

$$V_{сум} = V_{год} \cdot T_d \cdot 1,5,$$

де, 1,5 - коефіцієнт який враховує падіння тиску води у водопроводі.

Витрати води на промивні операції після цинкування.

Концентрація основного компоненту ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) — 250 г/л.

Гранично допустима концентрація основного компонента – 0,002 г/л.

$$K = \frac{C_0}{C_k} = \frac{250}{0,002} = 125000,$$

$$V_{год} = 0,1 \cdot 125000 \cdot 0,015 = 1875 \text{ л/год},$$

Загальні витрати води на промивку при виконанні річної виробничої програми, при  $T_d = 1955,1$  год:

$$V_{\text{сум}} = 1875 \cdot 10^{-3} \cdot 1955,1 \cdot 1,5 = 3665,8 \text{ м}^3$$

#### **4.3.3 Витрати води на промивні операції після знежирення**

Концентрація основного компоненту (NaOH) — 40 г/л

Гранично допустима концентрація основного компонента у воді після промивання, для ванн знежирення: 0,8 г/л.

$$K = \frac{C_0}{C_k} = \frac{40}{0,8} = 50$$

$$V_{\text{год}} = 0,1 \cdot 50 \cdot 0,015 = 0,075 (\text{л/год})$$

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{год}} \cdot T_d \cdot 1,5 = 0,075 \cdot 1955,1 \cdot 1,5 = 0,219 (\text{м}^3)$$

#### **Витрати води на промивні операції після травлення**

Концентрація основного компоненту (HF) — 198 г/л.

Гранично допустима концентрація основного компонента у воді після промивання, для ванн травлення: 0,1 г/л.

$$K = \frac{C_0}{C_k} = \frac{198}{0,1} = 1980$$

$$V_{\text{год}} = 0,1 \cdot 1980 \cdot 0,015 = 2,97 (\text{л/год})$$

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{год}} \cdot T_d \cdot 1,5 = 2,97 \cdot 1955,1 \cdot 1,5 = 8,7 (\text{м}^3)$$

#### **Витрати води на промивні операції активації**

Концентрація основного компоненту ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) — 183 г/л.

$$K = \frac{C_0}{C_k} = \frac{183}{0,01} = 18300$$

$$V_{\text{год}} = 0,1 \cdot 18300 \cdot 0,015 = 27,45 (\text{л/год})$$

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{год}} \cdot T_d \cdot 1,5 = 27,45 \cdot 1955,1 \cdot 1,5 = 80,5 (\text{м}^3)$$

Всього на промивні операції витрачається води (витрати води на знежирення збільшуються вдвічі через наявність промивки після хімічного )

$$V=3665,8+02,19+8,7+80,5=5\ 590,1\ (m^3)$$

## **РОЗДІЛ 5. АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ І КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ**

Автоматизація займає вагомe місце в хімічній промисловості, атже лінії які автоматизовані гарантують вищу продуктивність обладнання, а також :

1) менша витрата ручної праці, яка важлива в робочому середовищі у шкідливих умовах;

2) щоб отримати якісне покриття необхідно дотримуватись точного регламенту технологічного процесу;

Налагодження автоматичної лінії пов'язано з параметрами:

- сила струму та напруга на ванні ;
- температура;
- рН електроліту;
- рівень електроліту в ванні.

Отже, в автоматичній лінії гальванічні ванни оснащені пристроями та датчиками для того щоб контролювати та регулювати параметри, які зазначені вище.

### **2.1. Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації**

На підставі аналізу особливостей технологічного процесу нанесення гальванічного мідного покриття, його апаратурного оформлення та норм технологічного режиму необхідно забезпечити такий рівень автоматизації виробництва:

- контроль температури електроліту;
- контроль та регулювання рівню електроліту у ванні;
- контролю та регулювання рН електроліту у ванні;
- контроль напруги та сили струму на ванні.

Параметри контролю та регулювання виробництва наведено у табл.5.1.

Таблиця 5.1. Параметри регулювання та контролю процесу нанесення захисного мідного покриття

№ п /п	Назва стадії процесу, місце заміру параметру	Назва параметру, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	Стадія нанесення струмопровідного мідного покриття, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	Температура	18...25 °С	Контроль регулювання
2	Стадія міднення, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	Рівень	0,38 м	Контроль
3	Стадія міднення, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	pH	4,5...5,5	Контроль, регулювання
4	Ванна для нанесення мідного покриття	Сила струму та напруга	33,4 А, 6,3 В	Контроль

## 5.2. Опис розробленої схеми автоматизації

Для контролю температури в гальванічній ванні на стадії міднення використовується термоперетворювач опору (поз. 1-1) та автоматичний показувальний та реєструвальний вторинний прилад (1-2).

Для контролю та регулювання pH електроліту розроблено контур 2, в якому використовується первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент pH-метра) (2-1), автоматичний показувальний та реєструвальний прилад (2-3), регулятор мікропроцесорний (2-4), механізм виконавчий електродвигунний однообертний (2-5). Корекція за рівнем електроліту у ванні здійснюється за допомогою рівнеміра буйкового з електричним вихідним сигналом (5-1).

Для контролю рівня в баку з електролітом використовують контур 3. Цей контур містить в собі рівнемір буйковий з електричним вихідним

сигналом (3-1), автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (3-2).

Для контролю сили струму на гальванічній ванні міднення використовують контур 4. Цей контур містить агрегат випрямний для гальванічних ванн (4.1) та пульт дистанційного керування для випрямного агрегату (4.2).

Для контролю рівня електроліту в ванні розроблено контур 5, що містить рівнемір буйковий з електричним вихідним сигналом (5-1).

Завдання яке поставлене, щодо автоматизації регулювання вимірювання, параметрів, а саме: температури (18...25 °C), рівня, рН (4,5...5,5) вирішилось завдяки складанню схеми автоматизації, що являє собою важливий технічний документ який визначає функціональну структуру окремих вузлів автоматичного контролю, керування і регулювання технологічного процесу та оснащення об'єкта керування технічними засобами автоматизації.

## РОЗІЛ 6. ОЦІНКА РИНКОВИХ ПЕРСПЕКТИВ ПРОЕКТУ

### 6.1 Загальна характеристика розробки

**Об'єкт дослідження:** танталовий дріт, покритий струмопровідним мідним покриттям.

**Суб'єкт замовлення:** виробники електрорадіоелементів для отримання конденсаторів.

**Код ВЕД-2012:25.61** Дана діяльність належить до секція С «Переробна промисловість», розділу 25 «Виробництво готових металевих виробів, крім машин і устаткування», групи 25.6 «Оброблення металів та нанесення покриття на метали; механічне оброблення металевих виробів», класу 25.61 «Оброблення металів та нанесення покриття на метали».

**Місце розробки у інноваційному ланцюжку цінності:** етап вдосконалення виробництва.

**Плановий обсяг випуску продукції:** за перший рік реалізації планується випустити 30 м<sup>2</sup> танталового дроту покритим струмопровідним покриттям.

**Споживач:** основними споживачами танталових виводів покритих струмопровідним, мідним шаром є підприємства електропромисловості. Код ВЕД-8532:10.00.00

**Конкурентні переваги:** проведений аналіз ринку збуту показав, що стартап-проект є конкурентоспроможним на ринку надання даного спектру послуг, оскільки ідея покриття танталу струмопровідним, мідним шаром є інноваційною, тому користуватиметься високим попитом. Нижче приведена (Рис. 6.1) діаграма Шонфільда для визначення ключових факторів успіху проекту. Дані за даним методом представлені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Оцінка характеристики за методом Шонфільда

Характеристика	Коефіцієнт вагомості характеристики	Оцінка характеристик		
		Наша продукція	Конкурент А (ТМ TopMetal)	Конкурент Б (ТМ Anoplate)
Ціна, грн	0.3	5	4	2
Якість покриття	0.3	4	3	5
Здатність до пайки	0.4	5	3	4

З урахуванням коефіцієнту вагомості характеристики визначаємо бальну оцінку кожної характеристики нашої продукції і для конкурентів (таблиця 6.2).

Таблиця 6.2 – Бальна оцінка кожної характеристики

Характеристика	Оцінка характеристик		
	Наша продукція	Конкурент А	Конкурент Б
Ціна	$0,3 \times 5 = 1,5$	$0,3 \times 4 = 1,2$	$0,3 \times 2 = 0,6$
Якість покриття	$0,3 \times 4 = 1,2$	$0,3 \times 3 = 0,9$	$0,3 \times 5 = 1,5$
Здатність до пайки	$0,4 \times 5 = 2$	$0,4 \times 3 = 1,2$	$0,4 \times 4 = 1,6$

На підставі отриманих бальних значень будемо графік (рисунок 6.1) – порівняння конкурентних переваг нашого засобу з конкурентами.

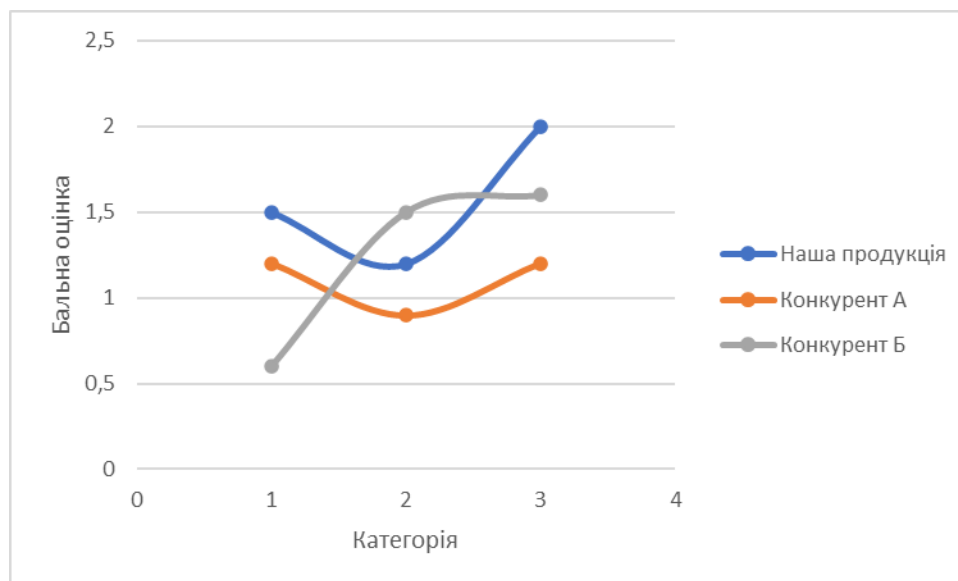


Рисунок 6.1 — Порівняння конкурентних переваг підприємства з іншими

Відповідно до отриманих результатів фактором перевагою засобу нашого підприємства є якісне гальванічне покриття, що гарно піддається пайки, яке зумовлене правильно підібраним технологічним процесом. Також перевагою є ціна, оскільки для виготовлення використовується простий і дешевий електродит.

## 6.2 Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу

*Зовнішнє середовище* являє собою оточення, в якому діє організація, і складається головним чином з учасників ринкових відносин. Від їх поведінки, цільових установок та інтересів більшою чи меншою мірою залежать добробут і ефективність бізнесу. Аналіз зовнішнього середовища дозволяє визначити і зрозуміти можливості і загрози, які можуть з'явитися на будь-якому етапі розвитку бізнесу, а також розробити стратегічні альтернативи.

Таблиця 6.3 - Аналіз зовнішнього середовища

Фактори зовнішнього середовища		Загрози	Можливості
<i>Економіка</i>	Збільшення Оподаткування (на поточний момент не підлягає оподаткуванню)	Зменшення чистого прибутку	За рахунок під'їг розширювати виробництво

Продовження таблиці 6.3

	Скорочення доходів споживачів до меж при яких закривають електровиробництво	Уповільнення розвитку галузі Вимушене скорочення об'єму послуг, що надається	Пошук нових ринків
	Збільшення інфляції більш ніж на 40%	Зменшення чистого прибутку	Розвиток бізнесу, його модернізації
<i>Культура</i>	Рівень вихованості й освіченості людей	Небажання персоналу навчатися, як наслідок вимушений пошук співробітників за кордоном, й слідувати культурній поведінці в роботі	Узгодженість та послідовність дій персоналу, його зацікавленість у роботі
<i>Політика</i>	Нестабільність фінансово-кредитної політики України	Нестабільність курсу національної валюти впливає на собівартість	Можливість переходу на іноземну валюту Пошук ринків збуту за кордоном.
	Нестабільна ситуація на сході та півдні країни	Зменшення рівня довіри до компанії, що знаходиться в нестабільній країні	Розширення ринку всередині країни
<i>Науково-технічний прогрес</i>	Впровадження нових технологій	Потреба в пошуку нових джерел інвестицій Неможливість впровадження нових технологій без незначної реконструкції підприємства	Створення здорового конкурентного середовища. Удосконалення системи стимулювання працівників для підвищення їх працездатності
<i>Демографія</i>	Кількість потенційних робітників	Зменшення випуску кваліфікованих кадрів	Підвищення стандартів праці на підприємстві для залучення нових співробітників
<i>Географія</i>	Зручності місця розташування	Неможливість зручного перевезення сировини і готової продукції	Можливість розташування підприємства поблизу транспортних розв'язок.

Насьогодні для запуску такого виробництва сприяють майже усі умови,

за виключенням нестабільності національної валюти та політичної ситуації. Фактор нестабільності нац. валюти легко уникається переходом на іноземну валюту. А при подальшій дестабілізації політичної ситуації можна обрати іншу країну для будівництва.

*Внутрішнє середовище підприємства* визначає технічні та організаційні умови роботи підприємства та є результатом управлінських рішень.

Інформація про внутрішнє середовище необхідна для того, щоб визначити внутрішні можливості, потенціал, на які підприємство може розраховувати в конкурентній боротьбі для досягнення поставлених цілей.

Таблиця 6.3 - Аналіз внутрішнього середовища стартапу

Фактори внутрішнього середовища	Можливості	Загрози
Посередники	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Можливість руху в сторону більш привабливих стратегічних груп;</li> <li>→ Обслуговування додаткових груп споживачів;</li> <li>- Забезпечення постійної якості роботи;</li> <li>- Імідж підприємства обслуговування, який впливає на вибір клієнта, що купляє його товар</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Збільшення собівартості товару (до 10%) за рахунок івпраці з фірмами-посередниками</li> </ul>
Постачальники	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Виникнення нового обладнання, технологій</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Виникнення труднощів при укладанні договорів із постачальниками;</li> <li>- Подорожчання сировини більш ніж на 10%</li> </ul>
Конкуренти	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Підвищення якості надання послуг, пропозиція нових комплексних рішень;</li> <li>- Вихід на нові ринки</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Висока репутація конкурентів на ринку, як наслідок зниження попиту;</li> <li>- Уповільнення росту ринку</li> </ul>
Споживачі	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Розширення виробництва для задоволення потреб більш широкого кола споживачів, наприклад охоплення ринку гаджетів (смартфони, ноутбуки, планшети) (КВЕД2012:26.20)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Зміни в потребах споживачів;</li> <li>- Ціально-політична нестабільність</li> </ul>

Таблиця 6.4 - Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
	Проект являється першопрохідцем на ринку	Компанія буде шукати нових споживачів, так і забирати уже існуючих (у таких компаній як «Селток-Юкрейн-Електронік», «Кузнецкий завод конденсаторов».	Компанія не буде копіювати характеристики товару конкурентів.	Стратегія заняття конкурентної ніші.

Таблиця 6.5 - Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять виявлення конкурентних проектів значущим)
1	Гнучкість	Можливе подальше удосконалення продукції та методів виготовлення
2	Інноваційна розробка	Можливість втілення нових конструкторських ідей за рахунок зменшення розміру апарату
3	Репутація виробника	Кількість позитивних відгуків про компанію сприятиме продажам
4	Унікальність позиціонування	Важливим у веденні конкурентної боротьби, є створення та підтримання унікального позиціонування

Розробка анкети для споживачів з метою їх бачення запропонованої інновації

Основою діяльності є потреби клієнта. Перевірити ці потреби можливо тільки через самого клієнта. Для цього проводимо маркетингові дослідження методом опитування для з'ясування бачення споживачем потреби у нашій послугі, здійснити уточнення і отримати пропозиції

споживача щодо покращення потреби. Питання сформовані таким чином, щоб клієнти не здогадувались про суть ідеї.

Таблиця 6.6 - Формування питань для перевірки потреб шляхом аналітичної роботи споживачів, та визначення потреб споживача

Категорія споживачів	Питання для перевірки потреб	Потреби споживача
Виготовлення конденсаторів постійної ємності ВЕД-8532:10.00.00	→ Який річний випуск продукції заплановано на 2020 рік? → Яка ціна у порівнянні з конкурентами? → Які переваги струмопровідного покриття виробництва в порівнянні з аналогами?	Закупівля якісної продукції (гантадових виводів з струмопровідним покриттям), для отримання конденсаторів з високою здатністю до пайки, що забезпечує гарний контакт в пристрої.

### 6.3 Розрахунок ціни інноваційної пропозиції на ринку

Цінова політика стартап-проекту являє собою загальні принципи та підходи в діяльності, яких дотримуються при встановленні цін на свої товари або послуги. Основним завданням цінової політики є управління конкурентоспроможністю товару і послуг фірми, при цьому ціна являє собою головний фактор рентабельності і покликана стимулювати попит. З урахуванням цього необхідно враховувати як зовнішні обмеження, які визначаються купівельною спроможністю ринку і ціною товарів-конкурентів, так і внутрішні, які визначаються витратами і рентабельністю.

Проведемо розрахунки ціни інноваційної пропозиції на ринку за різними методами. Для розрахунку розміру амортизаційних відрахувань необхідно розрахувати розмір основних фондів стартапу (наведені у Табл. 6.7).

#### 6.3.2 Вартість основних фондів стартапу

Таблиця 6.7 - Кошторисно-фінансовий розрахунок вартості придбання споруд та монтажу нового обладнання	ОФ	Вартість одиниці обладнання, грн/од					Всього на обладнання, грн	Норма амортизації, %	Всього суми амортизаційних відрахувань, грн/рік
		Кількість одиниць	Ціна, грн/од	Транспортно-заготівельні витрати 1% від ціни, грн	Витрати на монтаж обладнання, 10%	Інші витрати, 5%			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Промислова ванна	2	40 000	400	4000	2000	46400	15	6960	
Сушильна шафа	1	15000	150	1500	750	17400	15	2610	
Муфельна піч	1	10000	100	1000	5000	11600	10	1610	
лабораторне обладнання		100000	1000	10000	5000	116000	4	4640	
	<b>Разом</b>					<b>191400</b>			
Малоцінне та швидкозношуване обладнання та інструменти, 10 %						19140			
Витрати на придбання виробничого інвентарю, 2 %						3828			
Споруди						4 000 000	5	200 000	
Нематеріальні активи						100000	10 <sup>2</sup>	100 000	
<b>Всього</b>						<b>4 314 368</b>		<b>315 820</b>	

## 6.4 Вартість оборотних засобів стартапу

Таблиця 6.8 - Розрахунок вартості сировини

Група ОбФ	Назва	Норма витрат на рік	Ціна	Джерело фінансів
Сировина і матеріали	<b>Сировина</b>			
	Вода	89,75 м <sup>3</sup>	10.9 грн./м <sup>3</sup>	Прибуток, отриманий від попереднього виду діяльності
	<b>Матеріали</b>			
	CuSO <sub>4</sub> *5H <sub>2</sub> O	29,7 кг	100 грн./кг	Прибуток, отриманий від попереднього виду діяльності
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3,2 кг	50 грн/кг	
	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	5,98 кг	250 грн/кг	
	HF	20 кг	45 грн/кг	
NaOH	5 кг	60 грн/кг		
Танталовий дріт	30 м <sup>2</sup>	33 000 м <sup>2</sup>		
<b>Всього</b>		<b>996 803,275</b>		
Електроенергія		550 кВт	2.09 грн./кВт	Дохід від реалізації продукту
<b>Всього</b>		<b>1 149,5</b>		
<b>Всього</b>		<b>997 952,775</b>		

Графік роботи підприємства, графік змінності Понеділок –  
п'ятниця: 8.00 – 16.00

Графік змінності. До складу бригади входить 1 гальваніка, 1 головний технолог, 2 лаборанта, 1 вантажники, 1 електрики, 1 слюсар-ремонтник, 1 прибирадниця

Таблиця 6.9 -Графік змінності

Дні																					
Пра											Ч										
ц.	н	т	р	т	т	б	д	н	т	р	т	т	б	д	н	т	р	т	т	б	
Бри	1	1	1	1	1	В	В	1	1	1	1	1	В	В	1	1	1	1	1	1	В
г. 1																					

Посади, кількість працівників та їх зарплатню наводжу в Табл 6.12

Таблиця 6.10 - Заробітна плата працівників

Посада	Кількість	Зарплатня за місяць на одного працівника, грн	Зарплатня, грн/рік
Технолог	1	15000	180 000
Гальванік	1	12000	144 000
лаборант	2	9000	108 000
Електрик	1	7000	84 000
Слюсар-ремонтник	1	7000	84 000
Ванажник	1	7000	84 000
Прибирадниця	1	6000	72 000
Всього			756 000

$$\Sigma\text{ФОП}=756\,000 \cdot 1,22=922\,320\text{грн}$$

Ціна на ринку мідного покриття на танталовий дріт ( $1\text{ м}^2$ ) ~60 000 грн.

Випуск продукції  $30\text{ м}^2$  – 1 500 000 виводів (для 1 конденсатора потрібно 3 виводи) танталового дроту за рік. Даний стартап передбачає використання простої технології нанесення, яка передбачає малу затрату електроенергії та матеріалів.

Таблиця 6.11 - Техніко-економічні показники

<i>Показник</i>	<i>Позначення</i>	<i>Формула</i>	<i>Значення</i>
Собівартість, грн/рік	С	$A + Об.3$	1 313 772,775
Ринкова ціна, грн/м <sup>2</sup>	Ц	-	60 000
Прибуток, грн/рік	П	$Ц - С$	486 227,225
Капіталовкладення, грн	К	$ОФ + Об.3$	5 312 320,775
Рентабельність продукту, %	Р	$П/С \cdot 100$	37
Коефіцієнт економічної ефективності	Е	$П/К$	0,9
Термін повернення капіталовкладень, років	Т	$К/П$	10,9

Аналізуючи отримані дані, дійшли висновку, що вартість мідного покриття на танталовий дріт становитиме 60000грн/м<sup>2</sup>.

## **РОЗДІЛ 7. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА, ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД**

### **Розділ 7. Екологічна безпека гальванічного виробництва, очищення стічних вод**

Стічні води, що утворюються при нанесенні гальванічних покриттів та при застосуванні інших видів хімічної та електрохімічної обробки металів – небезпечне джерело забруднення навколишнього середовища, оскільки містять шкідливі домішки важких металів, неорганічних кислот та лугів, ПАР та інші токсичні хімічні продукти.

У розробленому технологічному процесі виробництва конденсаторів на струмопровідній основі найбільше забруднює навколишнє середовище мідь.

#### **7.1 Методи очищення стічних вод**

Усі забруднення, виходячи з фазового стану речовини в розчині, розділяють на чотири групи:

- суспензії у вигляді дрібнодисперсних суспензій та емульсій;
- колоїди та високомолекулярні сполуки;
- органічні речовини, розчинені у воді;
- солі, кислоти, основи, розчинені у воді.

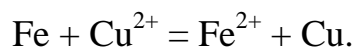
Існують свої методи очищення стічних вод для кожної з групи. Їх розділяють на чотири групи за механізмом процесів:

- механічні (відстоювання, фільтрація, центрифугування), ці методи не змінюють ні хімічного, ні фазового стану речовин і використовуються для виділення дисперсних домішок;
- хімічні (або реагентні), приводять до зміни хімічного складу домішок унаслідок реакцій, що являють собою осадження та кристалізацію домішок, нейтралізацію, окисно-відновлювальну або каталітичну обробку розчинів;

- фізико-хімічні (сорбційні, електрохімічні, мембранні та температурні методи), при виділенні домішок фізико-хімічними методами можлива зміна як хімічного складу, так і фазового стану домішок;
- біологічні, базуються на цілеспрямованому використанні мікроорганізмів тваринного та рослинного світу для знешкодження небажаних домішок у воді.

## 7.2 Очищення стічних вод після основного гальванічного міднення

Аби повернути назад у виробництво мідь, що змивається разом зі стічними водами використовують досить простий та зручний метод її вилучення із розчинів – контактне відновлення (цементация) на поверхні заліза. Виділення міді відбувається в вигляді металевого порошку, а у розчин переходять іони заліза. Реакція контактного виділення міді:



Після процесу цементации розчин насичується іонами міді та заліза на співвідношення яких впливає тривалість реакції. Розчин нейтралізують лужним реагентом і утворюється об'ємний осад гідроксидів міді та заліза. Осад, що утворився, сильно зневоднений, тому його важко відокремити від рідкої фази та в подальшому його не використовують. Оскільки осад контактує з поверхневими і ґрунтовими водами та значно забруднює їх, його в одну стадію переводять в нерозчинний у воді ферит заліза з високою намагнічуваністю. Мідь – метал, що за своїми основними фізико-хімічними властивостями близький до заліза, тому при відповідних концентраціях та аналогічних умовах, виконують синтез фериту міді ( $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ ) при мольному відношенні міді до заліза 1 : 2. При їх співоосаженні лугом досягається тісна взаємодія частинок, яка значно прискорює створення кристалічної структури фериту міді при подальшому окисленні Fe (II) в (III) киснем повітря. Оскільки розчин у своєму складі має майже однакове мольне співвідношення

іонів міді та заліза (II), то аби одержати ферит міді у розчині необхідно додати сульфат заліза (II) 10% у кількості, що забезпечить мольне співвідношення міді та заліза, як 1:2.

Щоб отримати осад із мінімальним об'ємом та значними феромагнітними та седиментаційними властивостями при мінімальних залишкових концентраціях заліза та міді, необхідно створити відповідні умови: температура вище 333 К, рН = 9,0-12. Процес феритоутворення можна прискорити більше, ніж в два рази якщо додати у розчин кристали  $\text{CuFeO}_4$  в кількості 0,05 г/л.

Далі осад охолоджують та промивають дистильованою водою, відокремлюють фільтруванням та проводять аналіз із метою визначення структури та подальшого використання.

Проектом передбачено створення відповідних умов утворення фериту міді в процесі очищення кислото-лужних стоків, які містять мідь, із метою його подальшого використання.

Кислі стоки, які містять мідь, надходять у збірний бак, звідки подаються у цементатор, який заповнений залізною стружкою. Мідь виділяється у вигляді металевого порошку, а розчин збагачується іонами заліза (II). Розчин зливають у ректор, як тільки співвідношення іонів заліза та міді у розчині перевищить значення, необхідне для проходження процесу. Цементатор заповнюють водою та шляхом барботування повітря мідь відокремлюють від стружки. Потім вода та мідь зливається в центрифугу. Після зневоднення мідь спрямовують на підприємства по переробці кольорових металів.

У реакторі відбувається утворення феромагнітної суміші. Осад, що утворився, відокремлюється від стічних вод у відстійнику, відділяється від розчину та поступає на подальшу переробку.

Вода із відстійника проходить трьохступеневе очищення. На механічному фільтрі 1 відбувається вилучення заліза, на вугільному фільтрі

відбувається сорбція залишкових домішок, на механічному фільтрі 3 видаляється вугільний пил. Очищена від феромагнітних часток вода, подається на мембрану зворотнього осмосу, де повністю очищається. У результаті отримується демінералізована вода, що повертається у виробництво. На рисунку 7.1 представлено схему очищення стічних вод.

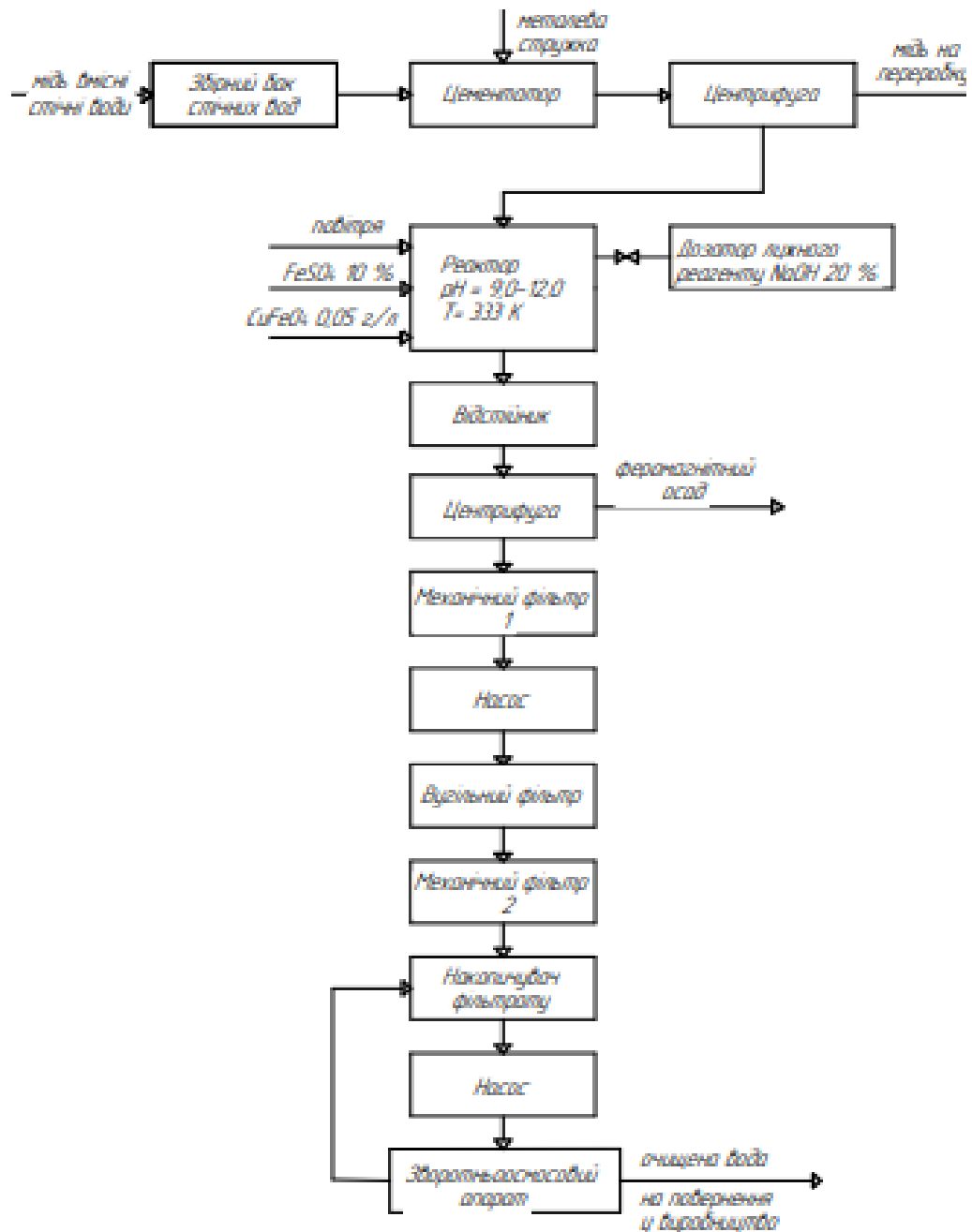


Рисунок 7.1 Схема очистки стічних вод

## **8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

У гальванічному процесі використовують шкідливі, пожежо- і вибухонебезпечні речовини та матеріали, використовується електрична й механічна енергії. Небажаними виробничими факторами є шум і вібрації, які викликані роботою внутрішньоцехового обладнання.

проектні рішення прийнято з урахуванням сучасних вимог охорони праці. На основі аналізу шкідливих і небезпечних факторів розроблено заходи щодо оптимізації умов праці та пожежної безпеки.

### **8.1 Охорона праці**

#### **8.1.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектуваному об'єкті. Заходи з охорони праці**

##### **8.1.1.1 Повітря робочої зони**

У цеху, що проектується, роботи відносяться до категорії Пб. Для даної категорії робіт, згідно ДСН 3.3.6.042-99, встановлені оптимальні умови в робочій зоні.

В гальванічному цеху передбачено механічну припливну і місцеву витяжну вентиляцію. Мінімальна кратність повітрообміну не менше 5.

повітряний баланс для цеху гальванічного цинкування:

$$цБ = L_{п} - L_{в}$$

де  $L_{п}$  й  $L_{в}$  – припливний і видалений відповідно вентиляційний повітрообмін, від'ємний, тому що витяжка на 10-15% перевищує приплив повітря.

Таблиця 8.1 - Оптимальні значення температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень.

період року	Категорія роботи	Температура, °С				Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с		
		допустима				оптимальна	допустима на робочих місцях постійних і тимчасових	Оптимальна, не більш	допустима на робочих місцях постійних і тимчасових	
		Верхня межа		Нижня межа						
		На робочих місцях								
постійних	Непостійних	постійних	Непостійних							
Холодний	Середньої тяжкості - П	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	До 0,4
Теплий		20-22	27	29	15	15	40-60 (при 25°С)	70	0,3	0,2-0,5

Хіміко-гальванічна лінія має ванни, як з концентрованими розчинами, так і з промивками. В цеху вдаштовано загальну витяжку з верхніх зон приміщення й загальний приплив, розраховані таким чином, щоб не допустити концентрації парів, газів й отрутих виділень вище ГДК.

Для зниження виділення шкідливих речовин у повітрі робочої зони передбачено наступні заходи:

- приготування і коректування розчинів ванн здійснюється при увімкненій місцевій вентиляції в спеціальному приміщенні;
- заміна за можливістю шкідливих і горючих речовин менш токсичними, негорючими матеріалами, наприклад, ціаністий електродит цинкування замінюємо на хлор-амонійний;
- для запобігання потрапляння на підлогу розчинів проміжки між ваннами закриваються козирками;

- доставка електродів до ванн здійснюється у закритих баках чи відрах, які закриті кришками;
- дотримання обраних режимів роботи ванн.

Таблиця 8.2 - Санітарні норми параметрів мікроклімату

Ванна цинкування	Ванна хімічного та електротрохімічного знежирення	1	Назва виробничої ділянки, лабораторії, установки
$H_2SO_4$ Випаровування з поверх по електродліту	NaOH Випаровування з поверх по розчину	2	Шкідливі речовини, що виділяються. Причини їх виділення
подразнюючі, вражає верхні дихальні шляхи.	подразнюючі, при попаданні на шкіру, слизові оболонки, очі, утворюються сильні хімічні опіки	3	Група шкідливої речовини. Характеристика шкідливого впливу
5	2	4	Група шкідливої речовини у повітрі шкідливої зони, м/мг
2	2	5	Клас небезпечності шкідливої речовини
Респіратор, халат для захисту одягу, гумові рукавиці, тісно прилягаючі захисні окуляри	Захисні окуляри, гумові рукавиці, прорезинений хімічностійкий одяг	6	Засоби індивідуального захисту
Шкіру та слизові промити водою, викликати швидку допомогу.	промити великою кількістю води, потім слабким розчином оцтової кислоти (5%-им)	7	Засоби доікарської допомоги
УГ - 2	ХГА «АГАТ»	8	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони
IV	IV	9	Клас виробництва згідно СН-245-71
3б	3а	10	Санітарна група технологічного процесу згідно СНп 2.09.04-87

Ванна блакитної пасивації	HF Випаровування	подразнює верхні дихальні шляхи.	5	2	Респіратор, халат для захисту одягу, гумові рукавиці, захисні окуляри	Викликати швидку допомогу. Очі і шкіру промити водою протягом 15-20 хв.	ГХ-4	IV	3а
---------------------------	---------------------	----------------------------------	---	---	-----------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------	------	----	----

### Розрахунок місцевої механічної вентиляції

Метою розрахунку є визначення кількості повітря з шкідливими домішками, що видаляються двосторонніми бортовими відсмоктувачами від ванни знежирення і міднення. Розміри ванни:  $a = 0,7$  м,  $b = 0,48$  м.

Об'ємну витрату повітря, що видаляється через бортові відсмоктувачі, розраховуємо за формулою:

$$L_{отс} = 3600 \cdot a \cdot b \cdot K_3 \cdot K_t \cdot \sqrt{(t_p - t_n) \cdot n \cdot b^3}, \text{ м}^3 / \text{год}$$

де  $a$  - довжина ванни (0,7 м);

$b$  - ширина ванни (0,48 м);

$t_p$  - температура розчину;

$t_n$  - температура навколишнього середовища;

$K_3$  - коефіцієнт запасу (1,5);

$K_t = \left(1 + \frac{b}{8 \cdot a}\right)^2$  - коефіцієнт запасу для двохстороннього бортового

відсмоктувача;

$b$  - безрозмірна характеристика (1/15 для двохстороннього бортового відсмоктувача);

$n$  - кількість прямих кутів між границями потоку повітря ( $n = 3$  для вільного розташування ванн).

Таблиця 8.3- Коефіцієнти і результати розрахунків витрат повітря

процес	$t_p, ^\circ \text{C}$	$t_n, ^\circ \text{C}$	$K_t$	Кількість ванн, шт	$L_{отс}, \text{ м}^3/\text{Год}$
Знежирення (NaOH)	70	22	1,18	1	8543,9
Міднення	20	19	1,18	1	1233,2
Сумарно					9777,1

Розрахуємо втрати тиску у трубопроводах:

$$P = \sum (R \cdot l + Z), \text{кг/м}^2,$$

$$R = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{v^2 \cdot \gamma}{2g} - \text{опір одного погонного метру трубопроводу.}$$

Для трубопроводу діаметром 630 мм, та швидкості руху повітря 1,5 м/с значення  $R = 0,005 \text{ кг/м}^2$

Довжина витяжного трубопроводу складає 20м.

Втрати на місцевих опорах

$$Z = \sum \xi \frac{v^2 \cdot \gamma}{2g}, \text{кг/м}^2.$$

Місцеві опори:

1. витяжна шахта з зонтом  $\xi = 1,9$  при  $h/d = 0,25$ ;
2. коліна з закругленими кромками  $\xi = 0,3$  при  $r/d_e = 0,3; \alpha = 90^\circ$ ;
3. дросельний клапан  $\xi = 118$  при  $\alpha = 90^\circ$ ;
4. відбір з колектору  $\xi = 0,5$ ;
5. фільтр  $\xi = 148$ .

$$Z = 37,06 \text{ кг/м}^2$$

$$P = \sum (0,005 \cdot 25 + 36,74) = 37,99, \text{кг/м}^2.$$

Згідно з витрат повітря та втрат тиску вибрано вентилятор Ц4-70 №5 А4095 2а. потужність на валу 3 кВт, частота обертів 1500 об/хв.

Двигун А02-31-6 комплектується разом з вентилятором.

### 8.1.1.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28:2018, роботи за зоровими умовами відповідають у гальванічному цеху IVб розряду.

У виробничому приміщенні використовується природне, штучне і суміщене освітлення. Для штучного освітлення проектного цеху використовуються люмінесцентні лампи: лД, лДЦ. Це газорозрядні лампи низького тиску, що мають термін 1000 годин. Для місцевого штучного

освітлення використовуються світильники місцевого стаціонарного освітлення з лампами розжарювання. В таблиці 5.4 приведені норми і фактичні значення освітленості і КЕО.

Таблиця 8.4 - Норми освітленості і КЕО

Розряд і під-розряд зорової роботи	Освітленість, лк		КЕО, %	
	Штучне		природне.	Суміщене
	Комбіноване	Загальне	Верхнє і бічне	Верхнє і бічне
IVб	200	50	4 і 1,5	2,4 і 0,9

Освітленість  $E_f = 200$  лк, що відповідає вимогам.

Для загального освітлення цеху, відповідно до галузевих норм, використовуються газорозрядні лампи низького тиску типу ЛДЦ або ЛБ, які застосовуються для освітлення приміщення з розрядами робіт II-IV й VII. Тип світильників для приміщень з невеликою зацідненістю і невисокою вологістю ОДА з суцільним відзеркалювачем. Вид виконання – нормальне.

Світильники аварійного освітлення приєднані до автономної мережі живлення. Для аварійного освітлення застосовуються лампи розжарювання і люмінесцентні типу ЛДЦ. Найменша освітленість робочих поверхонь при аварійному освітленні складає не менше 2 лк за всією площею. Для аварійного освітлення використовуються люмінесцентні лампи і лампи розжарювання, які приєднані до незалежного джерела живлення.

Контроль освітлення проводиться після заміни світильників люксметром Ю-116 - один раз на рік і після кожного ремонту освітлювальних установок.

### 8.1.1.3 Виробничий шум і вібрація

Джерелами струму в проектованому цеху є система вентиляції та електродвигуни. Згідно ДСН 3.3.6.039-99, допустимі рівні вібрацій становлять: середньо геометричні і граничні (в дужках) частоти октавних смуг в Гц – 2 (1,4-2,8); 4 (2,8-5,6); 8 (5,6-11,2); 16 (11,2-22,4); 31,5 (22,4-45); 63 (45-90). Середньоквадратичне значення коливань в дБА відносно 5·10<sup>-5</sup> мм/с (мм/с) становить: 107 (11,2); 100 (5); 92 (2); 92 (2).

Рівень звукового тиску в даному виробництві становить 76-78 дБА, що, згідно ДСН 3.3.6.037-99, відповідає нормі (80 дБА).

Згідно ГОСТ 12.1.029-80, зниження шуму досягається такими способами: ізоляцією джерел шуму засобами звукоізоляції і звукопоглинання (перегородки і кожухи, що перешкоджають поширенню шуму);

використанням засобів індивідуального захисту ( навушники, заглушки для вух та ін.)

зменшенням шуму в джерелі їхнього утворення - мінімальні допуски, ретельне балансування, демпфування вібрацій деталей, які співударяються;

архітектурно-планувальними рішеннями, що передбачають раціональне розміщення технологічного устаткування, механізмів, а саме: відстань від стіни до устаткування з робочої сторони лінії 1.5 м, з неробочої 1.2-1.5 м, площа виробничого приміщення на одного працюючого не менш 4.5 м, мінімальна висота приміщень 5 м (для нижнього поверху), при цьому площа приміщення зайнята лінією цинкування не перевищує 25 % загальної площі гальванічного цеху.

акустичною обробкою приміщень, а саме застосуванням звукопоглинальних пористих матеріалів;

У проектуваному цеху для виміру рівня шуму й контролю рівня вібрацій застосовують прилад ВШВ-003.

Для захисту рук від впливу локальної вібрації згідно, ГОСТ 12.4.002-74, застосовують рукавиці із спеціальними віброзахисними або вкладишами, що демпфірують

### **Електробезпека**

Гальванічний цех відноситься до категорії приміщень з підвищеною небезпекою дії струму на людину.

До основних причин ураження електричним струмом можна віднести: випадковий дотик до струмопровідних частин, які опинились під напругою в результаті пошкодження ізоляції; дотик інструментом і предметами, що мають малий опір, до ізоляції, до струмопровідних частин, а також до неметалевих частин електроустановок, які виявились під напругою через заводські дефекти в конструкції.

Живлення електроустаткування здійснюється від трифазної чотирьохпровідної електричної мережі змінного струму, напругою 380/220 В, частотою 50 Гц із глухозаземленою нейтраллю.

Сила струму, що проходить через людину, при однофазному дотику в електроланцюзі:

$$I_{\text{д}} = U_{\text{ф}} / (R_{\text{д}} + R_0), \text{ мА};$$

де  $U_{\text{ф}}$  — 220 – фазна напруга,

$R_{\text{д}} = 3000$  – загальний опір тіла людини, Ом;

$R_0 = 4$  – опір робочого заземлення нейтралі, Ом.

$$I_{\text{д}} = 220 / (3000 + 4) = 73 \cdot 10^{-3} \text{ А} = 73 \text{ мА}$$

Відповідно до ГОСТ 12.1.038-82 у нормальному режимі роботи електроустаткування  $I = 0,3$  мА,  $U = 2$  В, а при аварійному режимі  $I = 6$  мА,  $U = 36$  В.

Напруга дотику:

$$U_{\text{д}} = I_{\text{д}} \cdot R_{\text{д}}, \text{ В}$$

$$U_{\text{д}} = 73 \cdot 10^{-3} \cdot 3000 = 219 \text{ В}$$

Отже, при порушенні вимог ПБЕ на виробництві можливі електротравми з важкими наслідками.

Електроустаткування є вибухозахисне або закритого типу. Струмоведачі частини ванн ізолювані й захищені кожухами. Основний захист від ураження електричним струмом - це ізоляція проводів ( $R_{\text{из}} = 0.5 \text{ МОм}$ ).

Для захисту від ураження електричним струмом у випадку переходу фазної напруги на металоконструкції устаткування, металеві конструктивні частини електромереж установки зануляються.

Ванни обладнані сигнальними лампочками: для попередження про подачу напруги на ванну - червона, про зняття напруги з ванни - зелена.

Для захисту людей від ураження електричним струмом передбачено наступні заходи:

- захисне відключення електроустановок;
- ізоляція струмопровідних частин;
- захисні засоби для виробничого персоналу (діелектричні рукавички, гумові килимки, інструменти з ізолюючими ручками);
- контроль і профілактика ушкоджень ізоляції;
- регулярне проведення інструктажу.

## **8.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

### **8.2.1 Безпека технологічного процесу і обслуговування устаткування**

при обслуговуванні ванн знежирення і гарячого промивання особливо небезпечною може бути висока температура розчину. при експлуатації можливі наступні відхилення від нормального протікання процесів: потрапляння гарячого розчину на дерев'яний міст; одержання термічних опіків працівником; одержання забитих місць від можливого обвалу барабану при його демонтажу. Можливе одержання травм від машини, причиною яких може бути необережне поводження з автооператорною лінією де є відкриті обертові частини. Аварійний стан може виникнути у випадку відмови автоматики. Існує небезпека отримання хімічних опіків внаслідок розливу кислот чи лугів.

На підставі результатів аналізу потенційно небезпечних технологічних процесів і устаткування, проектом передбачаються чинники, що забезпечують безпечні і здорові умови праці. Вони припускають усунення

безпосереднього контакту працюючих зі шкідливими речовинами. Це досягається дистанційним керуванням процесами, застосуванням засобів механізації на стадіях вивантаження, завантаження і транспортування вихідних матеріалів, проміжних продуктів і готової продукції.

Проектом передбачені ефективні методи і засоби для захисту працюючих від травмування в небезпечних зонах. До них відносяться: огорожувальні пристрої, що перешкоджають проходженню людини в небезпечну зону; прилади, що сигналізують і подають інформацію про роботу технологічного устаткування, про зміни протягом процесу, попереджають про небезпеки і повідомляють, про місце їхнього знаходження і при необхідності автоматично відключають аварійні ділянки; швидкість руху транспортних засобів у цеху не більше 5 км/ч; всі вантажопідйомні механізми мають піддаватися періодичним оглядам і технічному огляду; в цеху розміщені попереджувальні плакати для інформування працюючих про можливі небезпеки і першу медичну допомогу .

### **8.2.2 Пожежна безпека**

Основними причинами пожеж в цеху є: коротке замикання механічні пошкодження електроустаткування і електропроводка. Коротке замикання може виникати внаслідок пошкодження ізоляції, вплив на провідники хімічно активних речовин.

Для гасіння виникаючої пожежі передбачено водогінну мережу, обладнану у вигляді системи стоків, на яких установлені пожежні крани. У цеху є вогнегасники рідинні і вуглекислі ГОСТ 7276-77. Для пожежного зв'язку і сигналізації передбачені сповіщувачі типу цК і ГА і телефонний зв'язок. Цех обладнаний пожежоохоронною сигналізацією та одиночним стрижньовим бдискавковідводом.

Причинами пожежі від електричних машин і мереж служить поява теплової і іскрової дії електричного струму.

Основними причинами короткого замикання є пошкодження ізоляції проводів, попадання на неізольовані дроти струмопровідних предметів, дія на дроти хімічно активних речовин. До заходів попередження перевантажень і короткого замикання в електричних мережах відносять застосування плавких запобіжників і спеціальних автоматів, включених в мережу послідовно. при нещільних контактах в місцях з'єднання електропроводки, а також при окисленні місць з'єднання виникає перехідний опір, що приводить до місцевих нагрівів і пожеж. попередженням перегріву проводів від перехідних опорів досягається збільшенням площі опору контактів, застосуванням пружних контактів.

Нижче в таблиці 4.1 приведені показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин і матеріалів.

Таблиця 8.5 - показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин і матеріалів

Ізоляція	поміст	Гальванічна ванна		Назва дільниці	показники пожежо- та вибухонебезпечності			Межа за-па-лення		Вибухонебезпечні суміші з повітрям		
		Дерево, гума	Вінілпласт		Речовини, що мають обіг у виробництві ГОСТ	Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання	% об'ємних	мг/м <sup>3</sup>	Категорія	Група
Текстоліт	Дерево, гума	Н <sub>2</sub>	Вінілпласт	Речовини, що мають обіг у виробництві ГОСТ	Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання	% об'ємних	мг/м <sup>3</sup>	Категорія	Група	
Тв.	Тв.	Газ	Тв.	Агрегатний стан речовини в нормальних умовах	Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання	% об'ємних	мг/м <sup>3</sup>	Категорія	Група	
Важкогорюча	Горюча	легкогорюча	Важкозаймисті	Горючість, займистість	Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання	% об'ємних	мг/м <sup>3</sup>	Категорія	Група	
—	170	132	—	—	—	580	580	—	—	—	—	
3	400	324	580	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	400	57,5	580	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	47,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	45–82,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	2с	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	Т1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
рідинні, вуглекислий.	Вода	Інертний газ	Вода, ціна	Вогнегасні засоби	Вода	Інертний газ	Вода, ціна	Вогнегасні засоби	Категорія приміщення за ЗНТп 24–86	Клас приміщення і зовнішніх установок згідно з ДУЕ	вдаштуванню блискавкозахисту	
В	В	В	В	Категорія приміщення за ЗНТп 24–86	В	02	2Б	Клас приміщення і зовнішніх установок згідно з ДУЕ	вдаштуванню блискавкозахисту	В	02	2Б

Встановлюється охоронно-пожежна сигналізація автономного типу. Кабелі високої напруги проведені в броньованих оболонках. перед початком електролізу трубопроводи (подачі і відведення електроліту) будуть продуваючи повітрям з перевіркою результатів продувки.

### 8.2.3 Аналіз безпеки об'єкту

Згідно з положенням «про план локалізації і ліквідації надзвичайних ситуацій», лабораторія відноситься до категорії «А».

при виконанні науково - дослідної роботи може виникнути пожежа при роботі з електрообладнанням, внаслідок короткого замикання.

при виникненні пожежі передбачено діяти за наступним планом: подати сигнал пожежної тривоги - сирена; викликати пожежну допомогу за номером «101»; почати пожежогасіння усіма підручними засобами - вогнегасник, пісок, вода; організувати перенесення в безпечне місце горючих матеріалів.

при виході з ладу витяжної системи в робочу зону може потрапити пара сульфатної і плавикової кислот. В цьому випадку слід припинити роботу з токсичними речовинами та провітрити приміщення.

Оцінка надійності захисту робітників об'єкта з використанням захисних споруд за місткістю та за захисними властивостями

Таблиця 8.3.1 — Характеристики захисних споруд

Тип, номер захисної споруди	площа приміщень, м <sup>2</sup>				Висота приміщень	Аварійний вихід
	людей	Допоміжні				
		санітарним постом	ФВц, санвузди	Для продуктів		
Сховище 1	52	12	4	10	2,4	є

Наявність основних і допоміжних приміщень:

Сховище 1 відповідає нормам.

Розрахункова місткість захисних споруд за площею:

На одну людину передбачена площа 0,5 м<sup>2</sup> при висоті приміщення 2,4 м.

$$M_1 = \frac{52 \cdot 2}{0,5} = 100 \text{ ос.}$$

де  $2 \text{ м}^2$  виділено на санвузли.

Розрахункова місткість за об'ємом приміщень: На одну людину передбачений об'єм  $1,5 \text{ м}^3$

$$M_o = \frac{(S_{\text{пр}} + S_{\text{д}}) \cdot h}{1,5} = \frac{(52 + 4 + 12 + 10) \cdot 2,4}{1,5} = 125 \text{ ос.}$$

Коефіцієнт місткості:

$$K_m = \frac{M}{N} = \frac{100}{90} = 1,1,$$

де  $N$  – кількість працівників.

Визначаємо потрібну кількість двох'ярусних нар у приміщеннях для людей

$$H = \frac{M}{5} = \frac{100}{5} = 20 \text{ нар.}$$

Висновок:  $K_m > 1$ , тобто захисні споруди дозволяють розмістити всіх працівників. Слід придбати 20 двох'ярусних нар для захисних споруд.

Таблиця 8.3.2 — Вихідні дані для оцінки захисних властивостей споруди

Віддаленість об'єкта від точки прицілювання $R_r$ , км	2,6
Очікувана потужність ядерного боєприпасу $q$ , кт	100
Вид вибуху	наземний
Ймовірне максимальне відхилення центру вибуху	0,5
боєприпаси від точки прицілювання $r_{\text{відх}}$ , км	
Швидкість середнього вітру $V_{\text{с.в}}$ , км/год	100
Напрямок середнього вітру	у бік об'єкта
Конструкції захисних споруд розраховані на надмірний тиск $\Delta P_{\text{ф. зах}}$ , кпа	200
коефіцієнт ослаблення радіації сховища № 12 $K_{\text{осл. зах}}$	10000

Визначаємо потрібні захисні властивості споруд:

а) для захисту від ударної хвилі:

$$R_{\min} = R_r - r_{\text{відх}} = 2,6 - 0,5 = 2,1 \text{ км}$$

За значенням  $R_{\min} = 2$  км, потужністю боеприпасу  $q = 100$  кт при наземному вибуху визначаємо  $\Delta P_{\text{ф. max}}$ :

$$\Delta P_{\text{ф. max}} = \Delta P_{\text{ф. потр}} = 40 \text{ кпа б) для захисту від радіоактивного зараження:}$$

$K_{\text{осл. потр}}$  розраховуємо за формулою:

$$K_{\text{осл.потр.}} = \frac{D_{\text{рз}}}{D_{\text{доп}}} = \frac{5 \cdot P_{1\text{max}} (t_{\text{п}}^{-0,2} - t_{\text{к}}^{-0,2})}{50}$$

$$t_{\text{п}} = \frac{R_{\min}}{V_{\text{с.в.}}} + 1 = \frac{2,1}{100} + 1 = 1,02 \text{ год.}$$

$$t_{\text{к}} = t_{\text{п}} + 96 = 1,02 + 96 = 97,02 \text{ год.}$$

де  $P_{1\text{max}}$  – максимальний рівень радіації, очікуваний на об'єкті на 1 год після вибуху.

Якщо  $q = 100$  кт,  $R_{\min} = 2,1$  км,  $V_{\text{с. в}} = 100$  км/год,  $P_{1\text{max}} = 6100$  Р/год, тоді

$$K_{\text{осл.потр.}} = \frac{5 \cdot 6100 (1,02^{-0,2} - 97,02^{-0,2})}{50} = 363,27$$

Визначаємо наявні захисні властивості захисних споруд:

а) від ударної хвилі відповідно до вихідних даних:  $\Delta P_{\text{ф. зах.}} = 200$  кпа.

б) від радіоактивного зараження: відповідно до вихідних даних  $K_{\text{осл.}} = 1000$ . порівняємо захисні властивості захисних споруд з потрібними:

а) за ударною хвилею: для сховища №1  $\Delta P_{\text{ф. зах}} > \Delta P_{\text{ф. потр}}$ .

б) за радіоактивним зараженням для сховища №1  $K_{\text{осл.потр.}} > K_{\text{осл.}}$ .

**Висновок:** сховище № 1 забезпечує захист людей, що в ньому перебувають, у максимальній кількості 100 осіб.; захисні властивості сховища №1 відповідають вимогам і забезпечують захист всіх робітників.

## ВИСНОВОК

У магістерській дисертаційній роботі було проведено аналіз і узагальнення літературних даних по темі роботи. Досліджено механізм осадження струмопровідного покриття на тугоплавкі метали, складено технологічну схему процесу нанесення нікелю та міді покриттів на танталову або ніобієву основу та розроблено склад і режим осадження.

Виконано дослідження на якість отриманого струмопровідного покриття та встановлено, що мідне покриття має міцнішу адгезію ніж нікелеве.

Створено конструктивні та технологічні розрахунки, обрано відповідне обладнання для забезпечення річної продуктивності  $30\text{м}^2$  гальванічного покриття та розроблено стартап-проект: рентабельність – 37 %, час повернення капіталовкладень – 11,9 років;

Проаналізувавши шкідливі та небезпечні виробничі фактори, розроблено заходи з техніки безпеки та охорони праці.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Теоретичні основи хімії рідкісних і розсіяних елементів: підручник / М.Д. Сахненко, М.В. Ведь, В.В. Штефан, М.М. Волобуєв; за ред. М.Д. Сахненка – Харків: НТУ «ХпІ», 2011. – 424 с.
2. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. Учеб. для вузов. – 4-е изд., испр. – Москва: Высш. шк., Изд. центр «Академия», 2001. – 743 с.
3. Теорет. основы хим. технологии./ Гостищев В.В., Бойко В.Ф., Климова Л.А., Метлицкая Л.п. 2006. Т. 40, № 5. С. 584
4. панов В.С., Чувилин А.М. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них. М.: МИСИС, 2001
5. Структура и методы формирования износостойких поверхностных слоев / под. ред. А.В. Белого. – М. : Машиностроение, 1991
6. Колосов В.Н" Шевырев А.А. Влияние термообработки на структуру и свойства электролитических сверхпроводящих покрытий на основе ниобия// Неорганические материалы. - 2004. - Т. 40, №3. - С. 286-291.
7. А. М. Гинберга, А. Ф. Иванова, Л. Л. Кравченко. М Гальванотехника: Справочник / Металлургия, 1987
8. Коленко Е. А. Технология лабораторного эксперимента: Справочник. - Спб.: политехника, 1994. С. 537
9. покриття вольфраму та молібдену. Секреты гальвники: веб-сайт.  
URL: <http://blog.tep-nn.ru/?p=3104>
10. Гальванічна обробка алюмінію. веб-сайт. URL:  
<https://smartline.in.ua/galvanicheskaja-obrabotka-aljuminija/>
11. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: У 2 кн. Кн. 2. Керування хіміко-технологічними процесами : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямком «Хімічна технологія та інженерія» / М.В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КпІ», 2012. – 336 с.: іл. – Бібліогр.: с. 328 – 330. – 300 пр.
12. [http://www.ubc.ua/Links/codes\\_ua2.html](http://www.ubc.ua/Links/codes_ua2.html)

13. підлісна, О. А. Економічна частина магістерської дисертації: розроблення стартап-проекту : [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / О. А. підлісна, Ю. В. Тюленєва ; КпІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КпІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 32 с.
14. С.С. Виноградов Экологически безопасное гальваническое производство. /под редакцией проф. В.Н. Кудрявцева, М.: производственно-издательское предприятие «Глобус», 1998. - 302 с.: 51 ил., 64 табл., 26 библиогр. назв.
15. Метод. вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» в дипломних проектах і роботах для спеціалістів і магістрів хіміко-технологічного факультету і факультету біотехнології та біотехніки/ Уклад.: А. Т. Орленко, Н. А. праховнік, Ю. О. цолукаров, О. С. Ільчук – К.: НТУУ «КпІ», 2003. – 62с.