

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
Хіміко-технологічний факультет  
Кафедра технології електрохімічних виробництв**

До захисту допущено:  
В.о. завідувача кафедри  
\_\_\_\_\_ Юрій ГЕРАСИМЕНКО  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломний проєкт  
на здобуття ступеня бакалавра  
за освітньо-професійною програмою «Електрохімічні технології  
неорганічних і органічних матеріалів»  
спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»  
на тему: «Гальванічні покриття в приладобудуванні. Розробка технології  
міднення струмопровідного рисунку плат друкованого монтажу»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи ХЕ-71  
Павленко Дар'я Віталіївна \_\_\_\_\_

Керівник:

доц., к.т.н. Фроленкова Світлана Василівна \_\_\_\_\_

Консультант з Охорона праці:

доц., к.т.н. Полукаров Юрій Олексійович \_\_\_\_\_

Консультант з економічної частини:

доц., к.т.н. Підлісна Олена Анатоліївна \_\_\_\_\_

Консультант за автоматизації:

ас. Хібеба Микола Григорович \_\_\_\_\_

Рецензент:

В.о. зав. кафедри ТНР, В та ЗХТ,  
доц., к.т.н. Толстопалова Наталія Михайлівна \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проєкті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань  
Студентка \_\_\_\_\_

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Хіміко-технологічний факультет**

**Кафедра технології електрохімічних виробництв**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність –161 «Хімічні технології та інженерія»

Освітньо-професійна програма «Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Юрій ГЕРАСИМЕНКО

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на дипломний проєкт студенту**  
**Павленко Дар'ї Віталіївни**

1. Тема проєкту «Гальванічні покриття в приладобудуванні. Розробка технології міднення струмопровідного рисунку плат друкованого монтажу», керівник проєкту Фроленкова Світлана Василівна доцент, к.т.н., затвержені наказом по університету від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом проєкту \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проєкту: Матеріали з практики. Зарубіжні та вітчизняні монографії та періодичні видання. Завдання з продуктивності 15000 плат/рік.

4. Зміст пояснювальної записки Складання технологічної карти, обґрунтування і вибір покриття, розрахунок балансів струму, напруги, енергії, розрахунок організаційно-економічних показників, заходи охорони праці, автоматизація процесу міднення, розробка схеми очищення стічних вод.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): 1) Креслення гальванічної ванни; 2) Схема автоматизації; 3) Схема технологічного процесу; 4) Економічна частина; 5) Схема очищення стічних вод.

## 6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Полукаров Ю.О., доц. к.т.н.		
Економічна частина	Підлісна О.А., доц., к.т.н.		
Автоматизація	Хібеба М.Г., ас.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Збір літературних даних	до 22.05.2021	
2	Виконання технологічних розрахунків	до 26.05.2021	
3	Складання схеми очищення стічних вод	до 29.05.2021	
4	Розробка схеми автоматизації процесу	до 29.05.2021	
5	Розрахунок техніко-економічних показників	до 29.05.2021	
6	Ознайомлення та складання вимог техніки безпеки та охорони праці	до 29.05.2021	
7	Оформлення пояснювальної записки	до 03.06.2021	
8	Оформлення супровідного матеріалу у вигляді презентації	до 08.06.2021	

Студент

Дар'я ПАВЛЕНКО

Керівник

Світлана ФРОЛЕНКОВА

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП ХЕ7114.1450.000 ПЗ	Пояснювальна записка	83	
3	A1	ДП ХЕ7114.1450.001 СК	Складальне креслення гальванічної ванни міднення	1	
4	A2	ДП ХЕ7114.1450.002 СхА	Схема автоматизації міднення	1	
5	A1	ДП ХЕ7114.1450.003 ТК	Схема технологічного процесу міднення	1	
6	A2	ДП ХЕ7114.1450.004 ТК	Схема очищення стічних вод	1	
7	A2	ДП ХЕ7114.1450.005 ТК	Економіко – організаційні розрахунки	1	

				ДП ХЕ7114.1450.000	
	ПІБ	Підп.	Дата		
Розробн.	Павленко Д.В.			Відомість дипломного проєкту	Лист
Керівн.	Фроленкова С.В.				1
Консульт.					Листів
Н/контр.	Букет О.І.				1
В.о. зав.каф.	Герасименко Ю.С.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ТЕХВ Гр. ХЕ-71

**Пояснювальна записка**  
**до дипломного проєкту**  
**на тему: «Гальванічні покриття в приладобудуванні.**  
**Розробка технології міднення струмопровідного рисунку**  
**плат друкованого монтажу»**

Київ – 2021 року

## РЕФЕРАТ

«Гальванічні покриття в приладобудуванні. Розробка технології міднення струмопровідного рисунку плат друкованого монтажу».

Павленко Д. В. – Київ: «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», ХТФ, ХЕ-71.

Дипломний проєкт, 2021 рік, кількість сторінок - 83, таблиць - 22, рисунків - 8, джерел – 19.

У проєкті розроблено технологію міднення струмопровідного рисунку друкованих плат. Покриття наносять з сульфатного електроліту міднення за катодної густини струму – 2 А/дм<sup>2</sup>.

Дипломний проєкт включає: необхідні технологічні та конструктивні розрахунки, вибір електролітичної ванни, складання технологічного процесу та його автоматичне регулювання. Розрахунки техніко-економічних показників спроектованого цеху проведені згідно річної виробничої програми (15000 плат/рік). В проєкті використовується реагентний метод очищення стічних вод. Аналіз шкідливих речовин та небезпеки на виробничому підприємстві проводиться відповідно до вимог охорони праці та техніки безпеки.

Ключові слова : друкована плата, процес міднення, струмопровідний рисунок, гальванічне покриття, густина струму.

					<i>ДП ХЕ7114.1450.000 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Павленко</i>				<i>Розробка технології міднення струмопровідного рисунку плат друкованого монтажу</i>	<i>Лист.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Арк.</i>
<i>Перев.</i>	<i>Фроленкова</i>						1	2
<i>Н. Контр.</i>	<i>Букет</i>					<i>«КПІ ім. Ігоря Сікорського», ХТФ, ХЕ-71</i>		
<i>Затв.</i>	<i>Герасименко</i>							

## ABSTRACT

"Galvanic coatings in the instrumentation. Development of technologies for copper plating of conductive drawing of printed circuit boards".

Pavlenko D.V. - Kyiv: NTUU "Kyiv Polytechnic Institute of Igor Sikorsky", CTF, XE-71

Diploma project, 2021, number of pages - 83, tables - 22, drawings - 8, sources - 19.

The project has been developed by the technology of copper conductive drawing of printed circuit boards. Coatings are applied from a sulfate electrolyte of copper for a cathode current density -  $2 \text{ A /dm}^2$ .

The diploma work includes: the necessary technological and constructive calculations, the choice of an electrolytic bath, compilation of the technological process and its automatic adjustment. Calculations of technical and economic indicators of the projected workshop are conducted in accordance with the Annual Production Program (15000 boards / year). The project uses a reagent method of sewage treatment. Analysis of harmful substances and dangers at the production enterprise are conducted in accordance with the protection of labor.

Keywords: printed circuit board, copper, conductive drawing, coating, brightener.

					<i>ДП ХЕ7114.1450.000 ПЗ</i>	А
З	А	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Д</i>		7

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	11
1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	12
1.1 Класифікація друкованих плат та їх характеристики .....	12
1.2 Вибір виду покриття .....	14
1.3 Вибір підготовчих операцій.....	14
1.4 Вибір складу електроліту для нанесення гальванічного покриття	16
1.5 Вибір завершальних операцій.....	22
1.6 Методи контролю якості покриття .....	23
2. ВИБІР І РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ГАЛЬВАНІЧНИХ ПОКРИТТІВ. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	26
2.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання .....	26
2.2 Визначення виробничої програми обладнання.....	26
2.3 Розрахунок конструктивних розмірів ванни і коефіцієнту завантаження обладнання .....	27
2.4 Перерахунок діючого обладнання .....	28
2.5 Баланс кількості електрики на гальванічній ванні .....	30
2.6 Баланс напруги на гальванічній ванні .....	32
2.7 Розрахунок споживання електричної енергії та вибір джерела живлення .....	33
2.8 Тепловий розрахунок для гальванічних ванн, які працюють за кімнатної температури.....	34
2.9 Розрахунок витрат матеріалів.....	35
2.9.1 Розрахунок витрат анодів на початковий запуск обладнання ....	35

2.9.2 Витрати розчинних анодів на виконання річної виробничої програми .....	36
2.9.3 Витрати хімічних реактивів на початковий запуск обладнання	37
2.9.4 Витрати хімічних реактивів на виконання річної виробничої програми .....	37
2.9.5 Витрати води на приготування електроліту .....	38
2.9.6 Витрати води на випаровування з поверхні електроліту .....	39
2.9.7 Витрати води на промивні операції.....	39
3. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА, ОЧИСТКА СТІЧНИХ ВОД.....	41
4. АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАЛЬВАНІЧНОГО ПРОЦЕСУ .....	44
4.1 Автоматизація процесу міднення струмопровідного рисунку друкованої плати .....	44
4.2 Аналіз технологічного процесу міднення як об'єкта автоматизації .....	44
4.3 Опис розробленої схеми автоматизації .....	46
5. ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ .....	49
5.1 Підприємство у промисловій структурі держави.....	49
5.2 Технологічна підготовка виробництва .....	50
5.3 Кадрові показники .....	54
5.4 Технічний контроль якості.....	54
5.5 Матеріальна, документальна та організаційно – технічна підготовка виробництва.....	55
5.6 Заробітна плата.....	57
5.7 Техніко-економічні показники .....	58















можливості пасивації анодів;

4) Висока вартість компонентів електроліту;

5) Низька продуктивність виробництва.

6) Оскільки електроліт лужний, то унеможлиблюється застосування нових фоторезистів.

Наявність таких недоліків обмежує використання цих електролітів у промисловості.

**Кислі електроліти.** Розсіювальна здатність цих електролітів менша, але вони більш продуктивні та є більш стійкими.

**Борфтористоводневий електроліт**, який знаходить застосування в промисловості, має наступний склад ( г/л ): мідь борфтористоводнева – 250; кислота борфтористоводнева – 15; кислота борна – 40; робоча температура електроліту 15÷200°C; катодна густина струму 3÷5 А/дм<sup>3</sup>.

Електроліт має такі переваги : швидкість осадження міді дуже висока.

Недоліки електроліту :

1) Не висока РЗ ;

2) Агресивність до фоторезисту, і як наслідок накопичення в електроліті органічних домішок, що впливають на пластичність покриття;

3) Компоненти електроліту є дорогими;

4) Через присутність фторборатних іонів, ускладнюється процес очищення стічних вод.

Допускається використання борфтористоводневого електроліту при виробництві друкованих плат з низьким ступенем заповнення струмопровідного рисунку.

**Сульфатні електроліти** є дуже простими за складом, їх легко готувати та коригувати, а також вони стабільні. Продуктивність електроліту не висока, має низьку РЗ, що впливає на якість осаду ( крупнокристалічний). Введення блискоутворювачів з одночасною зміною співвідношення концентрації міді та сірчаної кислоти - значно покращує експлуатаційні характеристики сульфатних електролітів [3].

З	А	№ докум.	Підп.	Д

ДП ХЕ7114.1450.000 ПЗ

А
17

За величиною розсіювальної здатності вони наближаються до комплексних електролітів. Продуктивність електроліту значно підвищується.

На теперішній час сульфатний електроліт з використанням блискоутворюючих добавок є основним для процесів міднення друкованих плат.

Нанесення мідного покриття відбувається з електроліту наступного складу (в г/дм<sup>3</sup>):

Сульфат міді CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	12 - 24
Сірчана кислота H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200 - 260
Хлорид натрію NaCl	0,04 - 0,06
Добавка <b>Einebner (Leveller) Cupracid TP</b>	0,008 – 0,018
Блискоутворювач <b>Glanzzusatz (Brightener) Cupracid</b>	0,0005 – 0,002

***Приготування сульфатного електроліту міднення.***

- 1) Заповнити ванну для приготування розчину деіонізованою водою, нагріти до температури 40-60 °С;
- 2) Розчинити розрахункову кількість сульфату міді;
- 3) Додати перекис водню 35%-вий розчин, з розрахунку 3-5 мл/л. Залишити на 4 години для реагування;
- 4) Прогріти розчин до температури 60 °С, для розкладу перекису водню;
- 5) Додати близько 10г/л активованого вугілля, перемішати. Час реагування 6-8 годин;
- 6) Залити в робочу ванну деіонізовану воду на 1/3 об'єму;

- 7) Обережно ввести розрахункову кількість сірчаної кислоти;
- 8) Відфільтрувати в робочу ванну очищений розчин сульфату міді;
- 9) Охолодити розчин до температури 25 °С і додати розраховану кількість CupracidTP та GlanzzusatzCupracid;
- 10) Додати розрахункову кількість хлориду натрію;
- 11) Довести об'єм розчину деіонізованою водою до необхідного рівня;
- 12) Пропрацювати електроліт за густини струму 1-2 А/дм<sup>2</sup> до 4 А·год/л;
- 13) Після пропрацювання електроліту, ввести на кожні 1000 А·год 230 мл добавки GlanzzusatzCupracid та 400 мл добавки CupracidTP;
- 14) Зробити аналіз на вміст міді та сірчаної кислоти.

Корегування розчину :

- Корегування розчину за сірчаною кислотою та сульфатом міді проводити за результатами аналізу;
- Корегування електроліту добавками проводити по лічильнику ампер-годин;
- На кожні 1000 А·год необхідно вводити в ванну 230 мл добавки GlanzzusatzCupracid та 400 мл добавки CupracidTP;
- Втрати при випаровуванні електроліту відновлюються додаванням деіонізованої води;
- В процесі роботи електроліт Cupracid TP необхідно періодично обробляти за допомогою активованого вугілля. Відношення фільтр патронів «механічних» та «активованим вугіллям» як 3:1. Періодичність очищення 1-2 рази на місяць. Час обробки 3- 4 години. (1-2 об'єми на годину).

**Основні неполадки** процесу міднення в сульфатному електроліті та шляхи їх усунення наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Основні неполадки міднення в сульфатних електролітах міднення та способи їх усунення [4].

Дефекти	Причини	Способи усунення
1	2	3
Крупнокристалічні осад міді; кристалізація сульфату міді на анодах та дні ванни	Дуже висока концентрація міді в електроліті	Зменшити концентрацію міді, розвести електроліт
Пухкий, губчастий осад міді	Висока катодна густина струму	Знизити катодну густина струму чи використати перемішування
	Надлишок кислоти при низькій концентрації міді	Відкоригувати електроліт з урахуванням результатів аналізу
	Мала міжелектродна відстань	Збільшити відстань між анодом та деталями.
Погане зчеплення покриття з основою	Погана підготовка поверхні перед покриттям	Перевірити якість знежирення та активування, забезпечити добру підготовку поверхні
	Забруднення маслами промивних вод і ванн підготовки та покриття	Перевірити ванни на вміст в них масляних забруднень

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
Шорсткий осад міді	Забруднення електроліту механічними домішками	Відфільтрувати електроліт
	Шлам на анодах	Провести чистку анодів
Крупнокристалічний пухкий шар міді на поглиблених ділянках поверхні деталей	Низька концентрація кислоти в електроліті	Ввести кислоту, виходячи з результатів аналізу
	Низька катодна густина струму	Збільшити катодну густина струму
	Забруднення електроліту органічними домішками	Обробити електроліт перекисом водню та відфільтрувати через активоване вугілля
На покритті блискучі й темні смуги	Забруднення електроліту органічними домішками	Обробити електроліт перекисом водню та відфільтрувати через шар активованого вугілля
	Забруднення електроліту домішками важких металів	Пропрацювати електроліт під струмом

**Аноди.** Використовують аноди марки АМФ, що містять 0,07-0,1 % фосфору, які розчиняються досить рівномірно і без шламоутворення. Вважається, що фосфор, що входить до складу аноду виконує дві основні функції: сприяє розкисленню мідного зерна при прокатуванні анодів; в





З друкованої плати вирізають скальпелем смужку мідного покриття ( $\approx 50\text{мм}$ ), цю смужку під кутом  $180^\circ$  згинають 5 разів, якщо почали утворюватись пухирці та вздуття, то це означає що у мідного покриття не достатня адгезія.

Таблиця 1.2 – Карта технологічного процесу міднення струмопровідного рисунку друкованих плат

№	Операція	Склад розчину і концентрація		Режим			
		Найменування та хімічна формула компонентів	г/дм <sup>3</sup>	Час обробки, хв	Температура, °С	Густина струму, А/дм <sup>2</sup>	рН
1	2	3	4	5	6	7	8
010	Монтаж деталей						
020	Знежирення	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	25 - 40	2 - 3	30 - 40	-	-
		HCOOH	10 - 15				
		OC-20	3 - 5				
030	Промивання в теплій проточній воді			2 - 3	40 - 50		
040	Промивання в холодній проточній воді			2 - 3	18 - 25		
050	Підтравлення	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	10 - 20	0,3 - 1,0	18 - 25	-	-
		(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	90 - 120				
060	Промивання в холодній проточній воді			2 - 3	18 - 25		
070	Активація	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	50-100	0,3 – 1,0	18 - 25	-	-
080	Міднення електрохімічне (блискуче)	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	12 - 24	60	18 - 25	Катодна: 0,7 – 3,5 Анодна : > 0,3 та < 2	< 1
		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	200 - 260				
		NaCl	0,04 - 0,06				

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8
080		Добавка <b>Einebner (Leveller) Cupracid TP</b>	0,008 – 0,018				
		Блискоутворювач <b>Glanzzusatz (Brightener) Cupracid</b>	0,0005 – 0,002				
090	Уловлювання в непроточній воді			1 – 2	18 - 25		
100	Промивання в теплій проточній воді			1 - 2	20 - 40		
110	Сушіння теплим повітрям			10	45 - 55		
120	Демонтаж деталі			3			
130	Контроль якості			5			







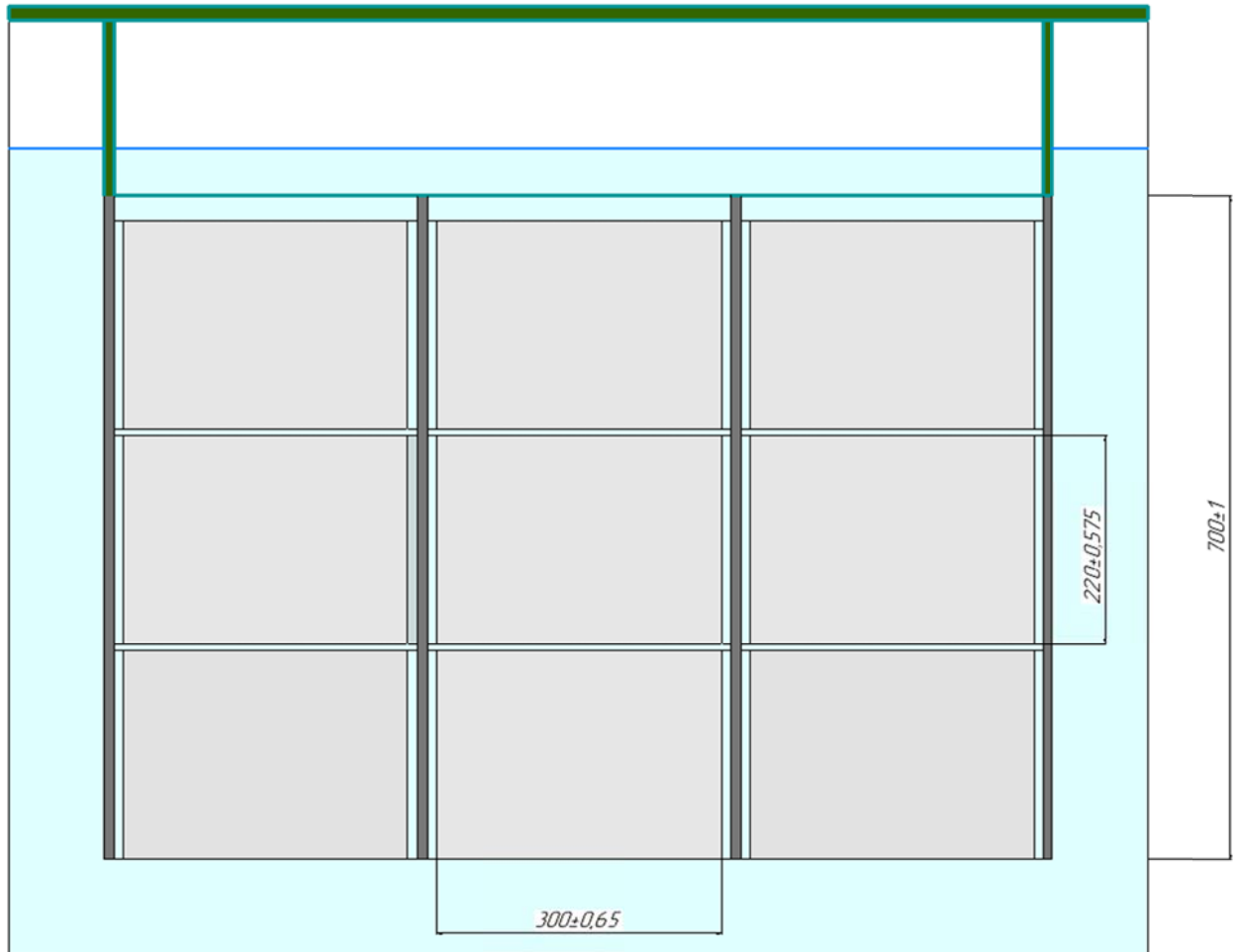


Рисунок 2.1 – Схема розташування плат на підвісці [8]

Сумарна поверхня деталей  $S_n$ , які завантажують на одну підвіску ( $m^2$ ) розраховується за формулою:

$$S_n = S_d \cdot n_d = 0,066 \cdot 9 \cdot 2 = 1,18 m^2.$$

де  $S_d$  – поверхня однієї деталі,  $m^2$ ;  $n_d$  – кількість деталей на підвісці.

Визначення поверхні одноразового завантаження у ванну  $S_{03}$ ,  $m^2$ :

$$S_{03} = S_n \cdot N_n = 1,18 \cdot 1 = 1,18 m^2.$$

$$S_{03} = 9 \text{ штук.}$$

де  $N_n$  – кількість одночасно завантажених підвісок у ванну.

Розрахунок відстані між анодом і ближнім краєм підвіски з платами  $l_{a-k}$  перевіряють на відповідність нормованому значенню, яке повинно складати (0,10...0,25 м), для забезпечення максимальної рівномірності покриття. Для однопозиційних ванн,  $l_{a-k}$  складає, м:

$$l_{a-k} = \frac{B - B_n - 2B_a - 2B_1}{2} = \frac{0,6 - 0,02 - 0,01 \cdot 2 - 0,1 \cdot 2}{2} = 0,08$$



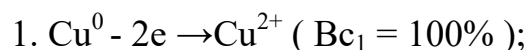
Вихід за струмом міді 99%.

на катоді:



2. Реакція відновлення блискоутворюючої добавки ( $\text{Bc}_2 = 1\%$ ).

на аноді:



Сила струму, яка витрачається на кожну реакцію:

на катоді:

$$I_1 = \frac{I \cdot B_{cl}}{100} = \frac{91,476 \cdot 99}{100} = 90,56 \text{ A};$$

$$I_1 = \frac{I \cdot B_{cl}}{100} = \frac{91,476 \cdot 1}{100} = 0,91 \text{ A};$$

на аноді:

$$I_1 = \frac{I \cdot B_{cl}}{100} = \frac{91,476 \cdot 100}{100} = 91,476 \text{ A};$$

Таблиця 2.1 - Баланс електрики ванни міднення на одну годину роботи

Надходження	Q <sub>A</sub>	%	Витрати	Q <sub>A</sub>	%
1	2	3	4	5	6
На катоді: Від зовнішнього джерела струму	91,476	100	Відновлення катіонів міді Відновлення блискоутворюючої добавки	90,56 0,91	99 1
Разом	91,476	100	Разом	91,476	100
На аноді: Від зовнішнього джерела струму	91,476	100	Окислення міді	91,476	100
Разом	91,476	100	Разом	91,476	100

## 2.6 Баланс напруги на гальванічній ванні

Напруга на гальванічній ванні  $U$  розраховується як: сума різниці електродних потенціалів анода і катода під струмом  $E_a - E_k$  ( $E_a=0,35$  В,  $E_k=0,25$  В), омичного падіння напруги в електроліті  $\Delta U_{ом}$ , у провідниках першого роду ( штангах, електродах, струмопідводах у ванні )  $\Delta U_I(0,1)$  та в контактах  $\Delta U_k$ :

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

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

Омичне падіння напруги в електроліті розраховуємо за формулою :

$$\Delta U_{ом} = \frac{K \cdot i_{cp} \cdot l_{a-k}}{\chi} = \frac{1,1 \cdot 256,90 \cdot 0,18}{27,77} = 1,83 \text{ В}$$

де  $i_{cp}$  – середня густина струму в міжелектродному просторі,  $\text{А/м}^2$ ;  $l_{a-k}$  – відстань між анодом і краєм підвіски з деталями;  $\chi$  - питома електропровідність електроліту,  $\text{См} \cdot \text{м}^{-1}$ .

Розрахунок середньої густини струму, що проходить через електроліт:

$$i_{cp} = \sqrt{i_k \cdot i_a} = \sqrt{220 \cdot 300} = 256,90 \text{ А/м}^2$$

Тоді напруга на ванні :

$$U = \frac{E_a - E_k + \Delta U_{ом}}{0,9} = \frac{0,1 + 1,83}{0,9} = 2,14 \text{ В}$$

Сумарне падіння напруги на електродах, провідниках і контактах ванни:

$$\Delta U_I + \Delta U_k = 0,1 \cdot 2,14 = 0,214 \text{ В}$$

Розрахунок мінімальної напруги джерела струму для ванни гальванічного міднення:

$$U_{дс} = 1,1 \cdot U = 1,1 \cdot 2,14 = 2,36 \text{ В}$$

									А
Э	А	№ докум.	Підп.	Д					32

Таблиця 2.2 - Баланс напруги на ванні міднення

Надходження	В	%	Витрати	В	%
1	2	3	4	5	6
Напруга на ванні	2,14	100	Різниця потенціалів під струмом $E_a - E_k$	0,1	4,66
			Падіння напруги в електроліті $\Delta U_{om}$	1,83	85,36
			Падіння напруги в електродах, контактах і провідниках $\Delta U_1 + \Delta U_k$	0,214	9,98
Разом	2,14	100	Разом	2,14	100

### 2.7 Розрахунок споживання електричної енергії та вибір джерела живлення

До електролізера підводиться електрична енергія  $W_{заг}$  яка перетворюється в хімічну  $W_{хім}$  та теплову(джоулеву)  $W_{дж}$  енергії:

$$W_{заг} = W_{хім} + W_{дж}.$$

Зміни матеріального стану які показує хімічна енергія виникають через перебіг електрохімічних реакцій у гальванічній ванні. Теплова енергія розтрачується на розігрівання електроліту та враховується при складанні теплового балансу [6].

За наступною формулою визначаємо електричну енергія яка розтрачується на перебіг процесу в одній ванні:

$$W_{заг} = U \cdot I \cdot \tau \cdot 3600 \cdot 10^{-3} = 3,6 \cdot 2,14 \cdot 91,476 \cdot \frac{59,23}{60} = 697,64 \text{ кДж}.$$

Оскільки для міднення друкованої плати використовують розчинні аноди (у яких катодний та анодний вихід за струмом близький до 100%), приймається що:

$$W_{заг} \approx W_{дж}.$$

Таблиця 2.3 - Баланс енергії ванни міднення

Прихід	кДж	%	Витрати	кДж	%
1	2	3	4	5	6
Електрична енергія від джерела струму	697,64	100	Джоулева теплота	697,64	100
			Хімічна енергія	0	0
Разом	697,64	100	Разом	697,64	100

З огляду на силу струму та напругу на ванні, було обрано джерело постійного струму " ТЕ-100/12Т", яке відображає такі характеристики:

- Регулювання напруги – 0,1-12 В;
- діапазон струму –10-100А.

Визначаємо коефіцієнт завантаження для обраного випрямного агрегату:

$$K = \frac{N_{dc}}{N_{пасп}} = \frac{0,196}{1,2} = 0,163.$$

де  $N_{dc}$  – потужність яка необхідна для виконання завданої програми:

$$N_{dc} = U \cdot I \cdot 10^{-3} = 2,14 \cdot 91,476 \cdot 10^{-3} = 0,196 \text{ кВт},$$

$N_{пасп} = 100 \cdot 12 \cdot 0,001 = 1,2 \text{ кВт}$  – паспортна потужність обраного агрегату.

### 2.8 Тепловий розрахунок для гальванічних ванн, які працюють за кімнатної температури

При гальванічному нанесенні покриттів може виділятись така кількість джоулевої теплоти, що температура електроліту може вийти за допустимі межі. Мета цього розрахунку - визначення найвищої, максимально можливої температури до якої ванна може розігрітись за одну робочу годину.

Допустимо, що джоулева теплота розтрачується на розігрів ванни та не витрачається у навколишнє середовище.

Визначимо максимально можливу температуру розігріву ванни  $t_k$  °C:

$$t_k^{\circ} = 293 + \frac{W_{дж}}{V_1 \cdot C_1 \cdot d_1 + C_2 \cdot m_2 + C_3 \cdot m_3},$$

$$t_k^{\circ} = 293 + \frac{542,6}{3980 \cdot 1,1 \cdot 0,72 + 1,93 \cdot 10^3 \cdot 170 + 385 \cdot 102,75} = 293$$

де 293 – температура навколишнього середовища, К; де  $V_1$ ,  $C_1$ ,  $d_1$  - відповідно об'єм, питома масова теплоємність і густина електроліту, що нагрівається (0,72 л; 3980 Дж/кг·К; 1,1 кг/дм<sup>3</sup>);  $C_2$  - теплоємність матеріалу корпусу ванни, 1930 Дж/(кг·К);  $m_2$  - маса ванни (170 кг);  $C_3$  - теплоємність матеріалу анода, 385 Дж/кг·К;  $m_3$  - маса анодів у ванні (102,75 кг).

$$T = 293 - 273 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

## 2.9 Розрахунок витрат матеріалів

Мета розрахунків витрат матеріалів - визначення необхідної річної кількості вихідної сировини та матеріалів для нанесення мідного покриття. Розрахунок кількості анодів, витрат реактивів та води здійснюється згідно таких статей:

- а) на початковий запуск обладнання,
- б) на виконання річної виробничої програми.

### 2.9.1 Розрахунок витрат анодів на початковий запуск обладнання

Витрати розчинних анодів на запуск обладнання (кг) визначаємо за формулою:

$$G_{аз} = K_1 \cdot K_2 \cdot n_{аш} \cdot l_B \cdot h_B \cdot \delta_a \cdot d_a \cdot n_B = 0,48 \cdot n_{аш} \cdot l_B \cdot h_B \cdot \delta_a \cdot d_a \cdot n_B =$$

$$= 0,6 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 8920 \cdot 0,01 \cdot 1 = 102,75 \text{ кг}$$

де  $K_1$  – коефіцієнт, який враховує співвідношення сумарної ширини анодів до довжини ванни (приймаємо  $K_1 = 0,6$ );  $K_2$  – коефіцієнт, який враховує співвідношення анодів та висоти ванни (приймаємо  $K_2 = 0,8$ );  $n_{аш}$  – кількість анодних штанг у ванні (2 шт);  $l_B$  – внутрішня довжина ванни (1,2 м);  $d_a$  –













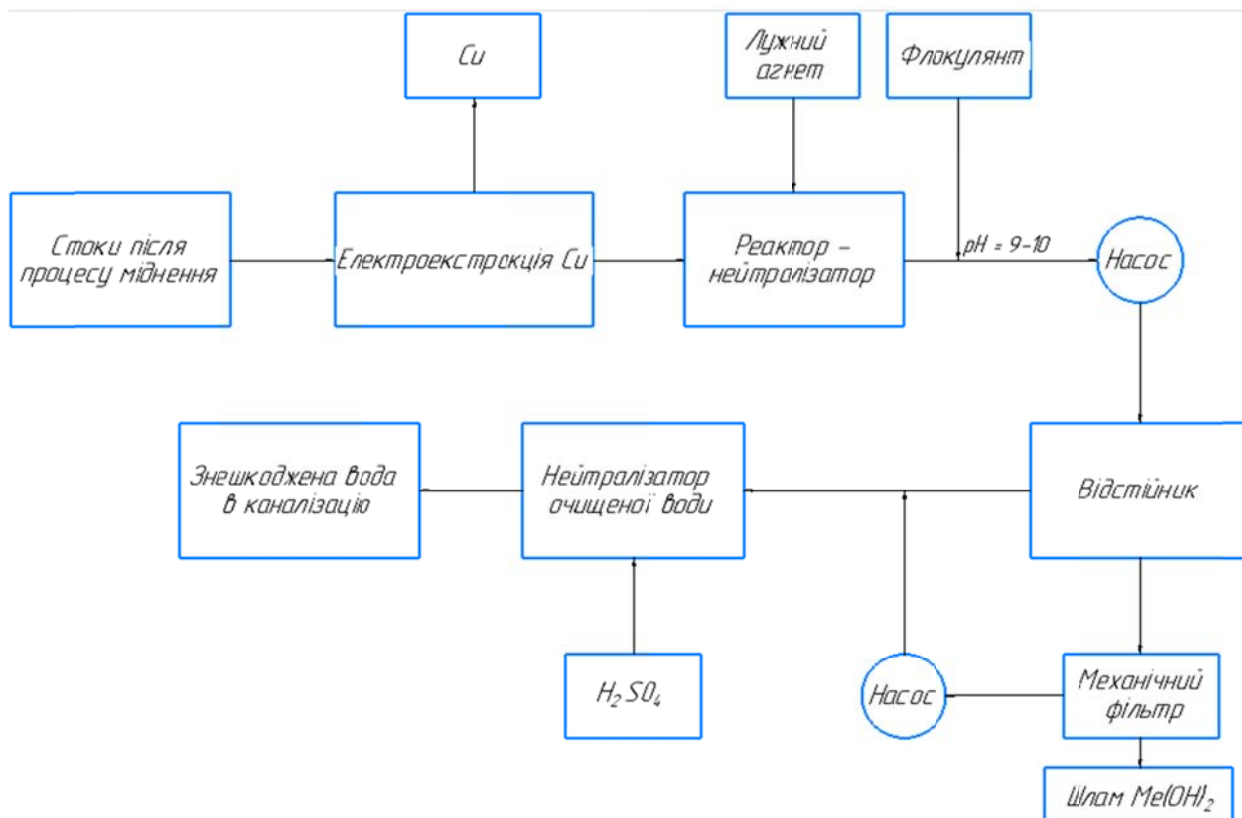


Рисунок 3.1 – Принципова схема реагентного очищення стічних вод від іонів важких металів [9]

Обов'язковим є застосування електроекстракції міді для очищення відпрацьованих електролітів з використанням нерозчинних анодів. В ході електролізу виділений метал осаджується на катоді, на аноді утворюється кислота. Збіднений металом та збагачений кислотою електроліт повторно направляють на вилуговування нових порцій металу.

В процесі реагентного очищення утворюються нерозчинні сполуки, що осаджуються у відстійниках (здебільшого вертикальних із нисхідним-висхідним рухом води). Відстоювання проводять не менше 2 годин.

Освітлення стічних вод, що нейтралізовані, можна прискорити додаванням 0,1 % розчину синтетичного флокулянту – поліакриламідю. Кількість доданого флокулянту залежить від вмісту іонів металів, тобто чим менша концентрація іонів металів – тим більшу кількість флокулянту треба додати [10]. Зазвичай додавання флокулянту здійснюють перед надходженням стічних вод у відстійник.

З	А	№ докум.	Підп.	Д
---	---	----------	-------	---

Після відстійника, осад має вологість близько 98-99%. Щоб знизити вологість осаду до 95-97%, застосовують додаткове відстоювання в шламоуцільнювачі протягом 3-5 діб. Після шламоутворення осад подається на зневоднення методом фільтрпресування. Вологість осаду після фільтрпресу становить 65-70% [10].

Іноді потрібно знизити концентрацію завислих речовин в очищених стічних водах, тоді використовують освітлення стоків шляхом фільтрування двошаровим завантаженням (пісок, керамзит).

Переваги використання реагентного методу : простота експлуатації; універсальність; відсутність необхідності в розділенні промивних вод концентратів та можливість автоматизації безперервного очищення.

									А
Э	А	№ докум.	Підп.	Д	ДП ХЕ7114.1450.000 ПЗ				43

## 4. АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАЛЬВАНІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 4.1 Автоматизація процесу міднення струмопровідного рисунку друкованої плати

Усі сучасні гальванічні виробництва приділяють чимало уваги механізації та автоматизації гальванічного процесу, оскільки ці параметри дозволяють: зменшити кількість робочого персоналу, підвищити продуктивність праці та якість продукції, і як наслідок зменшити собівартість виробничого товару.

На проєктованому виробництві передбачена часткова механізація та автоматизація. Керування процесами здійснюється за допомогою приладу дистанційного керування [16].

Основними параметрами з якими пов'язане налагодження автоматичної лінії є:

- температура;
- рівень;
- струм;
- напруга;
- рН.

Отже, згідно зазначених вище параметрів, гальванічна ванна обладнана датчиками для регулювання та контролю цих складових.

### 4.2 Аналіз технологічного процесу міднення як об'єкта автоматизації

Вимір температури в автоматизованій системі проводиться відповідно до фізичних властивостей тіл. Міднення струмопровідного рисунку друкованих плат здійснюють за кімнатної температури (18 - 25°C), для виміру температури можливе використання різних видів термометрів.

					<i>ДП ХЕ7114.1450.000 ПЗ</i>	А
З	А	№ докум.	Підп.	Д		44

Рівень електроліту важливо підтримувати в межах 0,85м, оскільки він може змінюватись через розбризкування під час переміщення деталей на подальші операції.

Зміни рН електроліту можуть вплинути на якість покриття, а саме погіршити : рівномірність, зчеплення з основою та структуру зерна осаджуваного металу (крупнокристалічний осад, кристалізація солі міді на аноді та дні ванни).

Густина струму є показником якості отриманого покриття, наприклад, при збільшенні густини струму - осад міді буде пухким та губчастим, при зменшенні густини - струму буде утворюватись крупнокристалічний пухкий шар міді.

Отже, відповідно до вище зазначених параметрів була визначена автоматизація процесу, яка подана у таблиці 2.1.

Таблиця 4.1 - Параметри регулювання та контролю процесу нанесення гальванічного 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	2	3	4	5
1	Нанесення мідного покриття, замір параметру проводиться в електролітичній ванні.	Температура	18...25 °С	Контроль, регулювання





**Висновок :** Автоматизація процесу мідного покриття була досягнута шляхом забезпечення робочого гальванічного устаткування приладами регулювання та контролю величин параметрів, таких як : температура, рівень, сила струму та напруга, рівень рН.

Відповідно до задачі, було складено схему автоматизації гальванічної ванни міднення, яка є головним технічним документом що визначає автоматичне регулювання та контролювання технологічного процесу.

									А
З	А	№ докум.	Підп.	Д					48

*ДП ХЕ7114.1450.000 ПЗ*



Організаційна структура виробничого цеху міднення струмопровідного рисунку друкованих плат : лінійна структура [14].

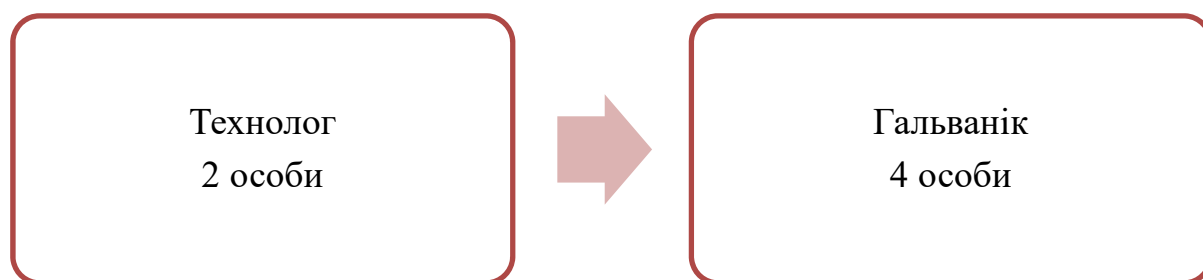


Рисунок 3.1 – Схема організаційної структури підприємства

Перелік посад:

Технолог – керує складанням планів упровадження нової техніки та технології, розробляє підвищення техніко-економічної ефективності виробництва. Займається технологічною документацією, здійснює контроль виробничих оснащень та технологічних процесів, закуповує витратні матеріали.

Гальванік – проводить монтаж деталей на підвіски, слідкує за переміщенням їх по технологічному процесу, проводить демонтаж та переміщення деталей, робить записи у маршрутних листках. Корегує усі розчини та електроліти для гальванічних ванн згідно технологічної інструкції. Проводить попередню підготовку матеріалів перед приготуванням розчинів гальванічних ванн, та здійснює контроль якості приготованого розчину та отриманого покриття.

## 5.2 Технологічна підготовка виробництва

Міднення струмопровідного рисунку друкованих плат здійснюється згідно технологічної схеми, яка складається з операцій що наведені в таблиці 5.1.

						ДП ХЕ7114.1450.000 ПЗ	A
З	А	№ докум.	Підп.	Д			50





2. Для паралельного:

$$N_{\text{завант}} = \frac{T_{\text{в.ц.}}^{\text{пар}} + t_{\text{max}} - \sum_{i=1}^{13} t_i}{t_{\text{max}}} = \frac{8 \cdot 60 + 60 - 91,5}{60} = 7 \text{ разів,}$$

$$B_{\text{пар}}^{\text{річ}} = 7 \cdot 250 \cdot 9 = 15750 \text{ шт.};$$

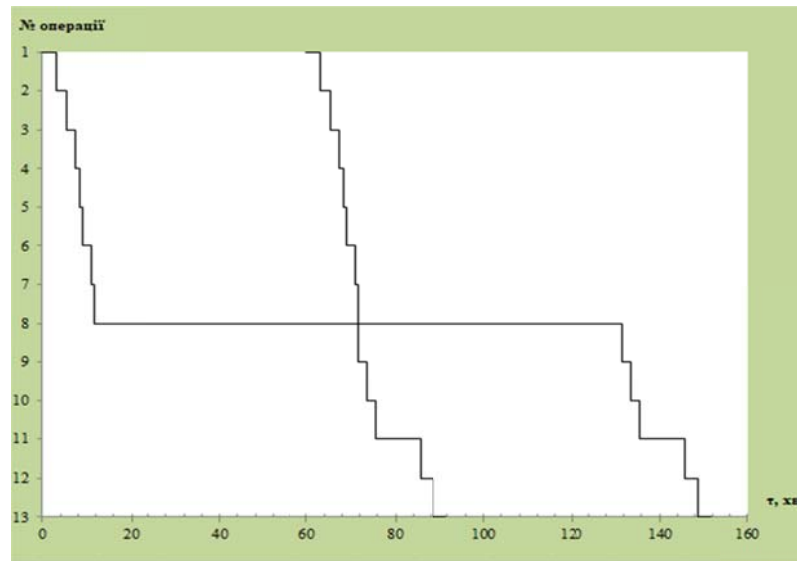


Рисунок 3.2 – Паралельний ВРПП

3. Для синхронізованого:

$$R = \frac{T_{\text{в.ц.}} - \sum t}{N - 1} = \frac{8 \cdot 60 - 91,5}{6} = 64,75 \text{ хв}$$

$$N_{\text{завант}} = \frac{T_{\text{в.ц.}}^{\text{синх}} + R - \sum_{i=1}^{13} t_i}{R} = \frac{8 \cdot 60 + 64,75 - 91,5}{64,75} = 7 \text{ разів,}$$

$$B_{\text{синх}}^{\text{річ}} = 7 \cdot 250 \cdot 9 = 15750 \text{ шт.}$$

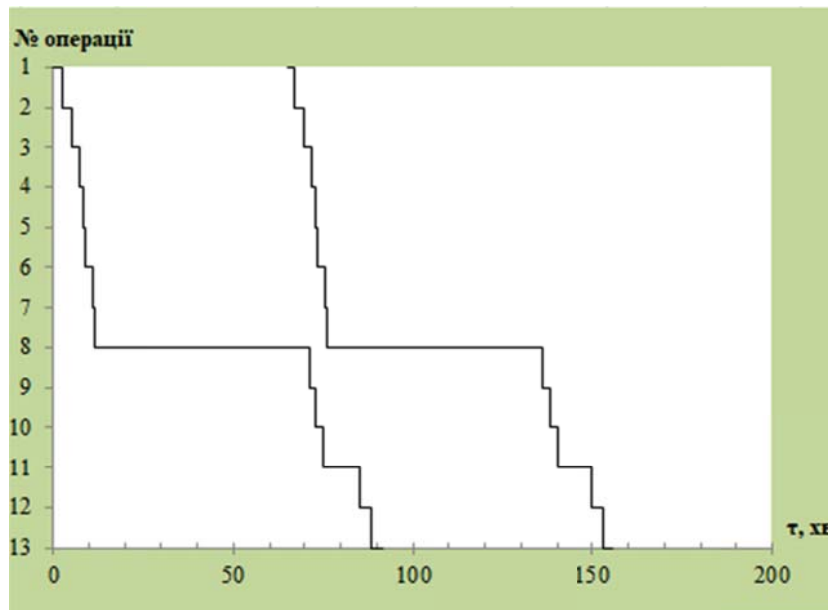


Рисунок 3.1 – Синхронізований ВРПП

Запланована річна програма – 15300 шт. плат. З огляду на представлені ВРПП можна зробити висновок, що доцільніше буде обрати синхронізований, адже даний предмет руху праці скорочує тривалість виробничого циклу, зберігає продуктивність виробництва та не потребує збільшення кількості виробничого обладнання [15].

### 5.3 Кадрові показники

Щоб виконати виробничі обсяги, на 1 робочу зміну достатньо 3 особи, складом : 1 технолог та 2 гальваніка.

Чисельність персоналу – явочна.

$$Ч_{\text{яв.}} = 3 \text{ осіб}$$

Режим роботи – однозмінний (тривалість 1 зміни - 8 годин).

Чисельність персоналу за списком :

$$Ч_{\text{сп.}} = Ч_{\text{яв.}} \cdot K_{\text{пер.}} = Ч_{\text{яв.}} \cdot \frac{T_{\text{підп.}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац.}}^{\text{рік}}} = 3 \cdot \frac{\frac{8}{24} \cdot 250}{\frac{8}{24} \cdot 250} = 3 \text{ осіб}$$

Графік роботи підприємства:

Понеділок – п'ятниця: 8:00 – 16:00

Таблиця 5.2 - Графік змінності

Зміна\день	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд
Бригада 1	Р	Р	Р	Р	Р	В	В	Р	Р	Р	Р	Р	В	В

Примітки. «Р» - робочий день, «В» - вихідний день.

### 5.4 Технічний контроль якості

Об'єкт контролю - технологічний процес. Здійснюється лише кінцевий контроль.

Завершальний контроль - оцінка якості нанесеного мідного покриття. Проводиться контроль зовнішнього вигляду покриття (його колір та рівномірність, наявність дендритів чи підгару на усіх ділянках плати),

міцність зчеплення з основою, товщина, корозійна стійкість, контроль товщини покриття в отворах згідно ДСТУ 2646–94. Покриття має бути гладким, блискучим, рівномірним, та не мати відшаровувань.

Мета контролю – виявлення недоброякісної продукції.

Кінцевий етап контролю якості здійснюється головним технологом або начальником, результат контролю заноситься до відповідного журналу, згідно якого буде оформлюватись паспорт на продукцію.

### 5.5 Матеріальна, документальна та організаційно – технічна підготовка виробництва

Таблиця 5.3- Склад основних фондів цеху

№	Найменування обладнання	Кількість одиниць	Вартість, грн
1	2	3	4
1	Ванна теплового промивання	1	3000
2	Ванна холодного промивання	3	9 000
3	Ванна уловлювання	1	12000
4	Ванна хімічного знежирення	1	9 000
5	Ванна хімічного травлення	1	9 000
6	Ванна хімічної активації	1	9 000
7	Ванна електрохімічного міднення (1200×600×1000)	1	20 000
8	Система автоматизації	-	20 000
9	Приміщення цеху	-	500000
10	Система сушіння	1	10 000
11	Трубопроводи	-	40 000
12	Вентиляційна система	-	11000
13	Система очистки стічних вод	-	25000
14	Система водозабезпечення	-	8000
15	Джерело постійного струму ТЕ-100/12Т	1	15000
16	Лабораторне обладнання	-	5000
17	Нематеріальні активи	-	15000
Всього:		17	720000

Термін експлуатації : для обладнання – 5 років, будівлі – 20 років, трубопроводів – 10 років, нематеріальні активи – 12 років.

Капіталовкладення на налагодження обладнання :

$$0,05 \cdot \frac{\text{ціна обладнання}}{\text{термін експлуатації}} = 0,05 \cdot \frac{72000}{5} = 720 \text{ грн/рік}$$

Амортизація основних фондів:

1. Амортизація будівель та споруд:

$$A_{\text{б\ddot{y}\ddot{d}}} = \frac{H_A^{\text{б\ddot{y}\ddot{d}}}}{T_{\text{ек}}} = \frac{500000}{20} = 25000 \text{ грн/рік};$$

2. Амортизація приладів і обладнання:

$$A_{\text{обл}} = \frac{H_A^{\text{обл}}}{T_{\text{ек}}} = \frac{121000}{5} = 24200 \text{ грн/рік};$$

3. Амортизація нематеріальних активів:

$$A_{\text{нм..a}} = \frac{H_A^{\text{нм..a}}}{T_{\text{ек}}} = \frac{15000}{12} = 1250 \text{ грн/рік};$$

4. Амортизація трубопроводів:

$$A_{\text{mp}} = \frac{H_A^{\text{mp}}}{T_{\text{ек}}} = \frac{84000}{10} = 8400 \text{ грн/рік};$$

5. Всього:

$$A = A_{\text{нм..a}} + A_{\text{mp}} + A_{\text{обл}} + A_{\text{б\ddot{y}\ddot{d}}} + \text{нал.обл.} = 25000 + 24200 + 1250 + 8400 + 750 = 59600 \text{ грн/рік};$$

Таблиця 5.4 - Річні оборотні фонди цеху

Найменування	Ціна	Витрата на рік	Вартість, грн./рік
1	2	3	4
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	21 грн/кг	151,54 кг	3182,34
Мурашина кислота	66 грн/кг	5,98 кг	394,68
ОС-20 (Синтанол)	80 грн/кг	1,84 кг	147,2
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	95 грн/кг	10,1 кг	959,5
NaCl	90 грн/кг	0,033 кг	2,97

Продовження таблиці 5.4

1	2	3	4
Персульфат амонію	53 грн/кг	48,3 кг	2559,9
Einebner (Leveller) Cupracid TP	120 грн/кг	0,1 кг	12
Glanzzusatz (Brightener) Cupracid	120 грн/кг	0,0129 кг	1,55
Анод АМФ	327 грн/кг	269,84 кг	88237,68
Вода	21,75 грн/м <sup>3</sup>	7,04 м <sup>3</sup>	174,87
Електроенергія	2,0172 кВт·год	280 000 кВт·год	564816
Всього			660488,69

**5.6 Заробітна плата**

Таблиця 5.5 - Тарифна сітка цеху

Тарифні розряди	Тарифні коефіцієнти	Тарифні розряди	Тарифні коефіцієнти	Тарифні розряди	Тарифні коефіцієнти	Тарифні розряди	Тарифні коефіцієнти
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	6	1,45	11	1,97	16	2,79
2	1,09	7	1,54	12	2,12	17	3,0
3	1,18	8	1,64	13	2,27	18	3,21
4	1,27	9	1,73	14	2,42	19	3,42
5	1,36	10	1,82	15	2,58	20	3,64

Таблиця 5.6 - Фонд заробітної плати цеху міднення друкованих плат

Посада	Кількість осіб	Тарифний розряд	Тарифний коефіцієнт	Тарифна ставка, грн/год	Заробітна плата, грн	
					За день	За рік
1	2	3	4	5	6	7
Головний технолог	1	12	2,12	76,55	612,4	153100
Гальванік	2	9	1,73	62,47	999,52	249880
Всього	3				1611,92	402980

Відповідно до закону про Держбюджет, станом на 2021 рік мінімальна погодинна оплата праці становить - 36,11 грн.

Нарахування на ЗП:

$$\text{Нарах.} = 0,22 \cdot \text{ЗП} = 0,22 \cdot 402980 = 8863,8 \text{ грн/рік.}$$

Фонд оплати праці становить:

$$\text{ФОП} = \text{ЗП} + \text{Нарах.} = 402980 + 8863,8 = 411843,8 \text{ грн/рік.}$$

Адміністративно – управлінські витрати :

$$\text{В}_{\text{адм}} = 0,2 \cdot \text{ФОП} = 0,2 \cdot 411843,8 = 82368,76 \text{ грн/рік.}$$

Вартість оборотних засобів цеху :

$$\text{ОбЗ} = \text{В}_{\text{сир}} + \text{ФОП} + \text{В}_{\text{адм}} = 660488,69 + 411843,8 + 82368,76 = 1154701,25 \text{ грн/рік.}$$

Таблиця 5.7 - Калькуляція продукції

№	Елементи затрат	Витрати		% від собівартості
		На річну програму, грн/рік	На одиницю продукції, грн./шт..	
1	2	3	4	5
1	Амортизація	59600	3,89	4,84 %
2	Оборотні засоби	1154701,25	75,47	93,94 %
3	Нематеріальні активи	15000	0,98	1,22 %
4	Виробнича собівартість	1229301,25	80,34	100 %
5	Невраховані витрати	245860,25	16,07	20 %
6	Цехова собівартість	1475161,5	96,41	120 %

Розрахунок цехової собівартості передбачає додавання неврахованих витрат у розмірі 20% від виробничої собівартості.

### 5.7 Техніко-економічні показники

1. Невраховані витрати приймаємо 20%, тоді собівартість :

$$\text{С}_{\text{цех}} = \text{С}_{\text{вир}} \cdot 1,2 = 80,34 \cdot 1,2 = 96,41 \text{ грн/рік.}$$



Паспорт якості № \_\_\_\_\_

Від \_\_\_\_\_

На: міднення струмопровідного рисунку друкованої  
плати

Виробник: \_\_\_\_\_

Партія № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

Контроль якості покриття здійснюється згідно ДСТУ 2646–94 - 1 раз на день.  
Проводиться контроль зовнішнього вигляду покриття (колір та рівномірність,  
блиск, наявність дендритів чи підгару на усіх ділянках плати), міцність  
зчеплення з основою, товщина, корозійна стійкість, контроль товщини  
покриття в отворах.

**Маса одиниці продукції : 300 г.**

**Розмір плати : 220×300 мм.**

**Товщина покриття : 25 мкм.**

**Термін придатності : 15 - 20 років.**

Головний технолог підрозділу, дійсність даних підтверджую:

\_\_\_\_\_

(ПІБ)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ р. \_\_\_\_\_

(підпис)

					<i>ДП ХЕ7114.1450.000 ПЗ</i>	A
З	А	№ докум.	Підп.	Д		60



Таблиця 5.8 - Річні оборотні фонди цеху (Електроліт №2)

Найменування	Ціна	Витрата на рік	Вартість, грн./рік
1	2	3	4
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2473,38	117,78 кг	2473,38
Мурашина кислота	394,68	5,98 кг	394,68
ОС-20 (Синтанол)	147,2	1,84 кг	147,2
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	4794,65	50,47 кг	4794,65
NaCl	15,75	0,175 кг	15,75
Персульфат амонію	2559,9	48,3 кг	2559,9
Добавка «Мідел»	150	1 кг	150
Анод АМФ	88237,68	269,84 кг	88237,68
Вода	174,87	7,04 м <sup>3</sup>	174,87
Електроенергія	564816	280 000 кВт·год	564816
Всього			663764,11

Проводимо порівняльну характеристику річних фондів електроліту міднення з меншим вмістом іонів Cu<sup>2+</sup> та електроліту з більшим вмістом іонів Cu<sup>2+</sup>.

Таблиця 5.9 – Порівняння річних оборотних фондів цеху (Електроліт №1 та Електроліт №2)

Найменування	Ціна	Електроліт №1 (менше Cu <sup>2+</sup> )		Електроліт №2 (більше Cu <sup>2+</sup> )	
		Витрата на рік	Вартість, грн./рік	Витрата на рік	Вартість, грн./рік
1	2	3	4	5	6
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	21 грн/кг	104,51 кг	2194,71	66,7 кг	1400,7
Мурашина кислота	66 грн/кг	5,98 кг	394,68	5,98 кг	394,68
ОС-20 (Синтанол)	80 грн/кг	1,84 кг	147,2	1,84 кг	147,2
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	95 грн/кг	6,96 кг	661,2	71,3 кг	6773,5
NaCl	90 грн/кг	0,023 кг	2,07	0,19 кг	17,1
Персульфат амонію	53 грн/кг	48,3 кг	2559,9	48,3 кг	2559,9

Продовження таблиці 5.9

1	2	3	4	5	6
Добавка «Мідел»	150 грн/кг	-	-	1 кг	150
Einebner (Leveller) Cupracid TP	120 грн/кг	0,1 кг	12	-	-
Glanzzusatz (Brightener) Cupracid	120 грн/кг	0,0129 кг	1,55	-	-
Анод АМФ	327 грн/кг	269,84 кг	88237,68	269,84 кг	88237,68
Вода	21,75 грн/м <sup>3</sup>	7,04 м <sup>3</sup>	174,87	7,04 м <sup>3</sup>	174,87
Електроенергія	2,0172 кВт·год	280 000 кВт·год	564816	280 000 кВт·год	564816
<b>Всього</b>			<b>704328,78</b>	<b>Всього</b>	<b>660488,69</b>

Сумарні витрати на річні оборотні фонди дещо вищі при використанні нового електроліту. Тоді, здійснюємо перерахунок калькуляції та отримуємо нову виробничу собівартість.

Таблиця 5.10 - Калькуляція продукції

№	Елементи затрат	Витрати		% від собівартості
		На річну програму, грн/рік	На одиницю продукції, грн./шт.	
1	2	3	4	5
1	Амортизація	59600	3,89	4,83 %
2	Оборотні засоби	1157976,67	75,68	93,95 %
3	Нематеріальні активи	15000	0,98	1,22 %
4	Виробнича собівартість	1232576,67	80,55	100 %
5	Невраховані витрати	246515,34	16,11	20 %
6	Цехова собівартість	1479092,01	96,66	120 %

Розрахунок цехової собівартості передбачає додавання неврахованих витрат у розмірі 20% від виробничої собівартості.

Невраховані витрати приймаємо 20%, тоді собівартість :

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{вир}} \cdot 1,2 = 80,55 \cdot 1,2 = 96,66 \text{ грн/шт.}$$

Цехова собівартість з 80 % накладних :

$$C_{\text{кін}} = C_{\text{цех}} \cdot 1,8 = 96,66 \cdot 1,8 = 173,99 \text{ грн/шт.}$$

Розрахуємо економічний ефект програми на рік згідно нового електроліту :

$$\text{ЕФФ} = 1475161,5 - 1479092,01 = - 3930,51 \text{ грн.}$$

**Висновок:** Отже, перерахунок собівартості продукції при електроліті з більшим вмістом іонів  $\text{Cu}^{2+}$  показав, що кількість виробничого обладнання та кількість продукції не змінюється, кількість капіталовкладень в оборотні фонди - підвищилася. Це надає перевагу використанню електроліту з меншим вмістом іонів  $\text{Cu}^{2+}$ , зберігаючи доцільність та економічність проєкту.

									А
З	А	№ докум.	Підп.	Д	ДП ХЕ7114.1450.000 ПЗ				64

## 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Основними наслідками дії небезпечних та шкідливих факторів при виготовленні друкованих плат можуть бути: хімічний та термічний опіки, ураження електричним струмом, ураження шкірних покривів, травмування технічним обладнанням, наслідки тривалої дії вібрації та шуму.

Дипломний проєкт розроблено згідно вимог охорони праці. Даний підрозділ включає заходи, що реалізуються з метою створення безпечних та комфортних умов праці при виконанні функціональних обов'язків [18].

### 6.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проєктованому об'єкті. Заходи з охорони праці

#### 6.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042 – 99, з урахуванням загальних енерговитрат організму, робота віднесена до категорії середньої тяжкості Пб.

Таблиця 6.1 - Санітарні норми параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С					Відносна вологість %		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	Допустима				Оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж	Оптимальна, не більш ніж	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних	Оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж	Оптимальна, не більш ніж	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Холодний	Середньої тяжкості – П-б	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	До 0,4
Теплий		20-22	27	29	15	15	40-60	70 (при 25°С)	0,3	0,2-0,5

Таблиця 6.2 містить коротку санітарну характеристику цеху, що проєктується для міднення друкованих плат.

Таблиця 6.2 – Коротка санітарна характеристика підприємства

1	Ванна знежирення.	Ванна знежирення, активації і електрохімічного міднення	Назва виробничої ділянки
2	Мурашина кислота, випаровування з поверхні електроліту, пролив.	Сірчана кислота, випаровування з поверхні електроліту, пролив.	Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення
3	Подразнюючі. Вражає дихальні шляхи, слизові оболонки, може викликати опіки шкіри.	Подразнюючі. Вражає дихальні шляхи, слизові оболонки, шкіру.	Група шкідливої речовини, характеристика шкідливої дії
4	1	1	ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони мг/м <sup>3</sup>
5	2	2	Клас небезпечності шкідливої речовини
6	Захисні окуляри, гумові рукавички ГОСТ 20010-93, хімічно стійкий одяг, респіратор РПГ-67.	Захисні окуляри, гумові рукавички ГОСТ 20010-93, хімічно стійкий одяг, респіратор РПГ-67.	Засоби індивідуального захисту : тип, марка, ГОСТ
7	Вражені ділянки шкіри промивають великою кількістю проточної води.	Вражені ділянки шкіри промивають великою кількістю проточної води і 5 % розчином питної соди.	Засоби долікарняної допомоги
8	Йодометричний метод.	Фотометричний метод.	Метод контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони
9	IV	IV	Клас підприємства згідно СН 245.71
10	3а	3а	Санітарна група технологічного процесу згідно СНиП 2.09.04-87

Продовження таблиці 6.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ванна підтравлювання	Ванна електрохімічного міднення								
Пероксидисульфат амонію випаровується у вигляді газів аміаку, оксидів сірки, оксидів азоту та інших токсичних з'єднань.	Сульфат міді, випаровування з поверхні електроду, пролив.	Подразнюючі. Викликає набряки легенів при частому вдиханні, біль у горлі, діарею, нудоту, помутніння в очах.	1,0	2	Захисні окуляри, гумові рукавички ГОСТ 20010-93, хімічно стійкий одяг, респіратор РПП-67.	Вражені ділянки шкіри промивають великою кількістю проточної води. Дають випити один або два стакана води.	Флюорометричний метод.	IV	3а
Подразнюючі. Вражає дихальні шляхи, слизові оболонки, шкіру.			0,1	3	Захисні окуляри, гумові рукавички ГОСТ 20010-93, хімічно стійкий одяг, респіратор РПП-67.	Вражені ділянки шкіри промивають великою кількістю проточної води та милом.	Фотометричний метод.	IV	3б
		Подразнюючі. Вражає слизові оболонки, шкіру, викликає слезоточіння та почервоніння очей.	5	3	Захисні окуляри, гумові рукавички ГОСТ 20010-93, хімічно стійкий одяг, респіратор РПП-67.	Вражені ділянки шкіри промивають великою кількістю проточної води.	Фотометричний метод.	IV	3б

На виробництві передбачено наявність засобів індивідуального захисту, зокрема: захисних окулярів, гумових рукавичок, респіраторів та хімічно стійкого одягу. Передбачено не менше 2 разів на місяць проводити контроль за вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони шляхом

вимірювання середньозмінних (Ксз) і максимально разових (Км) концентрацій з подальшим їх порівнянням з гранично допустимими значеннями [19].

У виробничих приміщеннях цеху друкованих плат для захисту атмосферного повітря встановлено місцеву витяжну вентиляцію, що забезпечена фільтрами, циклонами для уловлювання пилю, газів та аерозолів. Також, в цеху встановлена припливна вентиляція, яка в свою чергу, подає свіже повітря із-зовні виробниче приміщення. Гальванічна лінія (ванна знежирення, активації, травлення) оснащена бортовими відсмоктувачами, для видалення шкідливих парів. Для зменшення кількості виділення шкідливих речовин у повітря, процес приготування, експлуатації та утилізації електrolітів проводитиметься при увімкненій місцевій вентиляції.

У випадку раптового надходження у повітря робочої зони шкідливих речовин, передбачене автоматичне включення витяжної аварійної вентиляції, світлової та звукової сигналізації. Витяжна вентиляція створює розрідження усередині приміщення, та не дає можливості небезпечним речовинам розповсюджуватися в інші виробничі приміщення. Вентиляція має автоматичне підпорядкування величині ГДК контрольованих речовин, та забезпечує 8-12 кратний повітрообмін за годину.

### 6.1.2 Розрахунок місцевої витяжної вентиляції

З метою підтримання вмісту шкідливих речовин на рівні, що не перевищує ГДК, на виробництві передбачена наявність бортових двосторонніх відсмоктувачів, з метою уловлювання небезпечних та шкідливих випаровувань над ваннами.

Через бортові відсмоктувачі видаляється об'ємна кількість повітря, величину якої можна розрахувати за формулою :

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

де *a* - довжина ванни (1,2 м);

						<i>ДП ХЕ7114.1450.000 ПЗ</i>	А
							68
З	А	№ докум.	Підп.	Д			







Таблиця 6.4. - Норми освітленості і КПО цеху, згідно ДБН В.2.5-28:2018

Характеристика зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Штучне освітлення		Природне освітлення		Суміщене освітлення	
			Освітленість, лк		КПО, %			
			При комбінованому освітленні	При загальному освітленні	При верхньому або комбінованому освітленні	При бічному освітленні	При верхньому або комбінованому освітленні	При бічному освітленні
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Середньої точності	0,5 – 1,0	IV	750 – 300	300–200	4	1,5	2,4	0,9

### 6.1.6 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

З метою забезпечення виробничої безпеки, при роботі з технологічним обладнанням і проведенням технологічних процесів передбачено наступний комплекс заходів:

- 1) Обладнання для приготування суміші кислот буде забезпечене приладом для перемішування та системою охолодження;
- 2) Операція підтравлювання діелектрика відбуватиметься в спеціальній установці, яка забезпечена приладом для переміщення заготовок плат в площині, що забезпечує інтенсивне проходження розчину через отвори в заготовці.
- 3) Обладнання, що застосовується для виконання операції сенсibiliзації та активації забезпечуватиме проходження робочих розчинів через отвори в друкованій платі. Робочі ємності мають щільно закриті кришки;
- 4) Ванну гальванічного міднення оснащено системою неперервної фільтрації;
- 5) Усі трубопроводи є герметизованими;
- 6) На випадок аварійної ситуації передбачено наявність кнопки «Аварійне відключення»;

- 7) Для уникнення переливання електроліту, передбачено залишати відстань до краю ванни не менше 200 мм;
- 8) Обладнання, що нагрівається під час роботи ( $> 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) обов'язково оснащується теплоізолюючою поверхнею, зокрема, композиційним фольгованим матеріалом (виготовлений на основі високоміцного скловолокна, поліетилентерефталатної плівки склеюючого шару, який закритий антиадгезійним папером). Такий вид ізоляції має високу стійкість до розчинів кислот, лугів та миючих засобів, він екологічно чистий та не містить небезпечних для життя речовин.
- 9) Технологічні процеси нанесення металопокриттів забезпечені автоматизацією та механізацією ручної праці [19].

## 6.2 Пожежна безпека

Основними негативними факторами пожеж на гальванічній дільниці є: підвищена температура повітря та предметів, знижена кількість кисню у повітрі, токсичні продукти згоряння, висока вологість (парів кислот та лугів), яка пришвидшує старіння ізоляції електропроводу та викликає коротке замикання та спалахи проводів.

Таке природне явище, як блискавка, може пошкоджувати та руйнувати будівлю прямим ударом, тому згідно СН 305-77 на виробничому підприємстві встановлюють стрижньові блискавковідводи з вертикальним розташуванням. Такі блискавкоприймачі вироблені зі сталі, та мають захист від корозії (цинкуванням або фарбуванням). Складова блискавкозахисту: струмовідвід (передає струм з блискавки в землю), блискавкоприймач (приймає удар блискавки) та заземлення (розподіляє струм від блискавки в землі).

В цеху передбачена наявність пожежного інвентарю (ящики з сухим піском, пінні вогнегасники), а також мережа водопроводу з пожежним краном. Гасіння пожежі здійснюється ручним вогнегасником типу ОПУ – 10 (вогнегасник порошковий уніфікований), для тушіння кислот використовують хімпінний вогнегасник типу ОХП -10 та ОУ-10. В якості

					<i>ДП ХЕ7114.1450.000 ПЗ</i>	А
З	А	№ докум.	Підп.	Д		73

протипожежного захисту у приміщеннях встановлений пожежний сповіщувач, який автоматично інформує персонал про будь-які відхилення від нормованого стану.

Таблиця 6.5 – Показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин і металів. Класифікація виробництва по пожежо- і вибухонебезпечності.

Найменування будівель, Зовнішніх установок	Речовини, які утворюються на виробництві.	Агресивний стан речовини зан.у.	Горючість Вибуховість Швидкість займання	Показники пожежо- і вибухонебезпечності			Межі спалахування		Вибухонебезпечні суміші		Засоби пожежогасіння	Категорія приміщення за ЗНТП 24 – 86	Клас приміщення (зони) за БПЕ	Категорія об'єкта та тип зони захисту і влаштуванню блискавкозахисту згідно з БН 305–77
				Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання	% об'ємних	мг/м <sup>3</sup>	Категорія	Група				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Кімната ЛЗР	ацетон	Рід.	Горить, вибухонебезпечний	-20	-	465	2,5	-	ПА	T1	Піна хімічна, ОХП-10	A	I	2,Б
Дільниця корегування	К-та борфтористоводнева	Рід.	Запалює горючі речовини	-	-	-	-	-	-	-	Пісок, зола, розпилення водою, ОХП-10	D		
Дільниця експонування	Дихлометан	Рід.	Займається	-14	-	580	13	-	ПА	T2	Розпилення водою, ОХП-10	B		
	Формалін	Рід.	Займається	-	62-80	435	7	-	ПА	T1	Розпилення водою, ОХП-10			

Продовження таблиці 6.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Кімната прийому деталей	Склотекстоліт	Тв.	Важко займистий	-	340-500	505-600	-	-	-	-	Розпилення водою, ОХП-10	В	П-Па	2,Б
	Текстоліт	Тв.	Горить	-	358	500	-	-	-	-	ОУ-10			

## ВИСНОВКИ

В даному проєкті була проведена розробка технологічного процесу міднення струмопровідного рисунку друкованої плати розмірами 220×300 мм. Обрана однопозиційна гальванічна ванна, виготовлена із листового поліпропілену, оснащена 1 катодною та 2 анодними штангами. Для процесу міднення друкованої плати проведені основні технологічні розрахунки та розроблено технологічну карту гальванічного процесу продуктивністю 15300 плат/рік.

Розроблено схему автоматизації контролю та регулювання таких технологічних параметрів як: температура, рівень, рН, сила струму та напруга.

Економічна частина проєкту містить розрахунки собівартості одиниці продукції та основних техніко-економічних показників спроектованого цеху.

Очищення стічних вод відбувається реагентним методом.

Технологічний процес здійснюється з урахуванням вимог техніки безпеки та охорони праці.

						<i>ДП ХЕ7114.1450.000 ПЗ</i>	А
З	А	№ докум.	Підп.	Д			76

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дасоян М.А. и др. Технология электрохимических покрытий.-Л: Машиностроение, 1989 – 391с.
2. Румянцева, В.Е. Процессы коррозионной деструкции и защиты металлов:учебное пособие / В.Е. Румянцева. – Иваново: ИВГПУ, 2016. – 156 с.
3. Гальваническое меднение при производстве печатных плат [науч. статья]/Валентин Терешкин, Жанетта Фантгоф, Лилия Григорьева.-№ 2'2005.
4. Краткий справочник гальванотехника/ А.М. Ямпольский, В.А.Ильин. – М.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1962. – 239 с.
5. Технология изготовления печатных плат : [учеб. пособие] / Л. А. Брусницына, Е. И. Степановских ; [науч. ред. В. Ф. Марков] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. — 200 с.
6. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту з гальванотехніки освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр”. Напрямок 6.091600 “Хімічна технологія та інженерія”. Професійна спрямованість “Технічна електрохімія”. / Уклад. Л.А. Яцюк, В.П. Чвірук, В.Ф.Панасенко, Т.І. Мотронюк, О.В. Лінючева, О.І. Букет. – К: НТУУ “КПІ”, 2019. – 54 с.
7. Технологія нанесення неметалевих покриттів та виробництво плат друкованого монтажу [Електронний ресурс] : підручник / Л. А. Яцюк, О. В. Косогін, Д. Ю. Ущяповський, О. В. Лінючева, Ю. Ф. Фатєєв; Електронні текстові дані (1 файл: 6,9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – 330 с.
8. Основи проектування хімічних виробництв. Будова обладнання та конструкції підвісних пристроїв для нанесення гальванічних покриттів: навч. посіб. / Л.А. Яцюк, О.І. Букет, Г.С. Васильєв – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 85с.
9. Екологічна безпека гальванотехніки. Частина 1. Стічні води.

					<i>ДП ХЕ7114.1450.000 ПЗ</i>	А
З	А	№ докум.	Підп.	Д		77





## ДОДАТОК А

*Таблиця А.1 – Специфікація устаткування, виробів і матеріалів*

Позиція на схемі	Назва параметру	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметру	Місце монтажу	Назва та характеристика	Тип моделі	Кількість	Завод-виробник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 – 1	Температура	Електроліт, електролітична ванна	18 – 25 °С	Місцевий	Термоперетворювач опору платиновий НСХ 100П, діапазон вимірювання (-50) ..... +60 °С, допустимий тиск $P_y=0,4$ МПа.	ТСП-1288	1	НВО «Електро-термія», м. Луцьк
1 – 2	Температура	Електроліт, електролітична ванна	18 – 25 °С	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; вхідні сигнали: ТП НСХ В, К, L, S та ТО НСХ 50П, 100П, 50М.	ДИСК-250	1	ЗАТ «Про-мислова група», м. Челя-бінськ
1 – 3	Температура	Електроліт, електролітична ванна	18 – 25 °С	Місцевий	Нормувальний перетворювач	П282	1	НВО «Електро-термія», м.Луцьк
2 – 1	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,85 м	Місцевий	Рівнемір буйковий з пневматичним вихідним сигналом; $P_{вих} = 0,02 - 0,1$ МПа діапазон температур: (-50) ... +100 °С діапазон вимірювання: від 0,02 до 1 м клас точності 1;	УБ-П	1	ВО «Тепло-прибор», м. Рязань

Продовження додатку А

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2 – 2	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,85 м	Щит керування	Прилад вторинний пневматичний, показувальний, ресструвальний станцією керування, $P_{вх} = 0,02 - 0,1$ МПа	ФК 0071	2	АТ «Тизпри-бор», м. Москва
2 – 3	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,85 м	Щит керування	Регулятор пневматичний, пропорційно-інтегральний, $P_{вих} = 0,02 - 0,1$ МПа	ФР 0091	2	АТ «Тизпри-бор», м. Москва
2 – 4	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,85 м	Місцевий	Пневмопровід мембранний	GS52 HW	1	GALASSI & ORTOLANI місто Пйольтелло
3 – 1	Густина струму та напруга	Електролітична ванна	$I = 91,47$ А, $U = 2,14$ В	Місцевий	Агрегат випрямний для гальванічних ванн, $I_{max} = 100$ А, $U_{max} = 12$ В	ТЕ – 100/12Т	1	ЗАТ «ЕЛАРП» м. Москва МДК
3 – 2	Густина струму та напруга	Електролітична ванна	$I = 91,47$ А, $U = 2,14$ В	Щит керування	Пульт дистанційного керування для випрямного агрегату ТЕ – 100/12Т	ПДУ ТЕ	1	ЗАТ «ЕЛАРП» м. Москва МДК

Закінчення додатку А

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4-1	pH	Електроліт, електролітична ванна	< 1	Місцевий	Чутливий елемент рН-метра заглибного виконання; діапазон температур: 0–100 °С, з тиском у діапазоні 0,025–0,6 МПа	ДПГ-4М	1	Гомельський завод вимірювальних приладів, м. Гомель
4-2	pH	Електроліт, електролітична ванна	< 1	Місцевий	Перетворювач високоомний, I <sub>вих</sub> = 0–5 мА	П-201	2	Гомельський завод вимірювальних приладів, м. Гомель
4-3	pH	Електроліт, електролітична ванна	< 1	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний прилад, I <sub>вих</sub> = 0 – 5 мА	А543	1	ЗАТ «Промышленная группа «Метран», м. Челябинськ

## ДОДАТОК Б

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки		
				<u>Документація</u>				
A4			ДП ХЕ7114.1450.000	Пояснювальна записка	1			
A1			ДП ХЕ7114.1450.001 СК	Складальне креслення				
				<u>Складальні одиниці</u>				
		1	ХЕ7114.1450.001 - 01	Корпус	1			
		2	ХЕ7114.1450.001 - 02	Відсмоктувач дортовий	4			
		3	ХЕ7114.1450.001 - 03	Опора катодна	2			
		4	ХЕ7114.1450.001 - 04	Опора анодна	4			
		5	ХЕ7114.1450.001 - 05	Механізм похитування катодної штанги	1			
				<u>Деталі</u>				
		6	ХЕ7114.1450.001 - 06	Штанга анодна	2			
		7	ХЕ7114.1450.001 - 07	Патрубок зливний	2			
					1			
				<u>Стандартні вироби</u>				
		8	ХЕ7114.1450.001 - 08	Саморіз 20 мм ГОСТ 1145-80	30			
		9	ХЕ7114.1450.001 - 09	Саморіз 3 дюйма ГОСТ 11652-80	8			
				ДП ХЕ7114.1450.001 СК				
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Разроб.		Павленко			Ванна міднення	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Фроленкова						1
Ч.Контр.		Букет				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ХТФ, гр. ХЕ-71		
Утв.		Герасименко						