

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

Хіміко-технологічний факультет

Кафедра технології електрохімічних виробництв

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедри

_____ Олександр БУКЕТ

«__»__06_____2022__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 електротехнічній промисловості.
Розробка технології нанесення срібного покриття контактів пускачів»**

Виконав :

студент (-ка) Пастухов Анатолій Іванович

1V курсу, групи ХЕ-81 _____

Керівник:

Ст. викладач ,к.т.н.

Ущаповський Дмитро Юрійович _____

Консультант з

Охорони праці: Полукаров Юрій Олексійович доц., к.т.н. _____

Економічна частина: Підлісна Олена Анатоліївна доц.,к.т.н. _____

Автоматизація: Жураковський Ярослав Юрійович ст. викл. _____

Рецензент: _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.
Студент (-ка) _____

Київ – 2022 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

_____ Олександр БУКЕТ

«___» _____ 06 _____ 2022__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Пастухова Анатолія Івановича

1. Тема проєкту «Гальванічні покриття в електротехнічній промисловості. Розробка технології нанесення срібного покриття контактів пускачів», керівник проєкту Ущатовський Дмитро Юрійович, ст. викладач, к.т.н., затверджені наказом по університету від «___» _____ 2022__ р. № _____

2. Термін подання студентом проєкту 14 червня 2022 року _____

3. Вихідні дані до проєкту Матеріали з практики. Зарубіжні та вітчизняні монографії та періодичні видання. Електроліт сульфатний для матового нікелю. Продуктивність 8 тис.м²/рік.

4. Зміст пояснювальної записки Складання технологічної карти, розрахунок балансів струму, напруги, витрат енергоносіїв, обґрунтування і вибір покриття, розрахунок організаційно-економічних показників, заходи охорони праці, автоматизація процесу нанесення покриття, екологічна безпека.

5. Перелік графічного матеріалу 1. Креслення гальванічної ванни, 2. Схема технологічного процесу, 3. Схема автоматизації, 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	Жураковський Ярослав Юрійович ст. викл.		

7. Дата видачі завдання 28 квітня 2022року_____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Характеристика деталей ,що підлягають обробці.	До 20.05.2022	виконано
2.	Вибір виду покриття	До 22.05.2022	виконано
3.	Вибір підготовчих операцій	До 24.05.2022	виконано
4.	Вибір складу електроліту для покриття плат	До 24.05.2022	виконано
5.	Складання карти технологічного процесу	До 25.05.2022	виконано
6.	Складання схеми очищення стічних вод	До 29.05.2022	виконано
7.	Складання схеми автоматизації основного процесу.	До 30.05.2022	виконано
8.	Виконання економічних розрахунків	До 05.06. 2022	виконано
9.	Виконання розділу «Охорона праці та техніка безпеки»	До 06.06.2022	виконано
10.	Оформлення пояснювальної записки	До 07.06.2022	виконано
11.	Оформлення графічної частини проєкту	До 08.06.2022	виконано

Студент

Анатолій ПАСТУХОВ

Керівник

Дмитро УЩАПОВСЬКИЙ

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП ХЕ8109.1450.000 ПЗ	Пояснювальна записка	115	
3	A1	ДП ХЕ8109.1450. 001	Креслення гальванічної ванни	1	
5	A1	ДП ХЕ8109.1450. 003	Схема технологічного процесу	1	
6	A1	ДП ХЕ8109.1450. 004	Схема автоматизації процесу	1	
7	A1	ДП ХЕ8109.1450. 005	Техніко-економічні показники гальванічного цеху	1	
8	A1	ДП ХЕ8109.1450. 006	Схема очищення стічних вод	1	

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Гальванічні покриття в приладобудуванні.
Розробка технології нанесення срібного покриття для
контактів пускачів»

Київ – 2022 року

РЕФЕРАТ

«Гальванічні покриття в електротехнічній промисловості. Розробка технології нанесення срібного покриття контактів пускачів»

Пастухов А.І. – Київ: КПІ імені Ігоря Сікорського, ХТФ, ХЕ-81

Дипломний проєкт, кількість сторінок – 65, таблиць – 11, рисунків – 5, джерел – 11.

В даному дипломному проєкті було розроблено технологію нанесення срібного покриття на контакти пускачів, з метою покращення їх експлуатаційних характеристик, таких як електропровідність зносостійкість та ін. Електроосадження срібного покриття проводиться із ціанідного електроліту сріблення при катодній густині струму 200 А/дм^2 . У проєкті проведено: технологічні та конструктивні розрахунки; обране обладнання для процесів, характерних даному способу нанесення покриття; розроблена схема автоматизації процесів властивих технології нанесення срібного покриття. Виконано енергетичні та техніко-економічні розрахунки.

У проєкті наведення схема очищення стічних вод електролізом та цементациєю, проаналізовані небезпеки і шкідливі фактори, що пов'язані з виробничим процесом, запропоновані заходи з покращення умов техніки безпеки та охорони праці.

Ключеві слова : сріблення, гальванічні покриття, гальванічна ванна, стічні води, електроліт, енергетичний баланс, срібний анод, мідний контакт.

					ДП ХЕ8109.1450.000 ПЗ						
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Разраб.		Пастухов						Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перев.		Ущаповський								6	81
								«КПІ ім. Ігоря Сікорського»			
Н. Контр.											
Затв.		Букет									

ABSTRACT

"Electroplating in the electrical industry. Development of technology for deposition of silver coating of starter contacts."

Pastukhov A.I. - Kyiv: Igor Sikorsky Kiyiv polytechnic institute, ChTF, XE-81

Diploma project, 2022, number of pages - 54, tables - 21, figures - 10, sources – 24

In this diploma project, the technology of applying a silver coating on the contacts of the starters was developed in order to improve their performance characteristics, such as electrical conductivity, wear resistance, etc. the carbide coating is made of silver cyanide electrolyte at a cathode current density of 200 A/dm². The technological and constructive calculations, selection of equipment for the technological processes have been carried out. The scheme of automation of processes inherent in the technology of silver coating has been developed. Energy, technical and economic, calculations also have been done.

The project provides a scheme of wastewater treatment by electrolysis and galvanic replacement. The hazards and harmful factors associated with the production process have been analyzed. The certain measures of safety, labor protection was proposed.

Keywords: silvering, galvanic coatings, galvanic bath, sewage, electrolyte, energy balance, silver anode, copper part.

					ДП ХЕ8109.1450.000 ПЗ	Лист
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	12
1.1 Технологічний процес нанесення срібного покриття.....	12
1.1.1 Характеристики деталі та умови її експлуатації.....	12
1.1.2 Вибір виду і товщини гальванічного покриття.....	13
1.1.3 Вибір операцій підготовки поверхні виробів перед нанесенням гальванічного покриття	14
1.1.4. Підготовка поверхні виробів для нанесення срібного покриття	15
1.1.5 Вибір електроліту для нанесення срібного покриття	16
1.1.6 Розрахунок середньої товщини покриття та часу обробки поверхні деталей	18
1.2 Вибір і розрахунки обладнання для нанесення гальванічних покриттів.....	19
1.2.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання	19
1.2.2 Визначення виробничої програми обладнання	19
1.2.3. Розрахунок конструктивних розмірів ванни і коефіцієнту завантаження обладнання	20
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	23
2.1 Баланс струму та кількості електрики	23
2.2 Баланс напруги на гальванічній ванні.....	24
2.3. Вибір джерела струму для гальванічної ванни.....	26
2.4 Визначення джоулевої теплоти, складання балансу енергії	27
надходження	28
2.5 Тепловий розрахунок гальванічних ванн	28

2.5.1.Тепловий розрахунок гальванічних ванн, які працюють за кімнатної температури.....	28
2.6.Розрахунок витрат матеріалів	29
2.6.1. Розрахунок витрат анодів.....	29
2.6.2 Розрахунок витрат хімічних реактивів	30
2.6.3.Розрахунок витрат води.....	32
РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНК	34
3.1 Класифікація виробничих процесів	34
3.2 Оптимізація виду руху предметів праці	35
3.3 Чисельність персоналу та фонд заробітної плати	39
3.4 Вартість річних ОбЗ.....	40
3.5.Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва	41
3.5.1.Калькуляція на продукцію.....	41
3.6Техніко-економічні показники	43
РОЗДІЛ 4. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ СРІБНОГО ПОКРИТТЯ НА ДЕТАЛЬ	45
4.1.Опис технологічної схеми гальванічного нанесення захисного цинкового покриття	45
4.2. Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації.....	45
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	49
5.1.Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проєктованому об'єкті. Заходи з охорони праці	50
5.1.1.виробниче освітлення.....	51
5.1.2 Виробничий шум і вібрація.....	52
5.1.3 Електробезпека	53

5.1.4 Пожежна безпека	54
РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО	
ВИРОБНИЦТВА, ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.....	56
ВИСНОВОК	7
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	8
ДОДАТОК А.....	6
ДОДАТОК В.....	6

ВСТУП

Корозія – це самовільний процес руйнування металів в результаті хімічної чи електрохімічної дії зовнішнього середовища повітря, вологи, температури тощо. Щороку із за корозії виходять з ладу різного ступення важливості і важкості виконання інженерні споруди, машини, прилади, верстати, опорні балки ,донця кораблів .

Для запобігання зменшення витривалості, міцності і цілістності окремих покриттів , поверхонь і деталей використовують захист виробів від корозії за рахунок нанесення на поверхню виробу різні захисні покриття: металічні, лакофарбні, оксидні та інші. Найбільш широкого застосування в промисловості набули гальванічні покриття.

Залежно від механізму захисної дії гальванічні покриття підрозділяють на: катодні і анодні. Анодні покриття завжди мають більш електронегативний потенціал металу ніж катодні, бо катодні - більш електропозитивний потенціал. Наприклад, по відношенню до сталі цинк є анодним покриттям, а золото, мідь - катодними.

За природою усі покриття можна поділити на неметалеві і металеві .

До металевих відносять покриття з окремих металів (Zn, Ni, Ag), багат шарові покриття (бі-нікель, три-нікель Cu-Ni-Cr). покриття із сплавів (бронза, латунь, Ni-Co), а також КЕП.

За ступенем ефективності відбиття світла від поверхні покриття гальванічні покриття поділяють на матові, блискучі, дзеркальні. Всі види покриттів мають різний коефіцієнт відбиття світла

Метою даного дипломного проекту є розробка технологічного процесу та вибір обладнання для нанесення функціонального срібного покриття на контакти пускачів продуктивність 8 000 м² на рік.

					ДП ХЕ8109.1450.000 ПЗ	Лист
						11
Змм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Технологічний процес нанесення срібного покриття

1.1.1 Характеристики деталі та умови її експлуатації.

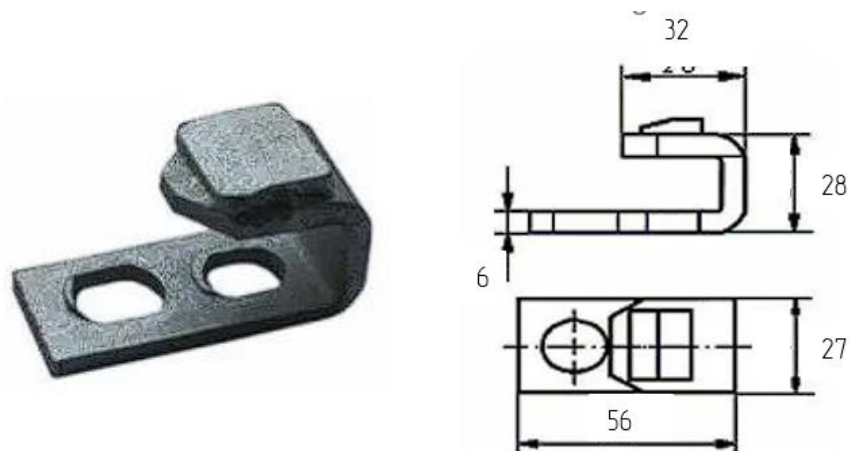


Рисунок 1.1 - Ескіз пускача ПМА-5

Оброблювальну деталь використовують в електродвигунах, вона необхідна для здійснення замикання електричного кола за для запуску електродвигуна, а також для проведення електричного струму, постійно під ударним навантаженням під час пуску з іншим контактом, та працює у постійному контакті з повітрям. Деталь має бути механічно міцною, корозійно стійкою і в той же час зносостійкою. ПМА 5 – Контакт мідний, для ремонту пускачів ПМА, нерухомий. Деталь може знаходитися будь якого кліматі, без контакту з вологим середовищем, в контакті з повітрям, під дією тертя і ударних навантажень.

Деталь складається з мідної пластини 96x27x6 мм., зігнутої у двох місцях під кутом 90° з двома технічними отворами і навареною на кінці пластиною, що виконує роль контактної площадки. Пускач 5-ї величини виготовляються з лудженої міді марки М1 і для збільшення терміну служби поліпшення електричних характеристик використовують напайки металокерамічні — з технічного срібла

1.1.2 Вибір виду і товщини гальванічного покриття

При виборі покриття потрібно враховувати: умови експлуатації виробів, матеріал і призначення деталі, спосіб нанесення, допустимість контактів сполучених металів і економічну доцільність. Корозійний вплив середовища, яке визначається умовами експлуатації виробів, є одним з найважливіших факторів, що обумовлюють вибір покриття[1].

Срібло широко застосовується у гальванотехніці. Срібло ковкий, пластичний метал білого кольору з атомною масою 107,9, щільністю 10,5, температури плавлення 961 °С. Легко піддається механічній обробці всіх видів, добре паяється, має високу відбивну здатність; твердість металургійного срібла HV 240-340 МПа, електроосадженого 590 - 1370 МПа. Срібло має найвищу електро- і теплопровідність. Стандартний потенціал +0,8 В.

Срібло має високу відбивну здатність і хімічну стійкість, особливо в умовах дії лужних розчинів і більшості органічних кислот. Тому, покриття сріблом застосування, головним чином, для поліпшення електропровідних властивостей поверхні струмопровідних деталей в електрохімічній та радіоелектронній галузях промисловості, для надання поверхні високих оптичних властивостей. Зазвичай покривають сріблом вироби з міді та її сплавів. Істотним недоліком срібних покриттів є висока чутливість їх до дії сірководню та інших сполук сірки.

Вибір товщини покриття залежить напряму від умов експлуатації деталі, оскільки деталь може використовуватись як в цивільній, так і у військовій промисловості. У даному дипломному проєкті вибір товщину покриття, яка буде ефективною при експлуатації виробів у будь-яких макрокліматичних районах, на суші на морі, тобто всекліматичне виконання призначене для експлуатації в якості вбудованих комплектних виробів в середині комплектних виробів категорії 1;1.1;2; конструкція яких виключає можливість конденсації вологи на внутрішніх елементах. Згідно до ГОСТу 15150-69 для даного виробу підходить покриття товщиною 9 мкм. [1].

1.1.3 Вибір операцій підготовки поверхні виробів перед нанесенням гальванічного покриття

Процес нанесення гальванічного покриття можна віднести до нескладних технологічних процесів проте потребуючого уваги до дрібниць. Саме тому перед нанесенням якісного осаду на матеріал основу потрібно провести ряд підготовчих заходів.

Зазвичай підготовчий процес умовно можна поділити на такі операції, як механічна , хімічна , електрохімічна підготовка поверхні. Якщо підготовці приділити недостатньо уваги то покриття буде відшаровуватись , змінювати колір , не мати характеристик на які розраховують технологи .

Вибір технологічної схеми визначається багатьма факторами: видом покриття; природою металу деталі; формою і розмірами деталі; якістю зовнішньої обробки деталі, що надходить на покриття, економічною доцільністю тієї чи іншої операції.

Для процесу нанесення срібного покриття на поверхню мідного пускача пропонується така технологічна схема

1. Монтаж
2. Електрохімічне знежирення
3. Промивання в теплій воді
4. Промивання в холодній воді
5. Травлення
6. Промивання в холодній воді
7. Активація
8. Попереднє сріблення
9. Вловлювання у деіонізованій воді
10. Сріблення
11. Вловлювання у деіонізованій воді
12. Промивання водопровідною водою
13. Промивання теплою водою
14. Сушіння

15. Демонтаж

1.1.4. Підготовка поверхні виробів для нанесення срібного покриття

Підготовка покриття є важливим процесом і проводиться також за для надання поверхні необхідної шорсткості.

Шорсткість поверхні, що покривається впливає на наводнення металу, що обумовлюється залежністю дифузії атомарного водню від величини гребінців на поверхні деталі.

На поверхні деталей присутні: окалина, технологічні змазки, продукти корозії. Для очистки поверхні проводять знежирення, травлення, активацію.

Хімічне знежирення деталей потрібне бо деталі, що поступають у гальванічний цех можуть бути забруднені мінеральними маслами, жирами рослинного і тваринного походження.

Мінеральні масла видаляють в органічних розчинниках. До них відносять бензин, керосин, толуол та інші.

Жири рослинного і тваринного походження видаляють в лужних розчинах. Жири при взаємодії з лугом омилюються і переходять в розчин.

Оскільки на поверхні деталі присутні робочі та консерваційні мастила та жирові забруднення різного походження, для знежирення використовувати розчин наступного складу (в г/дм³) [2]:

$\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (ГОСТ 9337 – 79) – 15...70,

Na_2CO_3 (ГОСТ 84-76) – 15...35,

Синтанол ДС-10 (ТУ 6-14-577-77) – 3...5.

Температура розчину 60 °С – 80 °С. Тривалість обробки не менше 10 хвилин. Для повного видалення жирів після хімічного знежирення деталей промити 3...5 разовим зануренням в теплу деіонізовану воду при температурі 40 °С – 50 °С. Після теплового промивання деталей промити 3...5 разовим зануренням в холодній проточній воді.

Травлення – це процес видалення оксидів з поверхні металевих деталей в кислих або лужних розчинах. Травлення буває хімічне або електрохімічне.

					ДП ХЕ8109.1450.000 ПЗ	Лист
						15
Змм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір способу травлення залежить від природи металу, товщини і характеру плівок, що знаходяться на поверхні деталі, від операцій підготовки поверхні, що відбувалися перед травленням, в нашому випадку травлення відбувається у розчині H_2SO_4 і $NaCl$, при температурі від $18^\circ C$ – $25^\circ C$. [2]

Активування – це процес видалення з поверхні металевих деталей найтоншого шару оксидів, які могли утворитися в проміжках між операціями.

Пропонується проводити активацію в розчині наступного складу, г/л:

KCN – 30.

Температура – $25^\circ C$

Час – 18 - 25 хв

Промивка це процес очищення поверхні металу від залишків розчинів що могли залишитись після знежирення травлення і активування . [2]

1.1.5 Вибір електроліту для нанесення срібного покриття

Деталь має складний профіль та використовується у відносно жорстких умовах, тому срібне покриття має бути дрібнозернистим і суцільно вкривати поверхню деталі.

Неціанідні електроліти сріблення. Для сріблення застосовують роданідні, диціаноаргентатні і фероціанідні електроліти. Катодна поляризація в цих електролітах менше, ніж у ціанідних, якість покриття трохи гірша, але помітно краще, ніж у розчинах простих солей. Анодне розчинення срібла в цих електролітах відбувається без будь-яких труднощів. Розсіювальна здатність роданідного та фероціанідного електролітів менша, ніж ціанідного. Тому їх застосовують лише для покриття виробів нескладної конфігурації. Оскільки деталь контакт має складну конфігурацію, її покриття буде здійснюватись в ціанідному електроліті сріблення[4].

Срібленню піддають, як правило, деталі з міді та її сплавів тож для запобігання контактному витісненню срібла в момент завантаження деталей і поліпшення зчеплення срібного покриття з основним металом проводять попереднє сріблення в електроліті з малим вмістом срібла і великим вмістом

					ДП ХЕ8109.1450.000 ПЗ	Лист 16
Змм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ціаніду. Нижче наводиться склад електроліту попереднього сріблення. ГОСТ 9.305-84.

Склад електроліту попереднього сріблення г/дм³:

AgNO₃ 1 – 3;

K₂CO₃ 20 – 30;

KCN 70.

Режим осадження:

Температура 18 – 25 °С;

Катодна густина струму 0,5 А/дм².

Ціанідні електроліти

В ціаністих електролітах, що відрізняються високою розсіювальною здатністю, виходять високоякісні щільні дрібнокристалічні покриття.

В електролітах, приготовлених на основі солей калію, хороші осади можна отримувати і без спеціального їх очищення, якщо присутні в них нітрат-іони. Погіршення структури осадів не відбувається аж до граничного струму дифузії комплексних іонів срібла, що розряджаються.

Склад електроліту г/дм³:

AgNO₃ 20 – 30;

K₂CO₃ 20 – 30;

KCN 70.

Режим осадження[4].

Температура 18 – 25 °С;

Катодна густина струму 2 А/дм².

Приготування електроліту

Вихідними компонентами для приготування ціанідних електролітів срібла є нітрат срібла і ціанід калію. Розрахункову кількість цих компонентів розчиняють у знесоленій воді. Потім у розчин ціаніду калію вводять при перемішуванні розчин нітрату срібла. Всі операції з солями срібла виконують

в затемненому приміщенні. Коригування електроліту полягає у підтримці певної концентрації ціаніду калію.

1.1.6 Розрахунок середньої товщини покриття та часу обробки поверхні деталей

Середню товщину покриття δ_n , знайдемо за формулою:

$$\delta_n = \delta \cdot k + \delta_{zn},$$

де $\delta = 8$ мкм – задана товщина покриття, мкм; $\delta_{zn} = 0$ – товщина покриття, яка знімається при наступній хімічній або механічній обробці, мкм; k – коефіцієнт, що враховує нерівномірність покриття, залежить від розсіювальної здатності електроліту і знаходиться в межах 1,1...1,4. Так як деталь не складно профільна, прийемо рівним 1,1.

$$\delta_n = 8 \cdot 1,1 + 0 = 8,8 = 9 \text{ мкм},$$

Тривалість обробки однієї завантажувальної одиниці (підвіски) τ складається із двох величин:

$$\tau = \tau_m + \tau_{об}$$

де τ_m - технологічний час (час обробки деталей у ванні) за формулою:

$$\tau_m = \frac{\delta_n \cdot d_m \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{B_c \cdot k_{e/x} \cdot i_k}.$$

Тоді

$$\tau_m = \frac{9 \cdot 10,5 \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{0,99 \cdot 4,08 \cdot 2} = 7 \text{ хв},$$

де $\delta_n = 9 \text{ мкм}$ – товщина покриття;

$d_m = 10,5 \text{ г/см}^3$ – густина металу покриття [5];

$B_c = 0,99$ – катодний вихід за струмом [1];

$k_{e/x} = 4,08 \text{ г/(А} \cdot \text{год)}$ – електрохімічний еквівалент [5];

$i_k = 2 \text{ А/дм}^2$ – середня катодна густина струму [1];

$\tau_{об} = 2 \text{ хв}$ – час обробки деталей;

$$\tau = 7 + 2 = 9 \text{ хв}.$$

1.2 Вибір і розрахунки обладнання для нанесення гальванічних покриттів

1.2.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання

Гальванічні цехи проектують, як правило, із розрахунку їх роботи у дві зміни. Для невеликих виробництв з неповним навантаженням приймають роботу в одну зміну.

Вихідними даними для визначення фонду часу роботи обладнання є режим роботи підприємства і неминучі втрати часу на ремонт і наладку обладнання. Розрізняють номінальний річний фонд часу роботи обладнання (T_n) і дійсний річний фонд часу роботи обладнання (T_d).

Номінальний річний фонд часу роботи обладнання T_n при переривчастому виробництві приймають рівним кількості календарних днів у році T_k (365) за вирахуванням вихідних T_v (105) та святкових T_c (11) днів. Для п'ятиденного 40 – годинного робочого тижня при двозмінній роботі (дані для розрахунку взяті за 2022 рік):

$$T_n = \left((366 - 11 - 105) \cdot \frac{40}{5} - 8 \right) \cdot 2 = 3984 \text{ год}$$

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання T_d визначають, виходячи із T_n з урахуванням загальних річних витрат часу на неминучі простої обладнання, які в гальванічному виробництві при роботі автоматизованому обладнання у дві зміни складають 3% ($K_{пр}$).

$$T_d = T_n - K_{пр} \cdot T_n = 3984 - 0,03 \cdot 3984 = 3864 \text{ год.}$$

1.2.2 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 2% ($K_{бр} = 0,02$) від P_z (квадратні метри площі).

$$P_p = P_z + K_{бр} P_z = 8000 \text{ м}^2 + 8000 \text{ м}^2 \cdot 0,02 = 8160 \text{ м}^2.$$

Добова виробнича програма складає:

$$P_{доб} = \frac{P_p}{T_{доб}} = \frac{8160}{249} = 32,8 \frac{\text{м}^2}{\text{день}},$$

де $T_{\text{доб}}$ – кількість робочих днів у календарному році. Годинна виробнича програма $P_{\text{год}}$ визначається як:

$$P_{\text{год}} = \frac{P_p}{T_{\text{д}}} = \frac{8160}{3864} = 2,1 \frac{\text{м}^2}{\text{год}}.$$

1.2.3. Розрахунок конструктивних розмірів ванни і коефіцієнту завантаження обладнання

Кількість оброблюваних завантажень розраховується з урахуванням коефіцієнту затрат часу для однозмінного виробництва $K_{\text{об}} = 1,06 \dots 1,1$ і становить:

$$\sum N = \frac{T_{\text{д}} \cdot 60}{\tau \cdot K_{\text{об}}} = \frac{3864 \cdot 60}{9 \cdot 1,06} = 24301 \text{ м}^2,$$

де $K_{\text{об}}$ – коефіцієнт, що враховує витрати часу на початковий запуск обладнання, кінцеве вивантаження ванни та на допоміжні операції [6].

Разове завантаження усіх ванн:

$$N_{\text{оз}} = \frac{P_p}{\sum N} = \frac{8160}{24301} = 0,34 \approx 0,4 \text{ м}^2.$$

Поверхня однієї деталі $0,002 \text{ м}^2$.

Визначивши габаритні розміри підвіски і знаючи габаритні розміри деталей, визначаємо кількість деталей $n_{\text{д}}$, яку можна закріпити на одну підвіску (між деталями необхідно передбачити невеликі зазори, деталі не повинні екранувати одна одну).

$$n_{\text{д}} = 200$$

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

$$S_n = S_{\text{д}} \cdot n_{\text{д}},$$

$$S_n = 0,002 \cdot 200 = 0,4 \text{ м}^2$$

Внутрішня довжина ванни l , м:

$$l = l_n + 2l_1; l = 1 + 2 \cdot 0,15 = 1,3 \text{ м} \approx 1,5 \text{ м}$$

де l_n – довжина підвіски; l_1 – відстань від краю підвіски до борта ванни приймають у межах $0,1 \dots 0,15 \text{ м}$.

Внутрішня ширина ванни B , м:

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

$$B = 0,1 + 2 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,02 = 0,84 \text{ м} \approx 0,9 \text{ м}$$

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.

Внутрішня висота ванни h , м:

$$h = h_n + h_1 + h_2 + h_3 = 0,4 + 0,2 + 0,05 + 0,15 = 0,8 \text{ м}$$

де h_n – висота підвіски; h_1 – відстань від дна ванни до нижнього краю підвіски (0,15...0,20 м, більший розмір приймають за наявності на дні ванни зміювика); h_2 – відстань від верхнього краю підвіски до дзеркала електроліту (приймають 0,05 м); h_3 – відстань від дзеркала електроліту до верхнього краю ванни (0,10...0,15 м, більший розмір приймають за наявності перемішування електроліту, а при використанні бортових відсмоктувачів величину h_3 – збільшують до 0,30 м). [6].

Для однопозиційних ванн, які найбільш поширені в промисловості, l_{a-k} складає, м:

$$l_{a-k} = \frac{B - B_n - 2B_a - 2B_1}{2} = \frac{400 - 40 - 2 \cdot 5 - 2 \cdot 50}{2} = 0,125$$

де B – внутрішня ширина ванни, $B = 0,4$ м; B_n – товщина підвіски з деталями, $B_n = 0,04$ м; $B_a = 0,005$ м – товщина анодів; B_1 – відстань між анодом і боковою стінкою ванни, прийmemo, $B_1 = 0,05$ м. [6].

Використовуючи визначену величину одноразового завантаження ванни S_{03} , розраховуємо кількість ванн, необхідних для виконання річної виробничої програми:

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

$$n_B = \frac{Y_c}{S_{03}} = \frac{0,4}{0,4} = 1 \text{ ванна.}$$

Виходячи із визначеної кількості ванн, розраховуємо річну продуктивність вибраного обладнання, P_p' :

					ДП ХЕ8109.1450.000 ПЗ	Лист
						21
Змм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_p' = S_{O3} \cdot n_{\epsilon} \cdot \frac{T_{\partial} \cdot 60}{\tau \cdot K_{об}}$$

$$P_p' = 0,4 \cdot 1 \cdot \frac{3864 \cdot 60}{9 \cdot 1,05} = 9813,3 \text{ м}^2/\text{рік}$$

та коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_{зав} = \frac{P_p}{P_p'} = \frac{8160}{9813,3} = 0,83.$$

					ДП ХЕ8109.1450.000 ПЗ	Лист
						22
Змм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

2.1 Баланс струму та кількості електрики

Розрахунок сили струму на ванні необхідний для подальшого вибору джерела живлення постійним струмом. Сила струму I , А на однопозиційній ванні визначається як добуток величини технологічної густини струму на катоді I_k , А/м² на площу деталей одноразового завантаження S_{03} , м²:

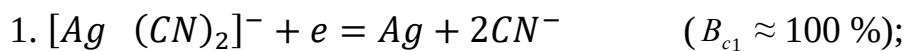
$$I = K \cdot i_k \cdot S_{03},$$

$$I = 1,1 \cdot 200 \cdot 0,4 = 88 \text{ А},$$

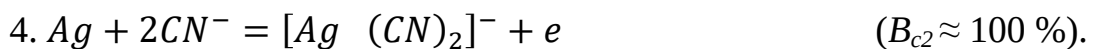
де коефіцієнт K ураховує втрати електрики на осаджування металу на контактах підвісного пристрою, приймаємо $K = 1,1$. [6].

У ціанідному електроліті сріблення на електродах перебігають такі електрохімічні процеси:

на катоді:



на аноді:



Сила струму, яка витрачається на кожну реакцію :

На катоді:

$$I_1 = \frac{I \cdot B_{c1}}{100} = \frac{88 \cdot 100}{100} = 88 \text{ А}.$$

На аноді:

$$I_2 = \frac{I \cdot B_{c2}}{100} = \frac{88 \cdot 100}{100} = 88 \text{ А}.$$

Результати розрахунків зводимо у таблицю 2.1.

					ДП ХЕ8109.1450.000 ПЗ	Лист
						23
Змм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1– Баланс електрики ванни хромування на одну годину роботи

<i>Надходження</i>	<i>Q, А·год</i>	<i>%</i>	<i>Витрати</i>	<i>Q, А·год</i>	<i>%</i>
На катоді: Від зовнішнього джерела струму	88	100		88	100
Разом	88	100	Разом	88	100
На аноді: Від зовнішнього джерела струму	88	100		88	100
Разом	88	100	Разом	88	100

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_{oc} , яке обслуговує ванну. Знаючи величину струму і напругу на джерелі струму, визначають електричну потужність, яка витрачається на електроліз [6].

Напруга на ванні U складається із різниці електродних потенціалів анода і катода під струмом $E_a - E_k$, омичного падіння напруги в електроліті ΔU_{om} , у провідниках першого роду (електродах, струмопідводах у ванні, штангах) ΔU_I та в контактах ΔU_k :

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

де різниця потенціалів

$$E_a - E_k = 0,1 - (-0,07) = 0,8\text{В}.$$

$i_k = 200, \text{ А/м}^2$ – середня катодна густина струму;

$i_a = 74, \text{ А/м}^2$ – середня анодна густина струму (приймається, що $i_a = 200/2,7 = 74, \text{ А/м}^2$)

$E_a = +0,1, \text{ В}$ – потенціал анода [6];

$E_k = -0,7, \text{ В}$ – потенціал катода [6];

$\rho_e = 6,6 \cdot 10^{-2}$ Ом·м питомий опір;

$l_{a-k} = 0,125$ м – відстань між анодом і краєм підвіски з деталями.

Величини потенціалів електродів під струмом в електролітах, найбільш поширених у промисловості, можна вибрати в Додатку 3 або із довідників з гальванотехніки.

Омічне падіння напруги в електроліті $\Delta U_{ом}$, В розраховують за формулою:

$$\Delta U_{ом} = i_{ср} \cdot l_{a-k} \cdot \rho_e,$$

Коли в процесі електролізу на електродах утворюються гази, бульбашки яких заповнюють міжелектродний простір, то при визначенні падіння напруги в електроліті необхідно урахувати вплив газонаповнення на омічний опір. У цьому разі $\Delta U_{ом}$ визначають за формулою:

$$\Delta U_{ом} = i_{ср} \cdot l_{a-k} \cdot \rho_e = 122,47 \cdot 0,125 \cdot 6,6 \cdot 10^{-2} = 1,01 \text{ В}$$

де К – коефіцієнт, який ураховує збільшення опору за рахунок газонаповнення, величини К знаходиться у межах 1,01...1,25.

де $i_{ср}$ – середня густина струму в міжелектродному просторі, А/м², розраховується за формулою:

$$i_{ср} = \sqrt{i_k \cdot i_a} = 122,5.$$

Суму падіння напруги в електродах, провідниках першого роду та в контактах ванни $\Delta U_I + \Delta U_k$ приймають у межах величини, яка не перевищує 10 % загальної напруги на ванні U, В визначається як:

$$U = \frac{E_a - E_k + \Delta U_{ом}}{0,9} = \frac{0,1 + 0,7 + 1,01}{0,9} = 2,01$$

а сума $\Delta U_I + \Delta U_k = 0,1 \cdot U$.

Сума падіння напруги на електродах, провідниках і контактах ванни:

					ДП ХЕ8109.1450.000 ПЗ	Лист
						25
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta U_1 + \Delta U_k = 0,1 \cdot 2,01 = 0,201\text{В.}$$

Мінімальна напруга джерела струму для ванни сріблення:

$$U_{\text{дс}} = 1,1 \cdot U = 1,1 \cdot 2,01 = 2,211\text{В.}$$

Таблиця 2.2 - Баланс напруги на ванні сріблення

Надходження	В	%	Витрати	В	%
Напруга на ванні	2,01	100	Різниця потенціалів під струмом $E_a - E_k$	0,8	39,8
			Падіння напруги в електроліті $\Delta U_{\text{ом}}$	1,01	50,2
			Падіння напруги в електродах, контактах і провідниках $\Delta U_1 + \Delta U_k$	0,201	10
Разом	2,01	100	Разом	2,01	100

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 масивних струмопідводах. Не слід вибирати випрямні агрегати із великим запасом потужності, так як це значно знижує коефіцієнт їх завантаження. Коли для нанесення гальванічного покриття передбачається використовувати декілька ванн, то для кожної ванни вибирають окремий випрямний агрегат.

Для вибраного випрямного агрегату визначають коефіцієнт завантаження:

$$K = \frac{N_{\text{дс}}}{N_{\text{пасп}}},$$

де $N_{\text{дс}}$ – потужність, необхідна для виконання завданої програми,

$$N_{\text{дс}} = U \cdot I \cdot 10^{-3} = 2,01 \cdot 88 \cdot 10^{-3} = 0,176, \text{ кВт};$$

$N_{\text{пасп}}$ – паспортна потужність вибраного агрегату.

$$N_{\text{пасп}} = U \cdot I \cdot 10^{-3} = 24 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 2,4, \text{ кВт};$$

Тож було обрано випрний агрегат серії Т – ТЕІ 100/24Т[6].

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) $W_{дж}$

$$W_{заг} = W_{хім} + W_{дж} .$$

Енергія $W_{хім}$ відображує зміни матеріального стану, які відбуваються в результаті перебігу електрохімічних реакцій в електролізері, а енергія $W_{дж}$ витрачається на розігрівання електроліту і повинна бути урахована при складанні теплового балансу.[6].

Електрична енергія, яка витрачається на перебіг процесу в одній ванні, визначається за формулою:

$$W_{заг} = U \cdot I \cdot \tau \cdot 3600 \cdot 10^{-3} = 2,01 \cdot 88 \cdot 0,365 \cdot 3600 \cdot 10^{-3} = 232,42, \\ \text{кДж},$$

де I – струм на ванні, А; U – напруга на ванні, В; τ – час роботи ванни під струмом, год. Зазвичай баланс енергії складають на одну астрономічну годину роботи ванни.

Для гальванічних процесів, які ідуть із розчинними анодами з виходом за струмом на катоді і аноді, близьким до 100%

$$W_{заг} \approx W_{дж}.$$

Результати розрахунків зводять у таблицю. 2.4

					ДП ХЕ8109.1450.000 ПЗ	Лист
						27
Змм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 - Баланс напруги на ванні хромування

надходження	Дж	%	Витрати	Дж	%
Електрична енергія від джерела струму	232,42	100	Джоулева теплота Хімічна енергія	232,42	100
Разом	232,42	100	Разом	232,42	100

2.5 Тепловий розрахунок гальванічних ванн

2.5.1. Тепловий розрахунок гальванічних ванн, які працюють за кімнатної температури

Під час нанесення гальванічних покриттів виділяється значна кількість джоулевої теплоти, що може призвести до розігріву електроліту 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 °C визначається за формулою:

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

$$20 + \frac{232,42}{0,22233 \cdot 3980 \cdot 1100 + 1700 \cdot 90 + 1630 \cdot 4,725 + 235 \cdot 4,23} = 20,204$$

де

$C_1 = 3980$ Дж/кг·К – теплоємність електроліту [11];

$d_1 = 1,1$ кг/дм³ – густина електроліту [12];

$V_1 = 0,22233$ об'єм електроліту, м³;

$C_2 = 1700$ Дж/кг·К – теплоємність корпусу ванни [11];

$m_2 = 90$ кг – маса ванни;

$C_3 = 1630$ Дж/(кг·К)

$m_3 = 4,725$ маса анодів, кг.

$C_4 = 235$ Дж/кг·К

$$m_4 = 4,725(1 - \frac{\rho_p}{\rho_T}) = 4,725(1 - \frac{1100}{10500}) = 4,23 \text{ кг}$$

де 20 – температура навколишнього середовища, °C; де V_1 , C_1 , d_1 - відповідно об'єм, питома масова теплоємність і густина електроліту, що нагрівається; C_2 - теплоємність матеріалу корпусу ванни; m_2 - маса ванни; C_3 - теплоємність матеріалу футеровки, для вініпласту близько $1630 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$; m_3 - маса футеровки; C_4 - теплоємність матеріалу анода; m_4 - маса анодів у ванні; Величини густин та теплоємностей для найбільш поширених електролітів наведені в додатку 3. [6].

Якщо розрахована величина t_k °C буде значно перевищувати допустиму за технологією температуру електроліту, то ванну необхідно обладнати пристроєм для охолодження електроліту.

Тож ж зростання температури незначне і не перевищує декілька градусів, то охолодження ванни не потрібне.

2.6. Розрахунок витрат матеріалів

2.6.1. Розрахунок витрат анодів

2.6.1.1. Розрахунок витрат анодів на початковий запуск обладнання

Витрати розчинних та нерозчинних анодів на запуск обладнання (кг) визначаються за формулою:

$$G_{аз} = K_1 \cdot K_2 \cdot n_{аш} \cdot l_b \cdot h_b \cdot \delta_a \cdot d_a \cdot n_b = 0,48 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 0,416 \cdot 10500 \cdot 0,005 \cdot 1 = 14,67 \text{ кг.}$$

де K_1 – коефіцієнт, який враховує співвідношення сумарної ширини анодів до довжини ванни (приймають $K_1 = 0,6$); K_2 – коефіцієнт, який враховує співвідношення анодів та висоти ванни (приймають $K_2 = 0,8$); $n_{аш}$ – кількість анодних штанг у ванні; l_b – внутрішня довжина ванни, м; d_a – густина матеріалу анодів, $\text{кг}/\text{м}^3$; δ_a – товщина анодів, м; n_b – кількість ванн даного типу.

2.6.1.2. Витрати розчинних анодів на виконання річної виробничої програми

Ці витрати G_{ap} , кг визначають за формулою:

$$G_{ap} = S \cdot A_p \cdot \delta_n = 8160 \cdot 0,1113 \cdot 9 = 8174 \text{ кг},$$

де S – сумарна площа нанесеного покриття при виконанні річної програми, m^2 ; δ_n – товщина покриття в мікрометрах; A_p – норма витрат розчинних анодів на нанесення покриття товщиною один мікрометр, $кг/м^2$. Значення A_p визначають, виходячи з чистої маси покриття, технологічних втрат та відходів:

$$A_p = 10500 \cdot (1 + 0,06) \cdot 10^{-6} = 0,1113 \text{ кг/м}^2,$$

де d_n – густина металу покриття, 10500 кг/м^3 .

2.6.2 Розрахунок витрат хімічних реактивів

Для ванн із розчинними анодами загальні витрати хімічних реактивів на проведення технологічного процесу визначаються кількістю реактивів, необхідних для приготування електроліту на початковий запуск обладнання і витрати реактивів на виконання річної програми: винос електроліту з деталями, винос електроліту у вентиляційні канали, корегування електроліту, заміна електроліту та інше.

2.6.2.1. Витрати хімічних реактивів на початковий запуск обладнання

Витрати кожного компонента електроліту G_i (кг) визначається за формулою:

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

$V_B = 1,08 m^3$ – об'єм ванни

					ДП ХЕ8109.1450.000 ПЗ	Лист
						30
Змм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$n_{\text{В}} = 1$ – кількість ванн даного типу

$\text{AgNO}_3 = 30 \text{ кг/м}^3$

$\text{K}_2\text{CO}_3 = 25 \text{ кг/м}^3$

$\text{KCN} = 70 \text{ кг/м}^3$

$G_{\text{AgNO}_3} = 30 \cdot 1,08 \cdot 0,8 \cdot 1 = 25,92 \text{ кг}$

$G_{\text{K}_2\text{CO}_3} = 25 \cdot 1,08 \cdot 0,8 \cdot 1 = 21,6 \text{ кг}$

$G_{\text{KCN}} = 70 \cdot 1,08 \cdot 0,8 \cdot 1 = 60,48 \text{ кг}$

де C_i – концентрація відповідного компонента електроліту, кг/м^3 ; $V_{\text{В}}$ – об'єм ванни, м^3 ; $K_{\text{зан}}$ – коефіцієнт заповнення ванни, $K_{\text{зан}} = 0,7 \dots 0,9$; $n_{\text{В}}$ – кількість ванн даного типу.

2.6.2.2 Витрати хімічних реактивів на виконання річної виробничої програми

Розрахунок витрат кожного компонента здійснюється за формулою:

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

$$G_i = G_{\text{AgNO}_3} \cdot V_{\text{ВТ}} = 25,92 \cdot 0,497 = 12,88 \text{ кг};$$

$$G_i = G_{\text{K}_2\text{CO}_3} \cdot V_{\text{ВТ}} = 21,6 \cdot 0,497 = 10,73 \text{ кг};$$

$$G_i = G_{\text{KCN}} \cdot V_{\text{ВТ}} = 60,48 \cdot 0,497 = 30,05 \text{ кг}.$$

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

Величину $V_{\text{ВТ}}$ можна визначити як:

$$V_{\text{ВТ}} = 1,15 \cdot S \cdot A_e = 1,15 \cdot 8160 \cdot 0,045 \cdot 10^{-3} = 0,497 \text{ м}^3$$

де S – сумарна поверхня деталей, яка обробляється за рік, м^2 ; коефіцієнт 1,15 – враховує площу занурюваної частини підвісок; A_e – норма витрат електроліту, який виноситься з деталями, $0,045 \text{ дм}^3/\text{м}^2$.

					ДП ХЕ8109.1450.000 ПЗ	Лист
						31
Змм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.3. Розрахунок витрат води

При виконанні річної виробничої програми вода витрачається на приготування електролітів та розчинів, на розкладання внаслідок електролізу, на випарування з поверхні електроліту, на промивні операції. У рамках курсового проекту обмежимося витратами води тільки на процес електролітичного нанесення покриття та наступне промивання деталей.

2.6.3.1 Витрати води на приготування електроліту

Такі витрати G'_{H_2O} (кг) визначаються за формулою:

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

де C_{H_2O} – вміст води в одному м³ електроліту, кг/м³; $V_{заг}$ – сумарні витрати електроліту на виконання річної виробничої програми, м³.

Величину C_{H_2O} можна визначати за формулою:

$$C_{H_2O} = dC_{ел} - (C_1 + C_2 + C_3) = 1100 - (30 + 25 + 70) = 975,$$

де $d_{ел}$ – густина електроліту, 1100 кг/м³; C_1, C_2, C_3 – вміст компонентів в електролітах, кг/м³.

Сумарні витрати електроліту знаходять за формулою:

$$V_{заг} = V_{в} \cdot K_{зап} \cdot n_{в} + V_{вт} = 108 \cdot 0,8 \cdot 1 + 496,8 = 583,2,$$

де $V_{в}$ – об'єм ванни, м³; $K_{зап}$ – коефіцієнт заповнення ванни ($K_{зап} = 0,7...0,9$); $n_{в}$ – кількість ванн; $V_{вт}$ – об'єм електроліту, винесеного деталями

2.6.3.2 Витрати води на випаровування з поверхні електроліту

Даним параметром можна знехтувати оскільки ванна працює за температури, яка не перевищує 25 °С.

2.6.3.3. 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. Використання в технології промивки ванн уловлювання, каскадних ванн з протитечію, ванн струминної та струминно-проточної промивки та їх комбінацій значно зменшує витрати на технологічні потреби. Все це враховується при розробці схеми промивання деталей.

Для трьохступеневої каскадної промивки формули приймають вид:

$$VV_{\text{год}} = A_e \cdot P_r \cdot \sqrt[3]{K} = 0,045 \cdot 2,5 \cdot \sqrt[3]{7000} = 2,15,$$

де A_e – норми виносу розчину із ванни поверхнею деталей, $\text{дм}^3/\text{м}^2$ (наведені в додатку 7); P_r – годинна виробнича програма ванни, $\text{м}^2/\text{год}$; K – критерій остаточної промивки деталей. Його визначають за співвідношенням:

$$KK = CC_0/CC_k = K 70/0,01 = 7000,$$

Концентрація основного компоненту (КСН) – 70 г/л

Гранично допустима концентрація основного компонента у воді після промивання, для ванн знежирення: 0,01 г/л [1].

де C_0 – концентрація основного компонента у ванні, після якої проводиться промивка, $\text{г}/\text{дм}^3$; C_k – гранично допустима концентрація основного компонента у воді після промивки, $\text{г}/\text{дм}^3$.

Сумарні витрати води на промивку при виконанні виробничої програми визначаються як:

$$VV_{\text{сум}} = VV_{\text{год}} \cdot T_d \cdot 1,5 = 2,15 \cdot 3864 \cdot 1,5 = 12461,4 \text{ дм}^3,$$

де коефіцієнт 1,5 враховує можливе падіння тиску води у водопровідні.

					ДП ХЕ8109.1450.000 ПЗ	Лист
						33
Змм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНК

Основою організації цеху з гальванічного нанесення срібла є проведення техніко-економічних розрахунків цеху та розрахунки собівартості продукту.

Мета діяльності цеху: виробництво срібного покриття для задоволення потреб електрохімічної промисловості. [6].

КВЕД: Клас 25.61 , що включає обробку металів та нанесення на них покриття. [7].

3.1 Класифікація виробничих процесів

У класифікації виробничих процесів існують такі поняття як основні виробничі процеси допоміжні, бічні та підсобні процеси, які також забезпечують функціонування виробництва

. Табл. 3.1 – Класифікація виробничих процесів цеху

Основні	1. Монтаж; 2. Знежирення електрохімічне; 3. Промивання тепле; 4. Промивання холодне; 5. Травлення; 6. Промивання холодне; 7. Активація; 8. Попереднє сріблення 9. Вловлення 10. Сріблення; 11. Вловлення 12. Промивання холодне; 13. Промивання тепле; 14. Сушка; 15. Демонтаж;
Допоміжні	1.Пакування та відправка готової продукції на склад; 2.Приготування робочих розчинів; 3.Закупівля та транспортування сировини.
Підсобні	1. Відвантаження продукції замовнику; 2. Укладання вантажів; 3. Приготування електролітів;
Бічні	1. Очистка стічних вод.

3.2 Оптимізація виду руху предметів праці

Річна потужність цеху, з врахуванням виправного браку деталей становить $P_p = 8160 \text{ м}^2 / \text{рік}$.

Нанесення гальванічного покриття це багатостадійний процес, що включає певні операції, які наведено в таблиці.3.2

Весь технологічний процес складається з 8 стадій. Для того, щоб не порушувалась його неперервність, кожна з них повинна виконуватись певний проміжок часу. [7].

Таблиця 3.2 Розподіл процесів та їх тривалість

№	Операція	Час., хв.
1	Електрохімічне знежирення та промивання	15
2	Травлення	7
3	Активация	25
5	Попереднє сріблення	6
6	Сріблення	28
7	Промивання	6
8	сушіння	5

Розрахуємо можливість застосування паралельного, послідовного та синхронізованого ВРПП на даному підприємстві гальванічного сріблення. [7].

Для визначення річної виробничої програми P_p річне виробниче завдання P_z необхідно збільшити на величину виправного браку виробів, який складає 2% ($K_{бр} = 0,02$) від P_z (квадратні метри площі).

$$P_p = P_z + K_{бр}P_z = 8000\text{м}^2 + 8000\text{м}^2 \cdot 0,02 = 8160 \text{ м}^2.$$

Добова виробнича програма складає:

$$P_{\text{доб}} = \frac{P_p}{T_{\text{доб}}} = \frac{8160}{249} = 32,8 \frac{\text{м}^2}{\text{день}},$$

де $T_{\text{доб}}$ – кількість робочих днів у календарному році. Годинна виробнича програма $P_{\text{год}}$ визначається як:

$$P_{\text{год}} = \frac{P_p}{T_d} = \frac{8160}{3864} = 2,1 \frac{\text{м}^2}{\text{год}}$$

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання T_d визначають, виходячи із T_n з урахуванням загальних річних витрат часу на неминучі простої обладнання, які в гальванічному виробництві при роботі автоматизованому обладнання у дві зміни складають 3% ($K_{\text{пр}}$).

$$T_d = T_n - K_{\text{пр}} \cdot T_n = 3984 - 0,03 \cdot 3984 = 3864 \text{ год.},$$

P_p – річна виробнича програма підприємства з урахуванням можливого браку.

Тоді виробнича програма зміни становить:

$$P_{\text{змін}} = \frac{P_{\text{доб}}}{K} = \frac{32,8}{2} = 16,4 \frac{\text{м}^2}{\text{змін}}$$

Кількість завантажень за одну зміну, яку необхідно виконати для забезпечення виробничої програми:

$$m = \frac{P_{\text{зм}}}{S_{03}} = \frac{16,4}{0,4} = 41 \text{ завантажень/зміну}$$

де S_{03} площа одного завантаження ванни оксидування, приведена у технологічних розрахунках.

Необхідно розрахувати випуск продукції для наступних типів ВРПП: послідовного, паралельного та синхронізованого типу.

$$\sum t_i = 15 + 7 + 25 + 6 + 28 + 6 + 5 = 72 \text{ хв}$$

1. Послідовний

$$V_{\text{посл}} = \frac{T_{\text{ВЦ}}^{\text{зміни}}}{\sum t_i} = \frac{16 \cdot 60}{72} = 13,2 \approx 14 \text{ завантажень/добу}$$

$$V_{\text{посл}}^{\text{Річ}} = 14 \cdot 249 \cdot 0,4 = 1394,4 \text{ м}^2.$$



Рисунок 3.1 – Графік послідовного ВРПП

2. Паралельний За формулою денний випуск продукції при використанні паралельного ВРПП складає:

$$V_{\text{пар}} = \frac{T_{\text{ВЦ}}^{\text{пар}} + t_{\text{max}} - \sum_{i=1}^n t_i}{t_{\text{max}}} = \frac{16 \cdot 60 + 28 - 72}{28} \approx 33 \text{ разів}$$

$$V_{\text{пар}}^{\text{Річ}} = 33 \cdot 249 \cdot 0,4 = 3286 \frac{\text{м}^2}{\text{рік}}$$

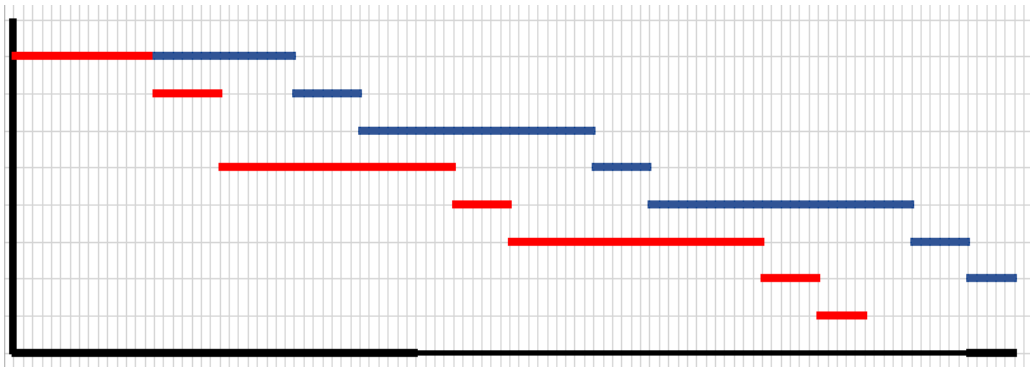


Рисунок 3.2 – графік послідовного ВРПП

3. Синхронізований

Для визначення оптимального ритму для забезпечення річного плану продукції необхідно його розрахувати з використанням формули:

$$N_{\text{завант}} = \frac{T_{\text{В.Ц.}}^{\text{синх}} + R - \sum_{i=1}^n t_i}{R}$$

$$82 = \frac{16 \cdot 60 + R - 72}{R}$$

$$R = \frac{16 \cdot 60 - 72}{81} \approx 10,9 \text{ Хв}$$

Для підтвердження коректності розрахунків розрахуємо річний випуск з урахуванням отриманого ритму.

$$N_{\text{завант}} = \frac{T_{\text{синх}}^{\text{в.ц.}} + R - \sum_{i=1}^n ti}{R} = \frac{16 \cdot 60 + 10,9 - 72}{10,9} = 82,46$$

$$\approx 82 \text{ Зав/день}$$

Оскільки не може бути не ціла кількість завантажень, округляємо до 82.

$$B_{\text{синх}}^{\text{річ}} = 82 \cdot 249 \cdot 0,4 = 8167 \text{ м}^2$$

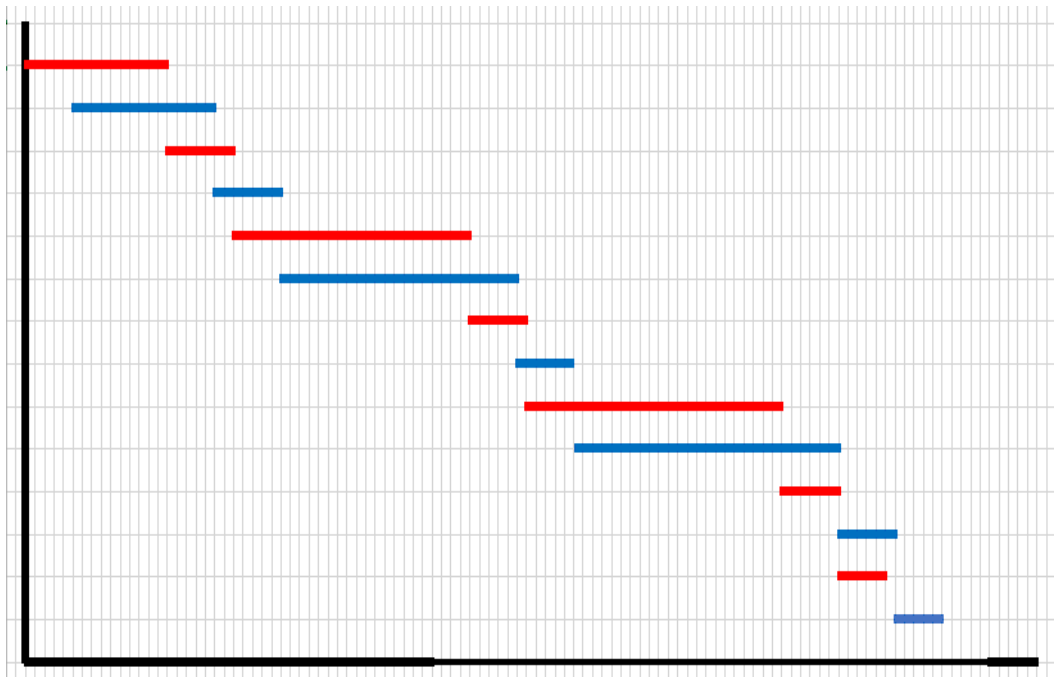


Рисунок 3.3 – графік послідовного ВРПП

При такому ВРПП забезпечення річної програми неможливе

Обираємо синхронізований ВРПП оскільки він забезпечує потрібну кількість продукції для виконання річної норми

- 1 ванна хімічного знежирення
- 1 ванна промивання у теплій воді
- 1 ванна промивання в холодній воді
- 1 ванна травлення
- 1 ванна промивання в холодній воді
- 1 ванна активації
- 1 ванна попереднього сріблення
- 1 ванна вловлення

- 1 ванна сріблення .
- 1 ванна вловлення
- 1 ванна промивання в холодній воді
- 1 ванна промивання у теплій воді

Всього 12 ванн

3.3 Чисельність персоналу та фонд заробітної плати

До складу робочого персоналу входять:

- технолог, для контролю технологічного процесу;
- гальваніки – для виконання основних операції з нанесення покриття .

Оскільки процес електролізу автоматичний, достатньо 2 гальваніків на зміну, та 1 технолог для контролю процесів електролізу, тобто явочна кількість обслуговуючого персоналу

$$Ч_{\text{яв.}} = 3 \text{ осіб}$$

Чисельність персоналу за списком:

$$Ч_{\text{сп.}} = Ч_{\text{яв.}} \cdot K_{\text{пер.}} = Ч_{\text{яв.}} \cdot \frac{T_{\text{підп.}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац.}}^{\text{рік}}} = 3 \cdot \frac{\frac{16}{24} \cdot 249}{\frac{8}{24} \cdot 249} = 6 \text{ осіб}$$

Режим роботи підприємства: 2 зміни по 8 годин з 6.00 до 22.00

2 бригади в кожній по 2 гальваніки і 1-у технологи

Таблиця 3.3 Графік змінності

Дні Прац	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Техн. 1	1	1	1	1	1	В	В	1	1	1	1	1	В	В	1	1	1	1	1	В
Бриг. 1	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2	2	В	В	1	1	1	1	1	В
Бриг. 2	2	2	2	2	2	В	В	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2	2	В

Примітки: «Р» - робочий день, «В» - вихідний день, «1» - перша зміна
«2» - друга зміна

Графік змін на підприємстві наступний: 1-а зміна: 6:00-14:00; 2-а зміна –
14:00 - 22:00.

Розрахуємо мінімальну тарифну ставку згідно мінімальної заробітної плати:

$$T_{\text{мін}} = \frac{6500}{\frac{30}{7} \cdot 40} = 37,9 \text{ грн/год}$$

Таблиця 3.4 – Фонд заробітної плати підприємства

Посада	Кількість осіб	Тарифний розряд	Тарифний коефіцієнт	Тарифна ставка, грн/год	Заробітна плата, грн (На одну людину)		Заробітна плата
					За день	За рік	
технолог	2	8	1,64	62,18	497,47	123870,03	247740,06
Гальванік	3	7	1,54	58,39	467,13	116315,37	348946,11
Всього	6				964,6	240187,4	596686,17

Фонд оплати праці:

$$\text{ФОП} = 3\text{П} \cdot \text{Н} = 596686,17 \cdot 1,22 = 727957,127 \text{ грн/рік.}$$

де Н – нарахування на заробітну плату

3.4 Вартість річних ОбЗ

Вартість сировини і матеріалів розраховується базуючись на їх витратах розрахованих вище .Результати розрахунків наведені в таблиці 3.5.

Розрахуємо витрачену електрику:

$$W = \frac{I \cdot U \cdot N_{\text{завант}} \cdot T_{\text{доб}}}{1000} = \frac{88 \cdot 2,01 \cdot 82 \cdot 249}{1000} = 3611,53 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Таблиця 3.5 – Вартість сировини для річної програми

найменування	Ціна\кг	Витрата на рік , од\рік	Вартість грн\рік
AgNO ₃	30 960	42,79	1 324 778,4
K ₂ CO ₃	130	71,13	9 246,9
KCN	1000	206,94	206 940

H ₂ O	21,25	975	20 718,75
Срібні Аноди	44700	8.174	365 377,8
електроенергія	2,5	3611,53	9 028,9
H ₂ SO ₄	50	206.94	10 247
NaCl	18,5	25,55	472,675
Na ₂ PO ₄	37	19,42	718,54
Na ₂ CO ₃	130	19,42	2524,6
Синадол ДС 10	210	6,489	1362,69
всього			1 951 414,26

Вартість оборотних засобів підприємства:

$$\text{Обз} = \text{В}_{\text{сир}} + \text{ФОП} = 1\,951\,414,26 + 727\,957,127 = 2\,679\,371,39 \text{ грн/рік.}$$

де $\text{В}_{\text{сир}}$ – вартість сировини та електроенергії, ФОП – фонд оплати праці підприємства.

3.5.Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

3.5.1.Калькуляція на продукцію

Таблиця 3.6 Склад основних фондів цеху гальванічних покриттів

№	Найменування обладнання	Кількість одиниць	Вартість, грн
1	ванна хімічного знежирення	1	10 000
2	ванна промивання у теплій воді	2	9 000
3	ванна промивання у холодній воді	3	9 000
4	Ванна травлення	1	10 000
5	Ванна активації	1	10 000
6	Ванна попереднього сріблення	1	20 000
7	Ванна вловлення	2	12 000
8	Ванна сріблення	1	20 000
9	Сушильна шафа	1	10 000
10	Будівлі і споруди	-	300 000
11	трубопровід	-	75 000
12	Планові витрати	-	20 000
Всього:		13	544 000

Для підрахунку основних фондів підприємства треба розрахувати амортизацію будівель і споруд

$$A_{\text{буд}} = \frac{H_A^{\text{буд}}}{T_{\text{екс}}} = \frac{300000}{20} = 15000 \text{ грн/рік}$$

де $H_A^{\text{буд}}$ – вартість будівель та споруд, $T_{\text{екс}}$ – період амортизації будівель та споруд.

Амортизація обладнання:

$$A_{\text{обл}} = \frac{H_A^{\text{обл}}}{T_{\text{екс}}} = \frac{10000 \cdot 4 + 2 \cdot 20000 + 5 \cdot 9000 + 12000 \cdot 2}{5} = 29800 \text{ грн/рік}$$

де $H_A^{\text{обл}}$ - вартість обладнання

Амортизація трубопроводів:

$$A_{\text{тр}} = \frac{H_A^{\text{тр}}}{T_{\text{екс}}} = \frac{75000}{10} = 7500 \text{ грн/рік}$$

де $H_A^{\text{тр}}$ - вартість трубопроводів; $T_{\text{екс}}$ – гарантія виробника.

Амортизація нематеріальних активів:

$$A_{\text{нм}} = \frac{H_A^{\text{нм}}}{T_{\text{екс}}} = \frac{20000}{12} = 1666,7 \text{ грн/рік}$$

де $H_A^{\text{нм}}$ – нематеріальні активи підприємства.

Всього:

$$A = 15000 + 29800 + 7500 + 1666,7 = 53966,7 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

№	Елемент затрат	Вирати		% від собівартості
		На річну програму,	На одиницю продукції,	

		грн/рік	грн./м ²	
1	Амортизація	53966,7	6,61	1,96
2	Заробітна плата	596686,17	73,12	21,6
3	Нарахування на ЗП	131270	16,08	4,76
4	Планові витрати	20000	2,45	0,72
5	Оборотні фонди	1 951 414,26	239,14	70,93
6	Собівартість виробничого процесу	2 753 337,13	337,41	100

3.6 Техніко-економічні показники

Річна виробнича собівартість продукції :

$$C = O\dot{B}З + A = 2\,679\,371,39 + 53\,966,7 = 2\,733\,338,09 \text{ грн/рік.}$$

$$C_{\text{вир}} = C + \text{Неврах. витр.} = 2\,733\,338,09 + 1\,093\,335,236 = 3\,836\,673,32 \text{ грн/рік.}$$

де Невраховані витрати приймають як 40% від С.

$$C_{\text{пов}} = C_{\text{вир}} + \text{Накл. витр.} = 3\,836\,673,32 + 2\,685\,671,32 = 6\,522\,344,64 \text{ грн/рік.}$$

де Накладні витрати становлять 70% від С_{виробн.}

Собівартість одиниці продукції:

$$C = \frac{C}{V_{\text{сінх}}^{\text{річ}}} = \frac{6\,522\,344,6}{8167} = 798.62 \text{ грн/м}^2$$

Прибуток:

$$П = Ц - C = 1200 - 798.62 = 401.38 \text{ грн/м}^2 ,$$

де Ц – ціна на готовий продукт.

Прибуток від реалізації всієї продукції:

$$\Pi_{\text{пов}} = \Pi \cdot V_{\text{синх}}^{\text{річ}} = 401.38 \cdot 8167 = 3\,278\,070,4 \text{ грн/рік.}$$

Рентабельність виробництва:

$$P = \frac{\Pi}{C} = \frac{401.38}{798.62} \cdot 100\% \approx 50\%$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{\Pi}{K} = \frac{3\,278\,070,46}{3\,223\,371,3} = 1,016 \text{ грн/грн.}$$

Капіталовкладення:

$$K = OЗ + OБЗ = 544\,000 + 2\,679\,371,39 = 3\,223\,371,39 \text{ грн.}$$

Період повернення капіталовкладень:

$$T_{\text{пов.}} = \frac{1}{E} = \frac{1}{1,016} = 0,98 \text{ років.}$$

Чисельність персоналу явочна: 3 осіб (на зміну).

Чисельність персоналу за списком: 6 осіб.

Фондовіддача основних засобів:

$$\Phi B_{OЗ} = \frac{Ц \cdot B}{OЗ} = \frac{1200 \cdot 8167}{544\,000} = 18 \text{ грн/грн.}$$

Фондоємність:

$$\Phi E = \frac{1}{\Phi} = \frac{1}{18} = 0,05 \text{ грн/грн}$$

Висновок: в данній частині дипломного проєкту ми розраховали техніко економічні параметри виробництва таким чином термін викупності становить 0,98 років (357 днів), тому підприємство вважаємо рентабельним.

РОЗДІЛ 4. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ СРІБНОГО ПОКРИТТЯ НА ДЕТАЛЬ

4.1.Опис технологічної схеми гальванічного нанесення захисного цинкового покриття

Основним завданням даного технологічного процесу є забезпечення осадження якісного срібного покриття.

Процес електроосадження срібного покриття відбувається при катодній густині струму 2 А/дм^2 протягом 28 хвилин. При заданій площі деталей сила струму на ванні складає 88 А, а напруга 2,01В. Після електролізу, відбувається трьохступенева промивка деталей у ванні промивки [10].

Для забезпечення якісного осаду температура електролізу має бути в діапазоні 18-25 °С.

В процесі роботи електроліт змінює концентрацію та рН. Спочатку електроліт розділяється на два потоки, потрапляючи у перший та другий відсік ванни очистки 5. Електроліт, з першого відсіку потрапляє у другий, пройшовши крізь шар активованого вугілля, що адсорбує домішки. Наявність розділення електроліту на два потоки забезпечує більш тривалий термін служби сорбенту без погіршення чистоти розчину.

Електроліт у другому відсіку очищується по мірі збільшення концентрації Ag та підвищенні рН шляхом електролізу з нерозчинними анодами при режимі, аналогічному режиму в електролізері 1. Нікель, отриманий на катоді 10 використовується в подальшому як анод в електролізері

4.2. Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації

Процес нанесення срібного покриття використовується для надання певних потрібних характеристик мідним контактам пускачів.

Для нанесення покриття використовуємо електроліт такого складу:

AgNO_3 25-30

K_2CO_3 25-30

KCN 70

					ДП ХЕ8109.1450.000 ПЗ	Лист 45
Змм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Режим:

Температура 18 – 25⁰С;

Сила струму 88 А;

Напруга 2,01 В;

Час електролізу 28 хв.

В автоматизованих системах вимірювання температури здійснюється на основі фізичних властивостей тіл, що функціонально пов'язані з температурою останніх. Процес сріблення ведуть при температурах 18 – 25⁰С. Останню можна вимірювати різними видами термометрів.

В процесі нанесення срібного покриття може змінюватись об'єм електроліту при його розбризкуванні, випаровуванні, під час вивантаження деталей та виділенні газів. Саме тому слід автоматично підтримувати постійний рівень електроліту. [10].

В ході електролізу рН електроліту може змінюватись. Значна зміна рН призведе до погіршення якості срібного покриття. Тому в даному схему включено автоматичне вимірювання та контроль рН.

Таким чином на підставі аналізу технологічної схеми, норм технологічного режиму визначаємо необхідний об'єм автоматизації процесу нанесення захисного цинкового покриття, який подано у вигляді таблиці 2.1.

					ДП ХЕ8109.1450.000 ПЗ	Лист
						46
Змм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 - Параметри регулювання та контролю процесу нанесення захисного цинкового покриття[10].

№ п/п	Назва стадії процесу, місце заміру параметру	Назва параметру, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації
1	Стадія нанесення срібного замір параметру проводиться в електролітичній ванні	температура	18-25 °С	вимірювання, реєстрація
2	Стадія сріблення, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	рівень	0,9 м	вимірювання, регулювання, реєстрація
3	Стадія цинкування, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	pH	9-10	вимірювання, регулювання, реєстрація
4	Ванна для нанесення срібного покриття	Сила струму та напруга	88А; 2,01 В	контроль

4.3. Опис розробленої схеми автоматизації

Контроль температури в функціональній схемі автоматизації робити не треба бо електроосадження срібла відбувається за кімнатної температури, тому робимо тільки контроль та вимірювання автоматичний показувальний та реєструвальний вторинний прилад (1-2),

Для регулювання рівня використано передавальний перетворювач рівня з пневматичним вихідним сигналом (2-1), який призначений для неперервного перетворення значення рівня рідини в пропорційний сигнал дистанційної передачі – пневматичний. Також використано вторинний прилад із дистанційним керуванням (2-2) і регулюючий блок (2-3), як виконавчий механізм застосовано мембранний пневмопровід (2-4), перетворювач пневмоелектричний (2-5) та перетворювач електропневматичний (2-6).

Рівень в баці з електролітом визначається передавальним перетворювачем рівня з пневматичним вихідним сигналом (3-1), сигналізатором (3-2) та перетворювач пневмоелектричний (3-3).

Для регулювання рН передбачено чутливий елемент рН-метра заглибного виконання (4-1), перетворювач високоомний (4-2), автоматичний показувальний та реєструвальний прилад (4-3), регулятор електронний, пропорційно-інтегральний (4-4), перетворювач електропневматичний (4-5) та пневмопривід мембранний (4-6).

Для контролю сили струму в ванні сріблення передбачений контур 5, який складається з агрегату випрямного (5-1).

					ДП ХЕ8109.1450.000 ПЗ	Лист
						48
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Під час виконання даного процесу , а саме нанесення срібного покриття, в цехах підприємства використовуються різноманітні засоби серед яких є шкідливі і , навіть небезпечні для людського організму , хімічно- пожежо- і вибухонебезпечні речовини і матеріали. Задіяно апаратуру що використовує різні види енергії та перетворює її такі як механічна, електрична, теплова енергія та енергія стисненого повітря.

Проект виконувався з урахування вимох охорони праці та пожежної безпеки

В даному розділі на основі аналізу шкідливих та небезпечних факторів виробництва розроблені заходи щодо створення здорових та безпечних умов праці і пожежної безпеки виробництва.

Робота, яка ведеться на даному гальванічному виробництві , у цеху пов'язана з обслуговуванням автооператорної та технологічної лінії тож згідно з ДСН 3.3.6.042 – 99 відноситься до категорії фізичних робіт середньої тяжкості Пб [11].

					ДП ХЕ8109.1450.000 ПЗ	Лист
						49
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1.Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектованому об'єкті. Заходи з охорони праці

Таблиця 5.1. Санітарні норми параметрів мікроклімату [12]

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	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж	
			Верхня межа		Нижня межа						
			На робочих місцях								
			Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних					
Холодний	Середньої тяжкості – II-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	

Нормальні умови праці на данному виробництві здійснюються завдяки механізації і автоматизації складних, та трудомісних видів робіт. Також завдяки раціональному позиціонуванню і теплоскрануванню різного устаткування що випромінюють тепло.

Працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту, а саме респіраторами "Пелюсток", спецодягом та взуттям призначених для даних умов праці. [11].

Для видалення шкідливих речовин та їх парів з повітря, фільтрації та подання чистого свіжого повітря, в гальванічному цеху повинна бути передбачена механічна загальнообмінна припливна, місцева витяжна вентиляція, а також механічна місцева витяжна система вентиляції, яка обслуговує шліфувально-полірувальні станки, за для уникнення забруднення повітря відносно великими решками оброблювальних елементів.

Для попередження переохолодження і застудних захворювань робітників, при вході в цех передбачені теплові повітряні завіси.

Для зниження виділення шкідливих речовин в повітря робочої області передбачається наступні заходи:

1. для зменшення випаровування шкідливих речовин і зменшення кількості парів, які вдихають працівники, приготування і коректування ванн здійснюється при дії місцевої вентиляції.

2. Заміна по можливості шкідливих і горючих речовин менш токсичними, негорючими матеріалами. Наприклад: заміна ціанистих електролітів (комплексних електролітів) іншими електролітами, заміна знежирювальних розчинів таких як бензол, толуол, бензин хлор похідними.

4. Для зменшення виносу електролітів з ванни автооператор зупиняється над ванною на такий час щоб з поверхні деталі стекла максимальна кількість електроліту але в розумних нормах аби не зупиняти конвеєр що може призвести до простою обладнання .

5. Для попередження потрапляння на підлогу розчинів проміжки між ваннами закриваються фторопластовими контейнери.

6. Для зменшення кількості електроліту який потрапляє в стічні води, одразу після ванни нанесення покриття передбачено непроточну ванну уловлення.

5.1.1. виробниче освітлення

На виробництві що проєктується передбачаються різні типи освітлення природне штучне , суміщене освітлення . Система природного освітлення – комбінована. Вона являє собою сполучення верхнього й бічного освітлення.

Норми освітлення, КПО згідно ДБН В.2.5.28 – 06 наведені в табл. 5.4

Табл. 5.2 – Норми освітленості і КПО цеху[12].

Розряд і під- розряд зорової роботи	Освітленість, лк		КПО, %	
	Штучне		Природне	Суміщене
	Комбіноване	Загальне	Верхнє і бічне	Верхнє і бічне
IV6	500	200	4 і 1,5	2,4 і 0,9

Для освітлення виробничого приміщення передбачені газорозрядні лампи низького тиску (типу ЛБ, ЛДЦ, ЛД) і високого тиску (типу ДРЛ). Для

місцевого освітлення передбачене аварійне і евакуаційне освітлення, для якого використовують світильники прямого типу. Важливим зауваженням є те що для аварійного освітлення норма складає складає 5 % від нормованої, але не менше 2 лк. [11].

5.1.2 Виробничий шум і вібрація

Лжерел шуму є багато , також шум підсилює вібрація від різного устаткування , і багаторазове відбиття звукових хвиль ід стін цеху.

Основними джерелами шуму ,ю гулу , і вібрації можуть бути

1. Генератори ,
2. системи оїолодження,
3. системи оповіщення,
4. рух операторів виробництва ,
5. випрамлячі
6. охолоджувачи
7. дробарки
8. галтовки
9. перемішувальні камери і т.д.

Рівень шуму на даному виробництві залежить від одночасної роботи всіх видів устаткування і сягає 76...92 дБА за даними лабораторних вимірів, що перевищує допустимий рівень звуку на робочих місцях (допустиме значення, згідно ДСН 3.3.6.037–99 – 80 дБА). [11].

Зниження шуму досягається наступними способами

- Використання різних ізоляційних матеріалів , тобто певна акустична обробка приміщень
- Зменьшення шуму за рахуной зменьшення впливу вібрації різного роду прокладками
- Використання активних чи пасивних засобів захисту слуху працівниками

- Винесення певних елементів устаткування (таких як наприклад генераторів), за межі приміщень де знаходиться основна частина працівників

5.1.3 Електробезпека

Гальванічні процеси на відповідних виробництвах відбуваються тільки за рахунок подачі на вану певної кількості електрики, сили струму і напруги тому гальванічні цехи можна віднести до особливо електро-небезпечних місць.

Ураження людей електричним струмом може виникнути в результаті дотику до струмопідводних елементів устаткування або конструкцій, які опинилися під напругою в результаті порушення або відсутності ізоляції, а також ураження кроковою напругою і через електродугу.

У таких цехах потенційними джерелами електробезпеки є: трансформаторна підстанція, гальванічні ванни для електрохімічного знежирення, нанесення срібного(або будь якого іншого покриття гальванічним способом) покриття і ванни-уловлювачі, шини, які забезпечують підвід струму до ванн, дроти, струмопідводи невідключені та незаізовольовані штанги.

Електричне устаткування цеху підключене до трифазної чотирьохпровідної електричної мережі змінного струму промислової частоти напруги 380/220В із глухозаземленою нейтраллю. Згідно ГОСТ 12.1.038–92 допустимі рівні напруг дотику (U_0) і струму, що проходить через тіло людини (I_L) рівні: при нормальному режимі роботи електричного устаткування $U_0 = 2В$, а $I_L = 0,3мА$; при аварійному (відповідно 36 В и 6 мА). [11].

Для убезпечення працівників цеху від електробезпеки ураження електричним струмом передбачені наступні методи і засоби: за для неможливості ураженню через однофазний дотик людини до мережі змінного струму можна використовувати засоби індивідуального захисту такі як рукавички, чоботи, сало (котрим змащувати руки), слудкувати за коректністю роботи та цілісності електроустаткування, електричний поділ мереж, мала напруга живлення ручних електроінструментів, ізоляція струмоведучих частин, знаки безпеки, огорожувальні пристрої, блокування, сигналізація,

попереджувальні плакати тощо . ізоляцією струмоведучих частин (опір ізоляції не менше 0,5 МОм). Також передбачається для оголених дротів, апаратів, що мають не захищенні і доступні для доторкання струмоведучі частини, розміщення в спеціальних ящиках, що закриваються суцільними або сітчастими огороженнями.

5.1.4 Пожежна безпека

Через велику кількість електроустаткування , а також велику кількість різноманітних хімічних речовин у цехах гальванічного виробництва , в цеху можливе виникнення джерел загоряння .

Основними причинами цього інциденту може бути:

- Змішування виділяемого кисню з повітрям і утворення вибухонебезпечної газової суміші
- Короткі замикання різного електричного устаткування ,
- Несправність приладів направлених на сушку або підігрів ,
- Налаштування обладнання неправильним чином (наприклад коли сила струму перебільшує норму пропускну здатності дротів),
- Необережна поведінка персоналу з легкозаймистими і вибухонебезпечними речовинами

Для попередження перевантажень і короткого замикання в електричних мережах застосовують плавкі запобіжники і спеціальні автомати, включені в мережу послідовно. Попередження перегріву проводів від перехідних опорів досягається збільшенням площі опору контактів, застосування пружних контактів

Для гасіння джерел пожежі на робочих місцях обладнуються протипожежні щити з набором засобів пожежогасіння, пінні вогнегасники (або тип вогнегасника більш підходящий для конкретної ділянки приміщення ,наприклад для лабораторії з великою кількістю точних електронних приладів краще підійде порошковий вогнегасник) і ящики з піском. А також виробничі приміщення та склади обладнанні внутрішніми пожежними кранами – елемент

внутрішнього пожежного водопроводу. Для попередження вибухів газопроводів їх необхідно періодично перевіряти на герметичність.

Встановлюється комбінована охоронно пожежна сигналізація і система оповіщення персоналу .

Кабелі високої напруги проведені в броньованих оболонках. Перед початком електролізу трубопроводи (подачі і відведення електроліту) необхідно продувати повітрям та перевіряти результати продувки.

Таблиця 5.3 – Показники пожежо– та вибухонебезпечності речовин і матеріалів[12].

Назва ділянки	Речовини, що мають обіг у виробництві ГОСТ	Агрегатний стан речовини в нормальних умовах	Горючість, займистість	Показники пожежо та вибухонебезпечності			Межа запалення		Вибухо–небезпечні суміші з повітрям		Вогнегасні засоби	Категорія приміщення за ОНТП 24–86	Клас приміщення і зовнішніх установок згідно з ПУЕ	Категорія об'єкта і тип зони захисту і влаштуванню блискавкозахисту згідно з СН 305–77
				Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання	% об'ємних	мг/м ³	Категорія	Група				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Гальванічна ванна	Вінілпласт	Тв.	Важкозаймисті	–	580	580	–	–	–	–	Вода, піна	В	2	А
	H ₂ O	Газ	Легкогорючі	132	324	57,5	47,5	45–82,5	с	1	Інертний газ			
По-міст	Дерево, гума	Тв.	Горючі	170	400	400	–	–	–	–	Вода	В	2	А
Ізоляція екстоліт	Тв.	Важкогорюча	–	–	358	358	–	–	–	–	Вогнегасники рідинні, вуглекислий. СУБ–7, пісок, піна			

РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА, ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

Одним з найбільших джерел забруднення навколишнього середовища є гальванічне виробництво. головним чином поверхневих і підземних водойм, через утворення великого обсягу стічних вод . Для гальванічного виробництва нього характерні три основні типи забруднення – Рідкі забруднення – стічні води у яких є залишки електролітів та різних хімічних речовин після операцій промивки деталей; – Тверді відходи – осади малорозчинних сполук, утворені внаслідок очистки стічних вод від важких металів та інших компонентів електролітів; – Газоподібні забруднення – пари, аерозолі та повітряно-газові суміші утворені внаслідок технологічних процесів у гальванічних цехах та цехах водоочистки. [8].

Для класифікації методів приймемо переважаючий процес, тоді методи очищення поділяються на сім груп:

- 1) коагуляційно - флотаційні;
- 2) хімічні;
- 3) механічні;
- 4) електрохімічні;
- 5) сорбційні;
- 6) мембранні;
- 7) біологічні.

Шкідливими для людини або ж потенційного працівника цеху можуть бути луги та кислоти, причому дозволений інтервал рН складає 6,5 – 8,5. Небезпечність кислот полягає в тому що вона залежить від її аніона, бо при травленні металів можуть виділятися , наприклад ,отруйні гази, що впливають на здоров'я працівників та потім викидаються у атмосферу де, вже , впливають на здоров'я всієї флори і фауни , певним чином . Вода використовується для: приготування електролітів та різних розчинів, промивку деталей, в системах нагріву та охолодження обладнання [8] Хлориди та сульфати вважаються малотоксичними, але так можна сказати про

будь яку речовини якщо не пам'ятати що це лише до певної концентрації стічні води, які потребують очистки , в гальванічних виробництвах поділяються , в основному , на три типи [9]: – Ціановмісні; Хромовмісні; Кислі та лужні води. Оскільки в нас процес нанесення срібного покриття відбувається за допомогою ціанідного електроліту то в цьому розділі слід розглянути очистку ціановмістних стічних вод .

Схема очистки ціановмістних стічних вод працюю наступним чином:

Після ван промивання ми маємо води що містять іони срібла, для їх відділення запропоновано проводити цементацію алюмінієвим брухтом при перемішенні і протягом декількох годин до повного вилучення металу.

Після чого срібло випадає в осад і має вигляд порошку, який вже видаляється з вод.

Наступний крок це розкладання ціанідів для цього ціановмістні води направляються в бак зі змішувачем до якого вводять розчин NaCl, після чого води надходять в електролізер де, власне , і відбувається розкладання ціанідів

Після цього лужні та кислі стоки із підготовчих операцій поступають в усередовач де відбувається їх нейтралізація до рН 8,2 - 8,5, в свою чергу такий показник рН забезпечує утворення гідратних сполук алюмінію.

Після проходження водами нагрівача котрий забезпечує потрібну температуру здійснюється дегідратація Al_2O_3 , котрий після випадає ушлам і за допомогою фільтрації прибирається з наявних стічних вод .

Після видалення алюмінієвого шламу , стічні води потдають електродіалізній обробці, це робиться для того щоб знесолити отриманий розчин, у налідок чого отримують знесолену воду концентрати хлориду натрію, або гідроксиду натрію та соляної кислоти, які потім направляються зворотно знов на виробництво .

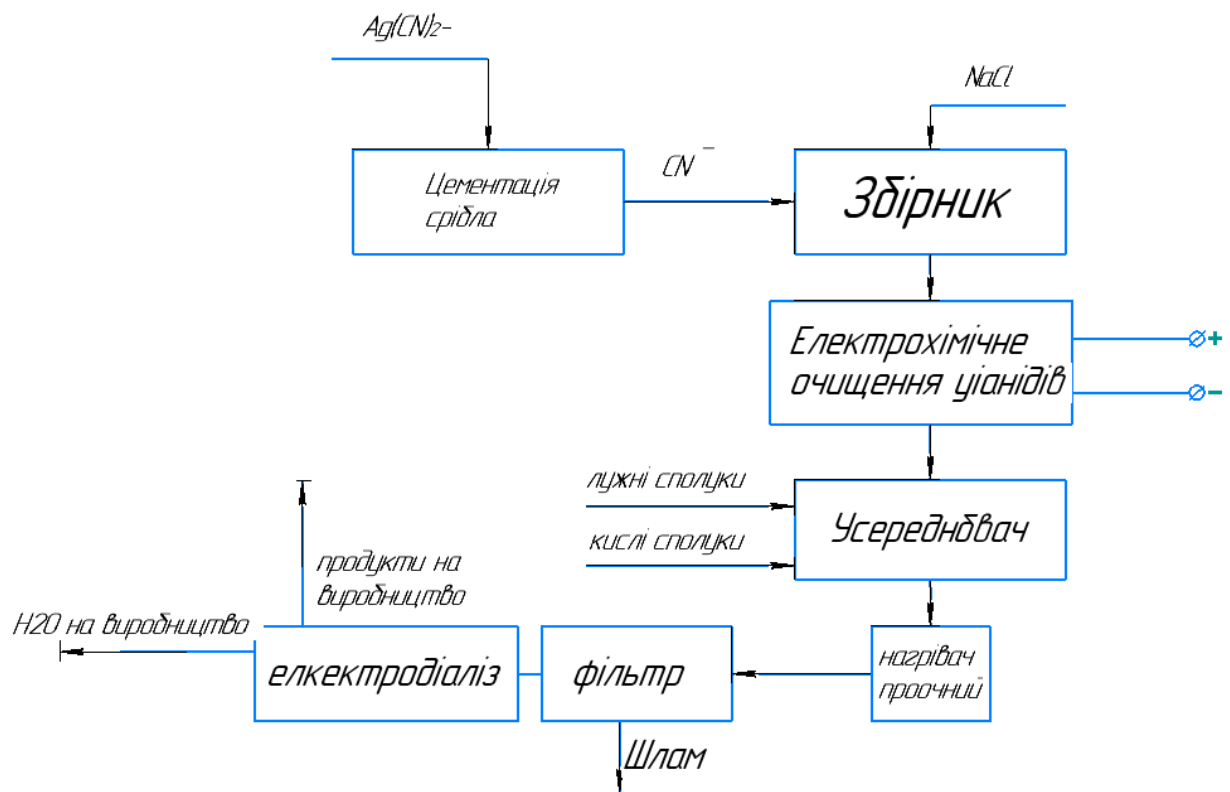


Рисунок 6.1 – Схема очистки стічних вод

ВИСНОВОК

У проєкті розроблений технологічний процес нанесення срібного покриття на контакти пускачів що виконані із міді з використанням ціанідного електроліту сріблення

Для нанесення срібного покриття повної товщини і с заданою продуктивністю була спроектована гальванічна ванна з чотирма бортовими відсмоктувачами та штуцером для злиття електроліту.

Також було запропоновано систему автоматизації процесу нанесення срібного покриття , шляхом оповіщення , регулювання деяких технологічних параметрів і оповіщення. Регулюванню піддавалась такі параметри як: сила струму та напруги , рівень електроліту в ваннійконцентрації ціаністого калію

Проведений безпековий аналіз запропонованого виробництва і передбачені можливі фактори небезек, запропоновані методи нівілювання небезпек на виробництві

Проведений техніко-економічний розрахунок проєкту, а саме розрахована собівартість процесу нанесення покриття , і рентабельність виробництва .

					ДП ХЕ8109.1450.000 ПЗ	7 Лист
Змм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гельванотехника: Справ.нзд. Ажогин Ф.Ф., Беленький М.А., Галль И.Е. и др., М.: Металургия, 1987. 736 с.
2. Конспект лекцій з курсу «Технології нанесення гальванічних покриттів», викладач Мотронюк Т. І.: Київ, 2021
3. Технология электрохимических покрытий: Учеб. Для средних специальных учебных заведений/М. А. Дасоян, И. Я. Пальмская, Е. В. Сахарова. – Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1989. – 391 с.: ил
4. Справочник по гальваностегии. Каденер Л.И. «Техніка», 1976, 254с
5. Справочник по электрохимии/Под ред. А. М. Сухотина. – Л.: Химия, 1981. – 488 с., ил
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. Ліночева, М.І. Донченко, О.І. Букет. – К: НТУУ «КПІ», 2006. – 66с.
7. Конспект лекції з курсу «Економіка підприємства». Викладач Підлісна О. А.: Київ, 2020
8. Екологічна безпека гальванотехніки. Стічні води. Механічна та сорбційна очистка [Електронний ресурс] : підручник для студ. кваліфікації 2146.2 – інженер – технолог (хімічні технології) та 2149.2 – інженер – дослідник (хімічні технології) спеціалізації «Електрохімічні технології неорганічних та органічних матеріалів» / М.І. Донченко, С.В. Фроленкова, Т.І. Мотронюк ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 14,89 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 202 с
9. Конспект лекцій з курсу «Екологічна безпека технологічних процесів у галузі» викладач Фроленкова С.В.: Київ, 2021

					ДП ХЕ8109.1450.000 ПЗ	8 Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Конспект лекцій з курсу «Контролю та керування хіміко-технологічними процесами», викладач Лукінюк М. В.: Київ, 2019
11. Метод, вказівки до викон. розділу «Охорона праці» в дипломних проектах і роботах бакалаврів хіміко-технологічного і біотехнології та біотехніки фтів/ Уклад.: А. Т. Орленко, Н. А. Праховнік, Ю. О. Полукаров – К.: НТУУ «КП», 2011. – 33с

					ДП ХЕ8109.1450.000 ПЗ	9 Лист
Змм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОЛАТОК А

Таблиця А.1 карта технологічного процесу

	Операція		Склад розчину і концентрація		Режим			Примітки
	Назва	Зміст	Назва і хім.формула	г/дм ³	Час обробки, хв	t, °C	A/δ м ²	
	2	3	4	5	6	7	8	9
05	Монтаж	Монтування деталей			4			
10	Електрохімічне знежирення	Очистка поверхні деталі	Na ₂ CO ₃ техн. Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O Синтанол ДС-10	15-35 15-35 5	10	60	5	
15	Промивання тепле	Промивати гарячою непроточною водою	Вода тепла водопровідна		1 – 2	40±10		
20	Промивання холодне	Промивати холодною проточною водою	Вода холодна водопровідна		1 – 2	18 – 25		
25	Травлення		H ₂ SO ₄ NaCl	160 20		18 – 25		
30	Промивання холодне	Промивати холодною проточною водою	Вода холодна водопровідна		1 – 2	18 – 25		

Продовження таблиці А.1

35	Активация	Активувати в кислому розчині без інгібітору	KCN	30		18 – 25		
	Попереднє сріблення	Нанесення попереднього срібного покриття	AgNO ₃ K ₂ CO ₃ KCN	1.8-3.1 20-30 70-90	3	20	1-2	Обов'язковий для деталей з міді за для уникнення контактної обміну
40	Вловлення	Вловлення у деіонізованій непроточній воді	Вода холодна водопровідна		3 – 4	18 – 25		
45	Сріблення	Нанесення срібного покриття	AgNO ₃ K ₂ CO ₃ KCN	25-30 20-30 70	8	18 – 25	0,5	Деталі занурюють під струмом
50	Уловлювання	Промивати холодною непроточною водою	Вода холодна водопровідна			18 – 25		

Продовження таблиці А.1

55	Промивання холодне	Промивати холодною проточною водою	Вода холодна водопровідна		1 – 2	8 – 25		
60	Промивання тепле	Промивати гарячою непроточною водою	Вода гаряча деіонізована		1 – 2	40± 10		
70	Сушіння	Сушити гарячим повітрям			2 – 5	90± 10		Проводити в сушильний камері
75	Демонтаж	Демонтувати підвіску з деталями катодної штанги						Демонтаж деталей з підвіски проводити за межами лінії

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 специфікація з автоматизації

Позиція на схемі автоматизації	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва та характеристики	Тип моделі	Кількість	Завод-виробник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-1	Температура	Електроліт електрлітична 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	Підприємство «МІКРОЛ», м. Івано-Франківськ
1-2	Температура	Електроліт електрлітична 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, 100М	ДИСК-250	1	Підприємство «МІКРОЛ», м. Івано-Франківськ
2-1	рівень	Електроліт електрлітична ванна	0,9 м	На щиті керування	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	Підприємство «МІКРОЛ», м. Івано-Франківськ
2-2	рівень	Електроліт електрлітична ванна	0,9 м	місцевий	Прилад вторинний пневматичний, показувальний, реєструвальний зі станцією керування, $P_{вх} = 0,02-0,1$ МПа	ФК 0071	2	Підприємство «МІКРОЛ», м. Івано-Франківськ

2-3	рівень	Електроліт електрлітична ванна	0,9 м	місцевий	Регулятор пневматичний, пропорціонально-інтегральний, Рвих = 0,02–0,1 МПа	ФР 0091	2	ВАТ «Прикарпатпром- арматура», м. Івано-Франківськ
2-4	рівень	Електроліт електрлітична ванна	0,9 м	На щиті керування	Пневмопривід мембранний, Рвих = 0,02–0,1 МПа	В26-41	1	ВАТ «Прикарпатпром- арматура», м. Івано-Франківськ
2-5	рівень	Електроліт електрлітична ванна	0,9 м	місцевий	Перетворювач пневмоелектричний, Рвх=20...100 кПа, Івих=0(4)...20 мА	ППЭ-ДУ	1	АТ „Хімавтоматика”, м. Северодонецьк
2-6	рівень	Електроліт електрлітична ванна	0,9 м	місцевий	Перетворювач електропневматичний, Івх=0(4)...20 мА, Рвих=20...100 кПа	ЭПП-М	1	АТ „Хімавтоматика”, м. Северодонецьк
3-1	рівень	Електроліт електрлітична ванна	0,9 м	На щиті керування	Рівнемір буйковий з пневматичним вихідним сигналом; Рвих = 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 «Теплоприбор», м. Рязань
3-2	рівень	Електроліт електрлітична ванна	0,9 м	місцевий	Прилад вторинний пневматичний, показувальний, Рвх = 0,02–0,1 МПа	ФК 0071	2	АТ „Хімавтоматика”, м. Северодонецьк

3-3	рівень	Електроліт електрлітична ванна	0,9 м	місцевий	Перетворювач пневмоелектричний, Рвх=20...100 кПа, Івих=0(4)...20 мА	ППЭ-ДУ	1	АТ „Хімавтоматика”, м. Северодонецьк
4-1	рН	Електроліт гальванічна ванна	9-10	На щиті керування	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	рН	Електроліт гальванічна ванна	9-10	місцевий	Перетворювач високоомний, Івих = 0–5 мА	П-201	2	Гомельський завод вимірювальних приладів, м. Гомель
4-3	рН	Електроліт гальванічна ванна	9-10	місцевий	Автоматичний показувальний і реєструвальний прилад, Івх = 0–5 мА	А543	1	ЗАТ «Промышленная группа «Метран», м. Челябинськ
4-4	рН	Електроліт гальванічна ванна	9-10	місцевий	Регулятор електронний, пропорційно-інтегральний, Івх = 0–5 мА	МІК-21	1	Підприємство «МІКРОЛ», м. Івано-Франківськ
4-5	рН	Електроліт гальванічна ванна	9-10	На щиті керування	Перетворювач електропневматичний, Івх = 0–5 мА Рвих = 0,02–0,1 МПа	ПЕП-95	2	ВАТ «Прикарпатпром- арматура», м. Івано-Франківськ
4-6	рН	Електроліт гальванічна ванна	9-10	На щиті керування	Пневмопровід мембранний, прямохідний з боковим дублером	МИМП ППХ 01	1	ВАТ «Прикарпатпром- арматура», м. Івано-Франківськ

5-1	Сила струму та напруга	електрлітична ванна	I=200A U=2.01В	місцевий	Агрегат випрямний для гальванічних ванн, I _{max} = 800 А, U _{max} = 12 В	ТЕІ- 400/12Т	1	ЗАТ МДК «ЕЛАРП»
-----	---------------------------	------------------------	-------------------	----------	--	-----------------	---	-----------------