

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

Хіміко-технологічний факультет

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра технології електрохімічних виробництв

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

О. В. Лінючева

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«_____» 2020 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

Спеціальність : 161 Хімічні технології та інженерія

на тему: Гальванічні покриття в авіабудуванні. Розробка технології нанесення кадмієвого покриття на сталеві деталі.

Виконав:

студент IV курсу, групи ХЕ-61

Тригубчук Дмитро Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник проф. к.х.н Погребова І.С.

(посада, наукова ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультанти:

Автоматизація

(назва розділу)

доц. Сазонов А.Ю.

(посада, наукова ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Охорона праці

(назва розділу)

доц., к.т.н. Полукаров Ю.О.

(посада, наукова ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Екологічна безпека

(назва розділу)

доц. Фроленкова С.В.

(посада, наукова ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Економічна частина

(назва розділу)

доц., к.т.н. Підлісна О.А.

(посада, наукова ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, наукова ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній
роботі немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань. Студент _____ (підпис)

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
Імені Ігоря Сікорського»
Інститут (факультет) Хіміко-технологічний факультет
Кафедра Технології електрохімічних виробництв
Рівень вищої освіти-перший (бакалаврський)
Спеціальність: 161 Хімічні технології та інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)
« _____ » 2020 р.

О. В. Лінючева
(ініціали, прізвище)

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Тригубчуку Дмитру Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Гальванічні покриття в авіабудуванні. Розробка технології нанесення кадмієвого покриття на сталеві деталі»

Керівник проекту: Погребова І.С. к.х.н. проф.

Затверджені наказом по університету від 22.04.2020 № 1031-с

2. Термін подання студентом проекту 12.06.2020 р.

3. Вихідні дані до проекту Матеріали з практики. Зарубіжні та вітчизняні монографії та періодичні видання. Електроліт – трилонатний. Продуктивність 13000 м²/рік.

4. Зміст пояснювальної записки Обґрунтування і вибір товщини покриття, складання технологічної карти процесу, балансів струму, напруги, енергії, контроль якості нанесення покриття, розрахунок організаційно-економічних показників, заходи з автоматизації виробництва, екологічна безпека кадмієвого виробництва.

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

5. Схема очищення стічних вод.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Автоматизація	ас. Сазонов А.Ю.		
Охорона праці	к.т.н., доц. Полукаров Ю.О.		
Економічна частина	к.т.н., доц. Підлісна О.А.		
Екологічна безпека	доц. Фроленкова С.В.		
Технологічна частина	к.х.н., проф. Погребова І.С.		

7. Дата видачі завдання « » 2020 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз літератури. Наведення характеристик деталей, що підлягають обробці.	24.04.2020	
2	Вибір виду покриття	01.05.2020	
3	Вибір підготовчих операцій	08.05.2020	
4	Вибір складу електроліту для нанесення гальванічного покриття	13.05.2020	
5	Вибір завершальних операцій	18.05.2020	
6	Складання карти технологічного процесу	20.05.2020	
7	Виконання технологічних розрахунків	20.05.2020	
8	Виконання креслень ванн	25.05.2020	

9	Складання схеми очищення стічних вод	29.05.2020	
10	Складання схеми автоматизації основного процесу	29.05.2020	
11	Виконання економічних розрахунків	29.05.2020	
12	Виконання розділу «Охорона праці та техніка безпеки»	29.05.2020	
13	Оформлення пояснювальної записки	08.06.2020	
14	Оформлення графічної частини проекту	10.06.2020	
15	Захист дипломного проекту.	16.06.2020	

Студент

(підпис)

Д.О. Тригубчук

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

(підпис)

І.С. Погребова

(ініціали, прізвище)

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/П	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	3	
2	A4	ДП ХЕ6123.1450.000 ПЗ	Пояснювальна записка	95	
3	A1	ДП ХЕ6123.1450.001 СК	Складальне креслення гальванічної ванни для кадмування	1	
4	A1	ДП ХЕ6123.1450.002 Сх А	Схема автоматизації процесу кадмування	1	
5	A1		Техніко-економічні показники гальванічного цеху кадмування	1	

	ПІБ	Підп.	Дата	ДП ХЕ6123.1450.000		
Розробн.	Тригубчук Д.О			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.	Погребова І.С				5	95
Консульт.					КПІм. Ігоря Сікорського Каф. ТЕХВ Гр. ХЕ-61	
Н/контр.						
Зав.каф.	Лінючева О.В.					

Пояснювальна записка
до дипломного проекту

на тему: Гальванічні покриття в авіабудуванні. Розробка технології нанесення кадмієвого покриття на сталеві деталі.

РЕФЕРАТ

„Гальванічні покриття в авіабудуванні. Розробка технології нанесення кадмієвого покриття на сталеві деталі.”

Тригубчук Д.О. – Київ: НТУУ „КПІ ім. Ігоря Сікорського”, ХТФ, ХЕ-61

Дипломний проект, 2020 рік, кількість сторінок – 95, таблиць – 22, рисунків – 7, джерел – 15.

У проекті розроблено технологію нанесення кадмієвого покриття на сталеві деталі з трилонатного електроліту продуктивністю – 13000 м²/рік. Обраний електроліт дає можливість використовувати підвищені густини струму.

Приведено технологічні розрахунки, вибрано необхідне обладнання, розроблено схему автоматизації процесу, розраховано основні техніко-економічні показники виробництва, розроблено схему очистки стічних вод від йонів кадмію, хрому та трилону Б. Запропоновано заходи з забезпечення безпеки працівників виробництва.

Ключові слова: КАДМУВАННЯ, ГАЛЬВАНІЧНА ВАННА, ТРИЛОНАТНИЙ ЕЛЕКТРОЛІТ, ШАССІ.

					ДП ХЕ.6123.1450.000 ПЗ			
Из	Лист	№	Підп	Лам	Розробка технології нанесення кадмієвого покриття на сталеві			
Розроб	Тригубчук							
Перев	Погребова				«КПІм. Ігоря Сікорського»,			
Н.контр.к								
Умв	Лінійчева							
					Лит.	Лист	Листов	
						7	95	

ABSTRACT

„Galvanic coatings in aircraft construction. Development of technology for applying cadmium coating on steel parts. ”

Trigubchuk D. - Kyiv: NTUU "Igor Sikorsky KPI ", CTF, XE-61

Graduation project, 2020, number of pages - 95, tables - 22, figures - 7, sources - 15.

The project develops the technology of applying cadmium coating on steel parts of trilonate electrolyte, productivity – 13000 m²/year. Electrolyte let usage higher current density . The project provides technological calculations, selects the necessary equipment, developed a process automation scheme, calculated the main technical and economic indicators of production, developed a scheme for wastewater treatment from cadmium, chromium and trilon B. Suggested measures to ensure the safety of production workers.

Key words: CODMING, GALVANIC BATH, CHASSIS, ELECTROLYSIS.

					ДП ХЕ6123.1450.000 ПЗ		
Из	Лист	№	Підп	Лат	<i>Розробка технології нанесення кадмієвого покриття на сталеві</i>		
Розроб	Тригубчук						
Перев	Погребова				Лит. Лист Листов		
					8 95		
Н.контр.к					«КПІм. Ігоря Сікорського»,		
Умв	Лінючева						

ЗМІСТ

Вступ.....	11
РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	12
1.1 Вибір виду гальванічного покриття.....	12
1.1.1 Характеристика кадмієвих покриттів.....	12
1.1.2 Характеристика деталі, що обробляється	13
1.1.3 Вибір товщини гальванічного покриття покриття	15
1.2 Вибір технологічного процесу	16
1.2.1 Підготовка поверхні виробу перед нанесенням гальванічного покриття.....	16
1.2.2 Вибір електроліту для нанесення гальванічного покриття	18
1.2.3 Вибір і обґрунтування завершальних операцій.....	24
1.2.4 Контроль якості гальванічного покриття	25
1.2.5 Карта технологічного процесу нанесення кадмієвого покриття з трилонатного електроліту.	27
РОЗДІЛ 2 Вибір і розрахунок обладнання для нанесення кадмієвого покриття.....	32
2.1 Розрахунок часу осадження кадмієвого покриття.....	32
2.2 Виробнича програма цеху і режим його роботи.....	33
2.2.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання.....	33
2.2.2 Визначення виробничої програми обладнання.....	33
2.2.3 Вибір виду обладнання для нанесення гальванічного покриття, розрахунок його кількості та габаритних розмірів	34
2.3 Технологічні розрахунки.....	37
2.3.1 Баланс струму на гальванічній ванні.....	37
2.3.2 Баланс напруги на гальванічній ванні.....	40
2.3.3 Вибір джерела постійного струму.....	42
2.3.4 Баланс енергії гальванічних ванн.	42
2.3.5 Тепловий розрахунок гальванічної ванни	44

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
						9
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		

2.4 Розрахунок витрат матеріалів.	44
2.4.1 Витрати анодів.	44
2.4.2 Розрахунок витрат хімічних реактивів для розчину електроліту.	45
2.4.3 Розрахунок витрат реактивів для ванни хімічного знежирення	46
2.4.4 Розрахунок витрат реагентів для ванни електрохімічного знежирення.	47
2.4.5 Розрахунок витрат реагентів для ванни хімічного травлення	47
2.4.6 Розрахунок витрат реагентів для ванни активації	48
2.4.7 Розрахунок витрат реагентів для ванни хроматування.	48
2.5 Розрахунок витрат води	49
РОЗДІЛ ЗАВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ КАДМУВАННЯ.	53
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ	55
4.1 Підприємство у промисловій структурі держави.	55
4.2 Технічний контроль на виробництві:	63
4.3 Розрахунок витрат на контроль якості.	63
4.4 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва.	64
4.5 Техніко-економічні показники	67
4.6 Функціонально-вартісний аналіз електролітів кадмування.	69
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ.	72
РОЗДІЛ 6 . ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА	
ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА.	85
Висновок	89
Список використаної літератури	90
Додатки.	92

ВСТУП

Будь-яка сучасна частина промисловості висуває ряд вимог до обладнання, яке в ній застосовується. Зокрема важливою проблемою для неї є корозія металевого обладнання, яка кожного року спричиняє збитки у світі на трильйони доларів.

В зв'язку з цим, необхідно використовувати певні методи для захисту металів від корозії. Одним з найпоширеніших заходів у боротьбі з корозією є нанесення гальванічних покриттів, які надійно та впродовж тривалого часу здатні захищати метали від корозії, навіть у складних умовах. До металів-покриття висуваються такі вимоги: надійність та тривалість захисту, стійкість у жорстких умовах, мінімальна вартість та токсичність.

Зокрема в авіабудуванні, де більшість деталей виконують високо-відповідальну функцію, проблема захисту металів від корозії, постає ще більш гостро, зважаючи на важкі умови експлуатації.

Кадмієві покриття добре зарекомендували себе в авіабудуванні, приладобудуванні та у галузі будівництва кораблів, через високу стійкість у морській воді.

Метою даного проекту є розробка технологічного процесу нанесення кадмієвого покриття на сталь, з трилонатного електроліту, з продуктивністю 13000 м²/рік.

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ докум	Підпис	Лат		11

РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Вибір виду гальванічного покриття.

1.1.1 Характеристика кадмієвих покриттів

Кадмій – сріблясто-білий метал, пластичніший за цинк, добре витримує запресовку, розвальцовку, завинчування. Покриття володіє доброю адгезією до поверхні металу-основи, високими антифрикційними властивостями, але низькою зносостійкістю.

Кадмієві покриття застосовують для захисту від корозії найбільш відповідальних деталей машин, кораблів, літаків і приладів, які працюють в умовах морського або вологого тропічного клімату, високоміцних пружинних сталей, що працюють при температурі вище 250°C, для покриття електричних контактів, оскільки кадмій піддається паянню і має низький перехідний контактний опір. Висока пластичність кадмію створює умови для легкого і плавного затягування всіх різьбових з'єднань. Його наносять на сталь, мідь, алюміній і їх сплави.

Для підвищення захисних властивостей кадмієвого покриття його піддають хроматуванню чи фосфатуванню, що покращує його товарний вигляд та підвищує корозійну стійкість.

Товщина кадмієвих покриттів, що наносяться на сталь, складає для нормальних умов до 15 мкм, для жорстких – 24...30, а в деяких випадках навіть 40 мкм.

Температура плавлення кадмію складає 321 °C, густина 8,64 г/см³.

Стандартний потенціал кадмію складає -0,403 В. Через близькість потенціалів кадмію та заліза, характер захисту може бути різним. В звичайних умовах кадмій є катодним покриттям відносно заліза і захищає його тільки механічно, в зв'язку з чим покриття має бути безпористим, в той час як у морській воді, яка містить іони Cl⁻ та SO₄²⁻ потенціал кадмію зсувається у більш негативний бік і покриття стає анодним.

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лам		12

У порівнянні з цинковими покриттями кадмій більш стійкий у морській воді, що використовується для захисту деталей, які працюють в атмосфері морського повітря.

В сухій атмосфері кадмій довгий час зберігає свій зовнішній вигляд. При наявності вологи у повітрі швидко тьмяніє, покриваючись оксидною плівкою, яка добре захищає його від подальших руйнувань.

В сухій атмосфері кадмій довгий час зберігає свій зовнішній вигляд. При наявності вологи у повітрі швидко тьмяніє, покриваючись оксидною плівкою, яка добре захищає його від подальших руйнувань.[1]

1.1.2 Характеристика деталі, що обробляється

Обрана деталь – ланка верхнього підкосу шасі. При складанні шасі нижня ланка верхнього підкосу подається вперед, нижня ланка подається назад, що призводить до їх складання. Випуск шасі виконується у зворотньому порядку. Складання шасі забезпечують два шарнірні з'єднання у верхній частині деталі та одне таке з'єднання у нижній, яке поєднується з системою нижнього підкосу шасі. [2]

Особливістю експлуатації обраної деталі є високі механічні навантаження та робота в широкотемпературному діапазоні в умовах тропічного та морського клімату.

На рисунку 1.1 зображено ескіз деталі.

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ докум	Підпис	Лат		13

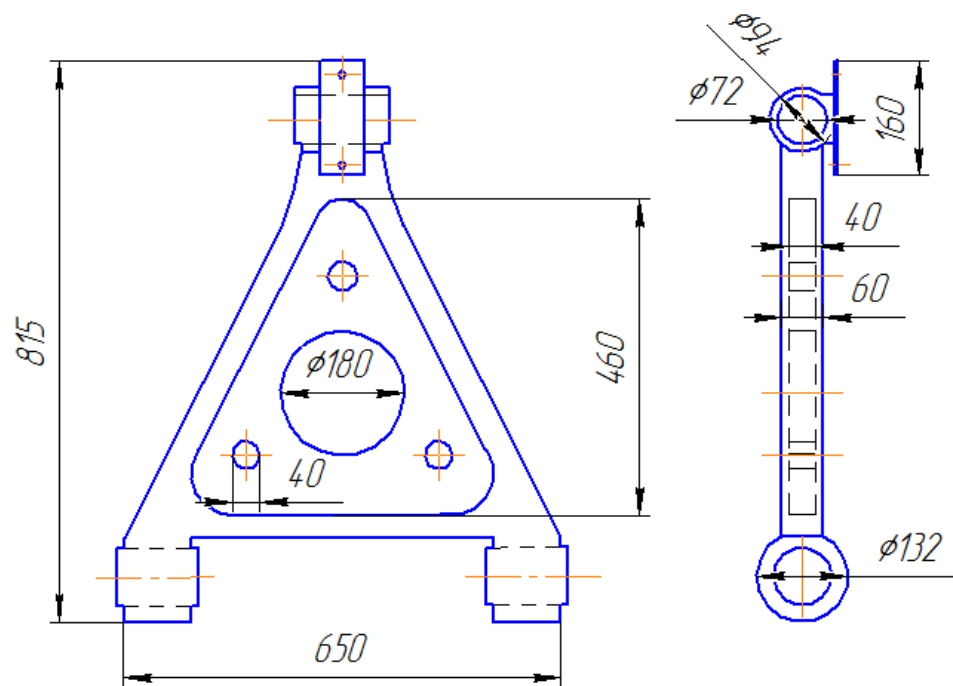


Рис. 1.1 – Ескіз деталі, яка обробляється.

Габаритні розміри деталі: 815*650*132 мм.

Площа деталі: 0,7 м².

Маса деталі: 75 кг.

Матеріал деталі: Авіаційна конструкторська сталь 30ХГСН2МА

Склад сталі згідно з ТУ14-1-1885-85:

С – 0.28-0.34 %, S – до 0,005 %, Р – до 0,025, Мп – 0.8-1,1 %, Cr – 0.8 -1.1%, Si – 0.9-1.2 %, Ni – 1.8-2.1%, Мо – 0.35 -0.45%, Fe – решта.

					ЛП XF6123 1450 00 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		14



Рис 1.2 – Положення обраної деталі в передній стійці шасі.

Перед надходженням в цех деталі проходять ручне шліфування та піскоструменеву обробку. Після піскоструменевої обробки деталь промивають у холодній воді протягом 2-3 хвилин з метою видалення піску та наявних післяопераційних забруднень. Якість обробки поверхні деталей перевіряють візуально, поверхня оброблених деталей повинна мати матовий рівний тон, на поверхні не повинно бути видно слідів піску і механічної обробки. На рисунку 1.2 зображено місце деталі у стійці шасі.

1.1.3 Вибір товщини гальванічного покриття

Згідно ГОСТ 9.303-84, при нанесенні кадмію на сталеві деталі в 6 та 7 умовах експлуатації товщина покриття має становити 18 мкм. Товщина покриття вибрана з огляду на те, що деталь буде експлуатуватися в широкому інтервалі температур (від -50 до +50 °C) також дана деталь є важливим вузлом системи переднього шасі, має три шарнірні з'єднання, які мають володіти високою міцністю та антифрикційними властивостями, має безпосередній контакт з атмосферою та є деталлю заміна якої є дорогою та тривалою, оскільки виникає необхідність повного демонтажу всього блоку переднього шасі. З огляду на всекліматичне використання

					ЛП XF6123 1450 00 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		15

літаків найкращим захисним покриттям даної деталі є кадмієве покриття, яке виявляє найбільшу стійкість в зазначених умовах експлуатації[3].

1.2 Вибір технологічного процесу

1.2.1 Підготовка поверхні виробу перед нанесенням гальванічного покриття.

Механічна очистка поверхні - відбувається шліфування поверхні деталі шліфувальною машиною з подальшою піско-струменною обробкою, під тиском 4-5 атмосфер, протягом 15 хвилин. Проводиться з метою видалення з поверхні деталі бруду, продуктів корозії, пилу та інших небажаних факторів, які можуть погіршити адгезію металу-покриття до поверхні металу-основи.

Хімічне знежирення. Проводиться для видалення жирових забруднень, мінеральних масел, консерваційних мастил, неомилюваних жирів з поверхні деталі, які можуть погіршити адгезію кадмієвого покриття з металом-оснотою через те, що жирові забруднення мають значну товщину та майже не проводять струм. Суть хімічного знежирення полягає в тому, що жири під дією лугу утворюють розчинні сполуки, які легко видаляються водою. Знежирення проводять у розчині складу:

NaOH – 20-40 г/л,

$\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ – 5-15 г/л,

ДС-10 – 3-5 г/л,

Na_2SiO_3 – 5-10 г/л.

Час обробки 2-5 хвилин. Температура 50-70 °С.

Промивання в теплій проточній воді. Проводиться для остаточного видалення жирів та компонентів розчину хімічного знежирення в теплій проточній воді з температурою 45-50 °С, Час промивання 2-3хв. Використання підвищених температур дозволяє інтенсифікувати процес

Промивка холодна проводиться для остаточного видалення залишків компонентів розчину хімічного знежирення з поверхні деталі.

Електрохімічне знежирення. Проводиться для видалення найменшого шару жиру, який залишився після хімічного знежирення в розчині складу:

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		16

NaOH -15-25г/л, Na₃PO₄ – 30-70 г/л, Na₂CO₃ -20-25 г/л,
 Na₂SiO₃ -5-8 г/л. Час обробки 10 хвилин, температура 50-70⁰С.
 Густина струму 3-10 А/дм²

Катодна густина струму 3 А/дм², анодна густина струму 6А/дм²В якості допоміжного електрода використовується високовуглецева сталь. Відношення часу катодної обробки до анодної становить 1/3. При чому останньою має бути саме анодна обробка. Суть обробки полягає у виділенні водню, коли деталь завішена як катод. Водень своїми пухирцями підриває краплі жиру і видаляє їх з поверхні. На аноді виділяється кисень, який не тільки видаляє жирові бульбашки, а й видаляє бульбашки водню, зменьшуюючи при цьому наводнюваність поверхні.

Промивання в теплій проточній воді. Проводиться для остаточного видалення жирів та компонентів розчину електрохімічного знежирення в теплій проточній воді з температурою 45- 50 °С, Час промивання 2-3хв. Використання підвищених температур дозволяє інтенсифікувати процес

Промивка холодна проводиться для остаточного видалення залишків компонентів розчину електрохімічного знежирення з поверхні деталі.

Травлення. Після видалення забруднень і жирових плівок повинні бути вилучені оксидні плівки, іржа й інші хімічні сполуки, що знаходяться на поверхні металу. Ці сполуки, при досить великій товщині та щільності, можуть перешкоджати осадженню гальванічних покриттів або сильно послабити зчеплення покриття з основним металом. Для даної деталі розчином для травлення є розчинH₂SO₄ 150-250 г/л з додаванням інгібітора КПІ-3 3-5 г/л. Час обробки 10 хвилин.

Промивка холодна: Проводиться протягом 3 хвилин водопровідною водою.

Активация - проводиться в розчині сульфатної кислоти (50-100 г/л) з метою видалення тонких оксидних плівок після промивання водою, яка містить речовини кисень. Час обробки 4-5 хвилин.[1]

Промивка холодна: Проводиться протягом 3 хвилин водопровідною

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		17

водою. Після промивки деталь надходить у ванну кадмування.

1.2.2 Вибір електроліту для нанесення гальванічного покриття

Для електрохімічного кадмування розроблено велику кількість електролітів.

Як і для нанесення інших покриттів, електроліти поділяють на прості - кислі та складні - комплексні.

Прості електроліти широко застосовуються у промисловості, до них належать: сульфатні, борфторидні, солянокислі, в яких кадмій перебуває у вигляді гідратованих іонів.

До комплексних електролітів належать: ціанідні, пірофосфатні, аміакатні в цих електролітах кадмій міститься у вигляді аніонних, або катіонних комплексів. Особливу групу комплексних електролітів складають електроліти з органічними лігандами. Наприклад - етилендіамінові, моноетаноламінові, поліетиленполіамінові, глікольові та трилонатні.[1],[4],[5]

Прості електроліти

Для простих електролітів характерним є низька розсіювальна здатність, збільшити яку можливо введенням ПАР (міздровий, або столярний клей, желатин, добавка ДЦУ, ОС-20) за рахунок підвищення катодної поляризації, при цьому структура покриттів наближається до тих, які були отримані в ціаністому електроліті, властивості якого будуть наведені нижче. Через високу перенапругу виділення водню на кадмії, катодний вихід за струмом наближається до 100%. Маючи низьку розсіювальну здатність, навіть з добавками, прості електроліти є придатними виключно для деталей простої конфігурації.[1],[4],[5]

Кислі електроліти кадмування та їх режими роботи.

Електроліт №1:

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ докум	Підпис	Лат		18

$\text{CdSO}_4 \cdot 8/3\text{H}_2\text{O}$ – 40-60 г/л

H_2SO_4 – 40-60 г/л

Клей столярний – 1-2 г/л

$i_k = 1-3 \text{ А/дм}^2$

$t = 15-30^\circ\text{C}$

Електроліт №2:

CdO – 15-30 г/л

H_2SO_4 – 38-75 г/л

Лімеда БК-10 -15-30 мл/л

Оптимальним значенням рН, в залежності від складу розчину є 2 -5,5.
[1],[4],[5]

Ціанідні електроліти:

В даному електроліті кадмій перебуває у вигляді комплексних аніонів типу $\text{M}(\text{CN})_4^{2-}$.

Оскільки в такому електроліті відновлення іонів кадмію перебігає з високою катодною поляризацією, внаслідок стійкості комплексного іона, покриття має дрібнокристалічну структуру та володіє високою адгезією до поверхні основи. Електроліт має високу розсіювальну здатність, що дозволяє використовувати його навіть для складнопрофільованих деталей.

Широкого застосування в промисловості набув електроліт наступного складу:

CdO – 25-40 г/л

NaCN – 80-130 г/л

NaOH – 20-30 г/л

$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 1-1,5 г/л

$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ – 40-60 г/л

Декстрин 2-5 г/л

Режим електролізу: $i_k = 1-2 \text{ А/дм}^2$, із застосуванням реверсивного струму зі збереженням співвідношенням часу анодного і катодного періоду

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ докум	Підпис	Лат		19

1/5, густину струму можна збільшити до 3,5 А/дм².

Головним недоліком даного електроліту є його висока токсичність, яка пов'язана з роботою з ціаносполуками в результаті взаємодії вільного ціаніду з CO₂ в присутності вологи в атмосферу виділяється HCN:



Для подолання згубної дії синільної кислоти, електролізери мають бути обладнані бортовими відсмоктувачами. В наслідок карбонізації, даний електроліт потребує частішої корекції.

Ще одним значним недоліком даного електроліту є велика наводнюваність поверхні деталі, що підвищує її крихкість.[6]

Амонійні електроліти

Такі електроліти займають проміжне положення між простими та ціанідними за значенням розсіювальної здатності. Амонійні електроліти можуть застосовуватись у барабанних електролізерах, оскільки володіють високою електропровідністю. Головною перевагою над ціанідними електролітами є те, що вони нетоксичні.

В аміакатних електролітах кадмій існує у вигляді комплексного катіона $\text{M}(\text{NH}_3)_n^{2+}$

Склад(г/л) електроліту та режим роботи:

CdO -30-40

(NH₄)₂SO₄ – 250-300

H₃BO₃ - 20-30

Клей столярний – 2

i_k – 0,7-1 А/дм²

t - 18-25 °С

pH – 5 -6.8

Головним недоліком даного електроліту є те, що він володіють нижчою розсіювальною здатністю у порівнянні з ціанідними електролітами.[1],[4],[5]

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		20

Трилонатний електроліт

На особливу увагу з-поміж інших комплексних електролітів заслуговує трилонатний електроліт.

Трилон Б – двунатрієва сіль етилендіамінтетраоцтової кислоти. Кадмій утворює міцні комплексні сполуки, які добре розчинні у воді. За певних умов – наявність ефективних ПАР, значеннях рН, ці електроліти здатні замінити токсичні ціанідні електроліти кадмування, незважаючи на токсичність амінопохідних сполук. Для очищення стічних вод від кадмію та амінопохідних сполук було розроблено схему очищення стічних вод, яка наведена в розділі „Екологічна безпека”.

Великий вплив на якість покриття чинить рН. При рН 3 виділяється водень, при рН 3-4 процес перебігає при низькій катодній поляризації, що призводить до утворення крупнокристалічних осадів при рН > 10 можливим стає утворення гідроксокомплексів $[Cd(OH)_xY]^{(2+x)-}$. Тому для такого типу електролітів необхідно підтримувати лужне, або нейтральне середовище.

Склад (г/л) та режим роботи електроліту:

Електроліт №1

$CdSO_4 \cdot 8/3 H_2O$ – 40

Трилон Б – 75

$Na_2SO_4 \cdot 10 H_2O$ – 45

$Ni_2SO_4 \cdot 7 H_2O$ – 1

i_k – до 3 А/дм²

t – 15-25 °C

рН - 12-13

Оскільки вихід за струмом катода менше ніж анода, в розчині накопичуються іони Cd^{2+} , для усунення концентраційних змін рекомендують застосовувати разом з кадмієм графітові аноди, з розподілом струму 0,85/0,15.

Осади отримані з даного електроліту – світлі, дрібнокристалічні.

Електроліт № 2

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		21

$\text{CdSO}_4 \cdot 8/3 \text{H}_2\text{O}$ – 75-80г/л

Трилон Б – 120-130

КОН – 35-40

pH – 6,5-7,5

i_k - 1-2,5 А/дм²

t – 18-25 °С

Електроліт №3

$\text{CdSO}_4 \cdot 8/3 \text{H}_2\text{O}$ – 50г/л

Трилон Б – 110 г/л

NaOH–40 г/л

Столярний клей 2 г/л

pH = 8-9

i = 1-5 А/дм²

t = 15-25 °С

При використанні електролітів з pH більше 8 та концентрації трилону Б більшу за стехіометричну (180г/л) осади кадмію мають кращу якість і в більш широкому діапазоні потенціалів.

Вихід металу за струмом становить:

95% при $i = 1 \text{ А/дм}^2$

75% при $i = 5 \text{ А/дм}^2$

45% при $i = 10 \text{ А/дм}^2$.

Враховуючи стійкість трилонатних комплексів, даний електроліт підходить для нанесення кадмію на деталі складної конфігурації, які містять нерівності, впадини та заглибини.

Недоліком електроліту є дещо нижча розсіювальна здатність (48%) у порівнянні з ціанідними електролітами (60%).[1],[4],[5],[6]

З огляду на зазначені особливості кожного електроліту, найбільш підходящим для обраної деталі є трилонатний електроліт, який забезпечує високу розсіювальну здатність, продуктивність, високий вихід за струмом та має меншу токсичність, аніж ціаністий.

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лам		22

Склад обраного електроліту(г/л):

$\text{CdSO}_4 \cdot 8/3 \text{H}_2\text{O}$ – 40

Трилон Б – 75

$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ – 45

$\text{Ni}_2\text{SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ – 1

i_k – до 3 А/дм²

t – 15-25 °C

pH - 12-13

Призначення компонентів електроліту:

$\text{CdSO}_4 \cdot 8/3 \text{H}_2\text{O}$ – джерело йонів кадмію у розчині.

Трилон Б – добавка буфер, комплексоутворювач;

$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ та $\text{Ni}_2\text{SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ – добавки які збільшують електропровідність електроліту та покращують якість кадмієвих осадів.

Приготування електроліту:

Для приготування електроліту змішують концентрований речовини гідроксиду натрію з сульфатом кадмію, в результаті чого утворюється гідроксид кадмію.

Отриманий осад розчиняють у 20-% розчині трилону Б. Потрібне значення pH досягається за рахунок утворення гідроксиду натрію при розчиненні гідроксиду кадмію розчином трилону Б.[1]

Неполадки при роботі трилонатного електроліту.

Таблиця 1.1 Види браку кадмієвих покриттів

Дефекти покриття	Причини	Способи усунення
Темний плямистий осад	Низька концентрація лугу	Корекція значення pH
	Домішки Pb, Sn, As, Sb	Проробити електроліт під струмом 0,3 А/дм ²

Почорніння аноду при оптимальному складі електроліту	Висока анодна густина струму	Збільшити площу анодів у ванні
Відшарування покриття	Висока густина струму	Зменшити густину струму
Покриття крихке, наявний пітинг	Низьке значення рН, виділення водню, наявність хлорид-йонів	Корекція рН, видалення хлорид-йонів.
Каламутність електроліту	Наявність в електроліті іонів заліза, утворення його гідроксидів	Припинити роботу, перевірити рН, фільтрування електроліту.

Неякісні кадмієві покриття добре видаляється хімічно в розчині нітрату амонію концентрацією 150-200 г/л при кімнатній температурі, в якості добавки можна використовувати соляну кислоту (10-12 г/л).

Також кадмій можна видалити електрохімічно в розчині NaOH (200 г/л) або нітрату амонію (100г/л). При цьому застосовують сталеві катоди, температура – кімнатна, $i_a = 2-4 \text{ А/дм}^2$, напруга – 6 В.[6]

1.2.3 Вибір і обґрунтування завершальних операцій.

Промивання у ванні уловлювання. Промивання в непроточній воді використовується для збереження цінних компонентів розчину, з метою подальшого використання їх для корекції розчину електроліту. Проводиться деіонізованою водою за кімнатної температури протягом 3 хвилин.

Промивка холодна проводиться протягом 3 хвилин з метою очищення поверхні виробу від залишків розчину кадмування.

Хроматування хімічне проводиться з метою утворення на поверхні кадмію хроматної прозорої плівки з метою більш надійного захисту від

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		24

корозії. Склад розчину хроматування:г/л

$K_2Cr_2O_7$ – 10-25 .

Na_2SO_4 – 10 -20

H_2SO_4 – 5-10

Час обробки 2хвилини , температура – 15 -30 °С.

Під час пасивування кадмієвого покриття відбувається часткове його розчинення за реакцією :



Промивка у ванні уловлювання Промивання в непроточній воді використовується для збереження цінних компонентів розчину, з метою подальшого використання їх для корекції розчину хроматування .

Проводиться деіонізованою водою за кімнатної температури протягом 3 хвилин.

Промивка холодна проводиться протягом 3 хвилин з метою очищення поверхні виробу від залишків розчину хроматування.

Промивка тепла проводиться для підготовки поверхні деталі до сушіння, протягом 3 хвилин. Температура 40 -45 °С

Сушка проводиться при температурі не більше 60 °С, протягом 10 хвилин.[5]

Контроль якості проводиться за допомогою магнітного товщиноміра з метою визначення товщини кадмієвого покриття

1.2.4 Контроль якості гальванічного покриття

Після закінчення промивки після кожної технологічної операції виконується візуальний огляд деталі з метою перевірки відсутності забруднень на її поверхні. Технічний контроль якості нанесення покриття має наступні вимоги:

- Покриття має бути однорідним – візуальна перевірка однорідності кольору окремих поверхонь деталі.
- Варіювання по товщині – перед нанесенням кадмієвого покриття та після сушки обирають не менше 7 точок на поверхні деталі та

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		25

вимірюють в них товщину за допомогою магнітного товщиноміру. Після нанесення покриття варіювання товщини може бути до 3 мкм.

Даний технічний контроль проходять усі деталі, враховуючи відповідальність їх подальшої роботи.

Суть роботи магнітного товщиноміру:

Принцип їх дії заснований на визначенні напруженості магнітного поля в зазорі між постійним магнітом (або електромагнітом) і феромагнітним матеріалом основи. У більшості магнітних товщиномірів використовується двополюсна магнітна система з постійними стрижневими і П-подібними магнітами. Найпростішими приладами такого типу є товщиноміри, в яких поєднується застосування П-подібного магніту і механічної магнітозрівноваженої системи, розташованої в меж полюсного простору магніту. Деталь яка пройшла технічний контроль повертається в цикл на операцію знежирення

Кожні 100 деталей відбирається одна деталь на якій проводять випробування міцності, нанесенням сітки подряпин. З 100 утворених квадратів, відпасти повинні не більше 4-5 штук.

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ докум	Підпис	Лат		26

1.2.5 Карта технологічного процесу нанесення кадмієвого покриття з трилонатного електроліту.

Таблиця 1.2 - Карта технологічного процесу нанесення кадмієвого покриття з трилонатного електроліту

Операція			Склад розчину і концентрація		Технологічний режим			Примітки
№ п/п	Назва	Зміст	Назва компонентів	г/дм ³	Час, хв	t, °C	i _k , А/дм ²	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
010	Механічне очищення поверхні	Очищення поверхні деталі від мастил, окалини, нерівностей та інших небажаних факторів.	-	-	15	-	-	Операція включає в себе шліфувальну та піскоструминну обробку деталі з необхідною кількістю проміжних та остаточних промивань
020	Монтаж деталей на підвіску	-	-	-	10	-	-	
030	Знежирення хімічне	Ліквідація жирових забруднень з поверхні деталі	NaOH Na ₃ PO ₄ * 12H ₂ O ДС-10	20-40 5-15 3-5	2-5	50 - 70	-	-

040	Промивка тепла	Видалення реагентів хімічного знежирення з поверхні деталі	Вода	-	3	50-60	-	Після закінчення промивки необхідно візуально оцінити чистоту поверхні.
050	Промивка холодна	Видалення реагентів з поверхні деталі.	Вода	-	3	25	-	Після закінчення промивки необхідно візуально оцінити чистоту поверхні.
060	Знежирення електрохімічне	Проводиться для більш повного видалення жирових забруднень з поверхні деталі	NaOH Na ₃ PO ₄ Na ₂ CO ₃ Na ₂ SiO ₃	10-15 30-70 20-25 5-10	10	50-70	3-10	
070	Промивка тепла	Видалення реагентів електрохімічного знежирення з поверхні деталі	Вода	-	3	50-60	-	Після закінчення промивки необхідно візуально оцінити чистоту поверхні.
080	Промивка холодна	Видалення реагентів з поверхні деталі.	Вода	-	3	25	-	Після закінчення промивки необхідно візуально

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ				Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лат					28

								оцінити чистоту поверхні.
0 9 0	Травлення хімічне	Видалення з поверхні деталі продуктів корозії	H_2SO_4 КПІ – 3	150- 250 3-5	10	25	-	-
1 0 0	Промивка холодна	Видалення реагентів хімічного травлення з поверхні деталі.	Вода	-	3	25	-	Після закінчення промивки необхідно візуально оцінити чистоту поверхні.
1 1 0	Активація	Видалення з поверхні деталі найменших оксидних плівок	H_2SO_4	50- 100	4	15- 25	-	-
1 2 0	Промивка холодна	Промивка деталі у холодній водопровідній воді.	Вода	-	3	15- 25	-	Після закінчення промивки необхідно візуально оцінити чистоту поверхні.
1 3 0	Кадмування Електро- хімічне	Електрохімічне нанесення кадмію на поверхню деталі	$CdSO_4^*$ 8/3 H_2O Трилон Б $Na_2SO_4^*$ 10 H_2O $Ni_2SO_4^*$ 7 H_2O	40- 60 75- 90 40- 50 0,8- 1,5	15	18- 25	4	Слід періодично корегувати склад електроліту та проводити вимірювання рН (12-13).

1 4 0	Уловлювання	Промивка деталі деіонізованою водою у ванні вловлювання	Вода деіонізована	-	5	18-25	-	-
1 5 0	Промивка холодна	Промивка деталі холодною водою	Вода холодна водопровідна	-	5	18-25	-	-
1 6 0	Хроматування хімічне	Утворення на поверхні деталі хроматної плівки	$K_2Cr_2O_7$ Na_2SO_4 H_2SO_4	12-25 10-20 5-10	2	21-32	-	-
1 7 0	Уловлювання	Промивка деталі холодною водою	Вода холодна водопровідна	-	3	18-25	-	-
1 8 0	Промивка холодна	Промивка деталі холодною водою	Вода холодна водопровідна	-	5	18-25	-	-
1 9 0	Промивка тепла	Видалення реагентів хімічного знежирення з поверхні деталі	Вода	-	3	40-45	-	Після закінчення промивки необхідно візуально оцінити чистоту поверхні.
2 0 0	Сушка	Видалення вологи з поверхні деталі	-	-	20	50-60	-	-

2 1 0	Технічний контроль товщини ділянок деталі	Вимірювання за допомогою високоточного магнітного товщиноміра товщини окремих ділянок деталі	-	-	10	-	-	-
2 2 0	Демонтаж деталей з підвіски	-	-	-	10	-	-	
2 3 0	Герметизація деталі в чохлі	Герметизація деталі в чохлі зі створенням водо- та повітрянепроникного середовища.	-	-	8	25	-	-

РОЗДІЛ 2 Вибір і розрахунок обладнання для нанесення кадмієвого покриття.

2.1 Розрахунок часу осадження кадмієвого покриття

Розрахунок виконується згідно методичних вказівок до виконання дипломного проекту.[7]

Середню товщину покриття δ_n , знаходять за формулою:

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

де $\delta = 18$ мкм – необхідна товщина покриття, мкм; $\delta_{zn} = 18$ – товщина покриття, яка знімається при наступній хімічній або механічній обробці, мкм; k – коефіцієнт, що враховує нерівномірність покриття, залежить від розсіювальної здатності електроліту і складності профілю деталі. Знаходиться в межах 1,1...1,4.

$$\delta_n = 18 \cdot 1,1 + 18 = 21 \text{ мкм},$$

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:

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

Тоді

Розрахунок часу осадження 30 мкм кадмієвого покриття:

$$\tau = \frac{\delta \cdot d \cdot 60}{K \cdot i \cdot B_c} = \frac{0,0021 \cdot 8,64 \cdot 60}{2,097 \cdot 0,04 \cdot 0,9} = 15 \text{ хв},$$

Де δ - товщина кадмієвого покриття 21 мкм – 0,0021 см

d – густина кадмію 8,64 г/см³

K – електрохімічний еквівалент кадмію – 2,097 г/А*год

i – катодна густина струму – 4 А/дм² = 0,04 А/см²

B_c – вихід за струмом кадмію в триланатному електроліті при заданій густині струму – 90% - 0,9

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ докум	Підпис	Лам		32

2.2 Виробнича програма цеху і режим його роботи

2.2.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання

Час роботи обладнання визначається тривалістю технологічного процесу та його організацією.

Номінальний річний фонд часу роботи обладнання T_n при перервному виробництві розраховують з кількості календарних днів у році (365) за вирахуванням вихідних (104) і святкових (8) днів, при п'ятиденному робочому тижні тривалістю 40 год. і двозмінній роботі складає приблизно:

$$T_n = [(365 - (104 + 8) \cdot 40 / 5 - 6)] \cdot 2 = 4036 \text{ год}$$

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання $T_d(\text{год.})$ визначають, виходячи із T_n з урахуванням загальних річних витрат часу на неминучі простої обладнання (K_{np}), які в гальванічному виробництві можуть складати від 2 до 10%. Приймаємо $K_{np} = 5\%$, тобто:

$$T_d = T_n - K_{np} \cdot T_n = 4036 - 0,05 \cdot 4036 = 3834 \text{ год}$$

2.2.2 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 зазвичай 0,5...3 % ($K_{bp} = 0,005...0,03$) від P_z в одиницях, які прийняті для даного виду продукції:

$$P_p = P_z + P_z \cdot K_{bp}$$

$$P_p = 13000 + 13000 \cdot 0,03 = 13390 \text{ м}^2/\text{рік}$$

Добова виробнича програма $P_{доб}$ складає:

$$P_{доб} = P_p / T_{доб}$$

$$P_{доб} = 13390 / 251 = 53,34 \text{ м}^2/\text{добу}$$

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

Годинна виробнича програма P_z визначається як:

$$P_z = P_p / T_d$$

$$P_z = 13390 / 3834 = 3,49 \text{ м}^2/\text{год}$$

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лам		33

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

На основі дійсного річного фонду часу роботи обладнання T_o та тривалості обробки одного завантаження ванни τ визначають кількість оброблюваних завантажень n :

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

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

$$n = \frac{3834 \cdot 60}{15 \cdot 1,05} = 3777$$

Тоді разове завантаження усіх ванн Y_c , m^2 :

$$Y_c = \frac{P_p}{n} = \frac{13390}{3777} = 3,55 m^2$$

Оскільки обраний трилонатний електроліт має нейтральне середовище, було обрано ванну з поліпропілену. Ванни з поліпропілену володіють високою хімічною стійкістю, витримують великі навантаження та володіють достатньою механічною міцністю.

Визначимо габаритні розміри ванни. Оскільки було прийнято рішення зробити ванну двосекційною, ванна буде містити одну катодну підвіску та дві анодні.

Специфікація на гальванічну ванну знаходиться у додатку А.

Габаритні розміри ванн, згідно з ГОСТ 23738-85:

Ширина: 900 мм.

Довжина: 1250 мм

Висота: 1600 мм

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		34

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

$$l_n = l - 2 \cdot l_1 = 1,25 - 2 \cdot 0,15 = 0,95 \text{ м}$$

де l – внутрішня довжина ванни – 1,25 м; l_1 – відстань від краю підвіски до борта ванни (приймаємо у межах 0,10...0,15 м).

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

$$h_n = 1,6 - 0,15 - 0,15 - 0,2 = 1,1 \text{ м}$$

де h – внутрішня висота ванни, $h=1,6$ м; h_1 – відстань від дна ванни до нижнього краю підвіски, $h_1=0,15$ м; h_2 – відстань від верхнього краю підвіски до дзеркала електроліту (приймаємо 0,15 м); h_3 – відстань від дзеркала електроліту до верхнього краю ванни, $h_3=0,2$ м.

Визначивши габаритні розміри підвіски і знаючи габаритні розміри деталей, визначаємо кількість деталей n_d , яку можна закріпити на одну підвіску .

$$n_d = 1 \text{ шт.}$$

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

$$S_n = S_d \cdot n_d = 0,7 \cdot 1 = 0,7 \text{ м}^2$$

де S_d – поверхня однієї деталі $0,7 \text{ м}^2$

n_d – кількість деталей на підвісці = 1.

Визначаємо поверхню одноразового завантаження у ванну S_{03} , м^2 :

$$S_{03} = S_n \cdot N_d = 0,7 \cdot 1 = 0,7 \text{ м}^2$$

де. S_n - площа однієї деталі, N_d – кількість деталей на підвісці.

Розрахуємо відстань між анодом і ближнім краєм підвіски з деталями l_{a-k} і перевіряємо, чи відповідає вона унормованому значенню, яке повинно складати 0,10...0,25 м, що необхідно для забезпечення максимальної рівномірності покриття.

$$l_{a-k} = \frac{B - B_n - 2 \cdot B_a - 2 \cdot B_1}{2} = \frac{0,9 - 0,132 - 2 \cdot 0,015 - 2 \cdot 0,15}{2} = 0,22 \text{ м}$$

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ докум	Підпис	Лат		35

де B – внутрішня ширина ванни, $B = 0,9$ м; B_n – товщина підвіски з деталями, $B_n = 0,132$ м; B_a – товщина анодів, $B_a = 0,015$ м; B_1 – відстань між анодом і боковою стінкою ванни, прийmemo, $B_1 = 0,15$ м.

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

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

$$n_B = \frac{Y_C}{S_{03}} = \frac{3,55}{0,7} = 5,1 \approx 6 \text{ ванн.}$$

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

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

$$P_p' = 0,7 \cdot 6 \cdot \frac{3834 \cdot 60}{58 \cdot 1,05} = 15865 \text{ м}^2/\text{рік}$$

та коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_{зав} = \frac{P_p}{P_p'} = \frac{13400}{15865} = 0,84.$$

При розрахунку обладнання рекомендується, щоб величина $K_{зав}$ знаходилася в межах 0,75...0,85.

2.3 Технологічні розрахунки.

2.3.1 Баланс струму на гальванічній ванні.

Силу струму розраховують для гальванічної ванни нанесення покриття

Розрахунок часу осадження 42 мкм кадмієвого покриття:

$$\tau = \frac{\delta \cdot d \cdot 60}{K \cdot i \cdot V_c} = \frac{0,0021 \cdot 8,64 \cdot 60}{2,097 \cdot 0,04 \cdot 0,9} = 15 \text{ хв},$$

Де δ - товщина кадмієвого покриття 21 мкм – 0,0021см

d – густина кадмію 8,64 г/см³

K – електрохімічний еквівалент кадмію – 2,097 г/А*год

i – катодна густина струму – 4 А/дм² = 0,04 А/см²

V_c – вихід за струмом кадмію в триланатному електроліті при заданій густині струму – 90% - 0,9

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

$$I = K \cdot i_k \cdot S_{03} = 1,1 \cdot 400 \cdot 0,7 \text{ м}^2 = 308 \text{ А}$$

де коефіцієнт K враховує втрати електрики на осаджування металу на контактах підвіски; вибирають його в межах $K=1,03...1,15$.

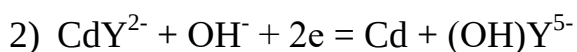
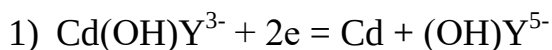
Для розрахунку струму на ванні рекомендується вибирати верхнє допустиме по технології значення i_k .

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		37

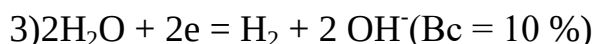
У стандартному електроліті кадмування на електродах перебігають такі електрохімічні процеси:

На катоді:

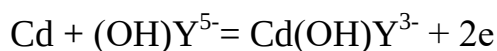
Відновлення кадмію відбувається з іонів $\text{Cd}(\text{OH})\text{Y}^{3-}$ та CdY^{2-}



($\text{Bc} = 90\%$)



На аноді:



Сила струму, яка витрачається на кожну реакцію:

на катоді:

$$I_1 = \frac{I \cdot B_{c1}}{100} = \frac{308 \cdot 90}{100} = 277,2 \text{ A};$$

$$I_2 = \frac{I \cdot B_{c2}}{100} = \frac{308 \cdot 10}{100} = 30,8 \text{ A};$$

на аноді:

$$I_3 = \frac{I \cdot B_{c4}}{100} = \frac{308 \cdot 100}{100} = 308 \text{ A};$$

Оскільки анодний вихід за струмом більший ніж катодний, необхідно розрахувати час досягнення верхньої межі концентрації кадмію у електроліті:

За 1 годину на аноді розчиниться:

$$\Delta m_a = I \cdot t \cdot K_{\text{Cd}} \cdot \text{Bc}_a = 308 \text{ A} \cdot 1 \text{ год} \cdot 2,097 \text{ г/А*год} = 645,9 \text{ г}$$

За 1 годину на катоді відновиться:

$$\Delta m_k = I \cdot t \cdot K_{\text{Cd}} \cdot \text{Bc}_k = 308 \text{ A} \cdot 1 \text{ год} \cdot 2,097 \text{ г/А*год} \cdot 0,9 = 581,3 \text{ г}$$

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ доквм	Підпис	Лам		38

Зміна концентрації за 1 годину роботи:

$$\Delta C = (\Delta m_a - \Delta m_k) / V_{\text{ванни}} = (645,9 \text{ г} - 581,3 \text{ г}) / 1440 \text{ л} = 0,045 \text{ г/л}$$

Межі концентрації кадмію у електроліті: 60-70 г/л.

Час після якого необхідно коригувати склад розчину:

$$\tau = (70 - 60) / 0,045 \text{ г/л} = 222 \text{ годин.}$$

$\tau_{\text{доб}} = 222 / 24 = 9,25$ – кількість діб через які необхідно корегувати електроліт.

Корекцію електроліту необхідно проводити кожні 9 днів роботи.

Таблиця 2.1 Баланс струму ванни кадмування

Надходження	QA	%	Витрати	QA	%
На катоді:	308	100	Виділення	277,2	90
Від			кадмію		
зовнішнього			Виділення водню	30,8	10
джерела струму					
Разом	308	100	Разом	308	100
На аноді:	308	100	Окиснення	308	100
Від			кадмію		
зовнішнього					
джерела струму					
Разом	308	100	Разом	308	100

2.3.2 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 $U_{дс}$, яке обслуговує ванну. Знаючи величину струму і напруги на джерелі струму, визначають електричну потужність, яка витрачається на електроліз.

Напруга на ванні U складається із різниці електродних потенціалів анода і катода під струмом $E_a - E_k$, омичного падіння напруги в електроліті $\Delta U_{ом}$, у провідниках першого роду (електродах, струмопідводах у ванні, штангах) ΔU_1 та в контактах ΔU_k :

$$U = E_a - E_k + \Delta U_{ом} + \Delta U_1 + \Delta U_k.$$

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

$$\Delta U_{ом} = \frac{i_{ср} \cdot K \cdot l_{a-k}}{\chi} = 282,84 \cdot 1,1 \cdot 0,22 / 16,8 = 4,07 \text{ В},$$

де $i_{ср}$ – середня густина струму в міжелектродному просторі, A/m^2 ; l_{a-k} – відстань між анодом і краєм підвіски з деталями = 0,22 м, χ - питома електропровідність електроліту, $=16,8 \text{ См} \cdot m^{-1}$; [8]

$i_k=400, A/m^2$ – середня катодна густина струму;

$i_a=200, A/m^2$ – середня анодна густина струму (приймається, що $i_a=400/2=200 A/m^2$)

$$i_{ср} = \sqrt{i_k \cdot i_a} = \sqrt{400 \cdot 200} = 282,84 A/m^2$$

E_a – потенціал анода - -1В

E_k – потенціал катода - - 1,4В [8]

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

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		40

Суму падіння напруги в електродах, провідниках першого роду та в контактах ванни $\Delta U_1 + \Delta U_k$ приймають у межах величини, яка не перевищує 10% загальної напруги на ванні. Сума $\Delta U_1 + \Delta U_k = 0,1(E_a - E_k + \Delta U_{ом})$.

U визначається як:

$$U = 1,1(E_a - E_k + \Delta U_{ом}) = 1,1*(-1+1,4+4,07) = 4,9 \text{ В}$$

Мінімальна напруга на джерелі струму $U_{дс}$ складається із суми напруги на ванні U та падіння напруги в шинопроводах. Падіння напруги в шинопроводах від джерела струму до ванни приймають не більшим, ніж 10% $U_{дс}$.

Звідси випливає, що

$$U_{дс} = 1,1 U = 1,1*4,9 \text{ В} = 5,4 \text{ В}$$

Таблиця 2.2 Баланс напруги ванни кадрування

Надходженн я	В	%	Витрати	В	%
Напруга на ванні	4,9	100	Різниця електродних потенціалів під струмом $E_a - E_k$ Падіння напруги в електродіті $\Delta U_{ом}$ Падіння напруги в електродах, контактах і провідниках $\Delta U_1 + U_k$	0,4 4,07 0,49	7 83 10
Разом	4,9	100	Разом	4,9	100

2.3.3 Вибір джерела постійного струму

Джерело постійного струму вибирають, виходячи із сили струму і напруги на ванні, із урахуванням падіння напруги в шинопроводах. Не слід вибирати випрямні агрегати із великим запасом потужності, тому що це значно знижує коефіцієнт їх завантаження. Коли для нанесення гальванічного покриття передбачається використовувати декілька ванн, то для кожної ванни вибирають окремий випрямний агрегат.

$N_{dc} = U \cdot I \cdot 10^{-3} = 4,9 \cdot 308 / 1000 = 1,51 \text{ кВт}$; де N_{dc} – потужність, необхідна для виконання завданої програми,

Було вибрано джерело живлення BVPPROF 15 V 800 А яке має наступні характеристики:

- Вихідна напруга 1-15 В
- Сила струму 8-800 А

$N_{пасп} = 12 \text{ кВт}$ – паспортна потужність вибраного агрегату

Для вибраного випрямного агрегату визначають коефіцієнт завантаження:

$$K = \frac{N_{dc}}{N_{пасп}} = 1,51 / 12 = 0,13$$

2.3.4 Баланс енергії гальванічних ванн.

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.

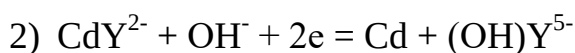
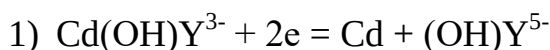
					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		42

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

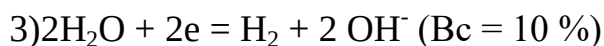
$$W_{\text{заг}} = U \cdot I \cdot \tau \cdot 3600 \cdot 10^{-3} = 4,9 \cdot 308 \cdot 1 \cdot 3600 / 1000 = 5433 \text{ кДж},$$

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

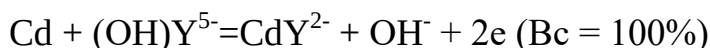
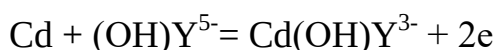
Відновлення кадмію відбувається з іонів $\text{Cd}(\text{OH})\text{Y}^{3-}$ та CdY^{2-}



($\text{Bc} = 90\%$)



На аноді:



Оскільки на аноді та катоді відбувається окисно-відновні реакції кадмія протилежні за напрямком, то вони не вносять теплоту у систему. Теплоту в систему вносить виділення водню.

$$\Delta H^0_3 = 2 \cdot \Delta H_{\text{H}_2\text{O}} - \Delta H_{\text{H}_2} - 2 \Delta H_{\text{OH}^-} = 2 \cdot (-286) - 0 - 2 \cdot (-229.94) = -112.12 \text{ кДж/моль}.$$

$$W_{\text{дж}} = 3,6 \cdot I \cdot \tau \left(U + \frac{\Delta H^0_3 \cdot \text{Bc}_3}{z \cdot F} \right) = 3.6 \cdot 308 \cdot 1 \left(4,9 - \frac{112.12 \cdot 0.1}{2 \cdot 96.5} \right) = 5369 \text{ кДж/год}$$

$$W_{\text{хім}} = W_{\text{заг}} - W_{\text{дж}} = 5433 - 5369 = 64 \text{ кДж/год}.$$

Таблиця 2.3 – Баланс енергії ванни кадмування

Надходження	кДж	%	Витрати	кДж	%
Електрична енергія від джерела струму	5433	100	Джоулева теплота	5369	98,8
			Хімічна енергія	64	1,2
Разом	5433	100	Разом	5433	100

2.3.5 Тепловий розрахунок гальванічної ванни

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 визначають за формулою:

$$T_k = 20 + \frac{W_{дж}}{V1 \cdot C1 \cdot D1 + C2 \cdot m2 + C3 \cdot m3} = 20 + \frac{5369}{1,44 \cdot 3225 \cdot 1200 + 2720 \cdot 120 + 209,6 \cdot 182} = 20,001$$

Де C1 – теплоємність електроліту - 3225 Дж/кг*К

V1- об'єм електроліту – 1,44 м³

D1 – густина електроліту – 1200 кг/м³

C2 – Теплоємність корпусу ванни – 2720 Дж/кг*К

m2 - маса ванни – 120 кг

C3 – Теплоємність анодів – 209,6 Дж/кг*К

m3 – маса анодів 182 кг (Габаритні розміри: 0,7 м * 1 м * 0,015 м, об'єм анодів – 0,7 * 1 * 0,015 = 0,0105 м³)

Маса обох анодів – m_a = 2 * 0,0105 м³ * 8640 кг/м³ = 181,44 кг

З розрахунку можна зробити висновок, що ванна практично не буде нагріватись.

2.4 Розрахунок витрат матеріалів.

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

2.4.1 Витрати анодів

Габаритні розміри анодів: 700*0,5*15 мм.

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		44

Кількість анодів на штанзі: 1 штук.

Кількість анодних штанг: 2 штуки.

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

$$G_a = n_a * V_a * d_a * n_b = 2 * 0,0105 * 8640 * 6 = 1088,64 \text{ кг, де}$$

n_a – кількість анодних штаг у ванні,

V_a - об'єм анодів

d_a - густина матеріалу анода

n_b - кількість ванн.

Витрати анодів на рік становлять:

$$m_{\text{аріч}} = S * \delta * \rho = 13400 \text{ м}^2 * 2,1 * 10^{-5} \text{ м} * 8640 \text{ кг/м}^3 = 2432 \text{ кг, де}$$

S – річна площа нанесеного покриття

δ - товщина покриття

ρ - густина металу покриття.

В даному технологічному процесі використовуються аноди марки КД0

2.4.2 Розрахунок витрат хімічних реактивів для розчину електроліту.

Витрати кожного компоненту розчину електроліту на запуск обладнання визначаються за формулою:

$$G_i = C_i * V_b * n_b, \text{ де}$$

G_i – маса відповідного компоненту,

C_i - концентрація відповідного компоненту

$$V_b - \text{об'єм ванни } (0,9 \text{ м} * 1,25 \text{ м} * 1,6 \text{ м} * 0,8 = 1,44 \text{ м}^3 = 1440 \text{ л})$$

n_b - кількість ванн.

$$C_{\text{CdSO}_4 * 8/3 \text{ H}_2\text{O}} = 60 \text{ г/л}$$

$$C_{\text{Трилон Б}} = 110 \text{ г/л}$$

$$C_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 45 \text{ г/л}$$

$$C_{\text{NiSO}_4} = 1 \text{ г/л}$$

$$G_{\text{CdSO}_4 * 8/3 \text{ H}_2\text{O}} = 60 * 1440 \text{ л} * 1/1000 = 86,4 \text{ кг}$$

$$G_{\text{Трилон Б}} = 110 * 1440 * 1/1000 = 158,4 \text{ кг}$$

$$G_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 45 * 1440 * 1/1000 = 64,8 \text{ кг}$$

$$G_{\text{NiSO}_4} = 1 * 1440 * 1/1000 = 1,44 \text{ кг}$$

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ докум	Підпис	Лам		45

Розрахунок витрати кожного компонента на виконання річної програми здійснюється за формулою:

$$G_i = C_i * V_{\text{вт}}, \text{ де}$$

$V_{\text{вт}}$ - сумарний об'єм електроліту який виноситься з ванни при виконанні річної програми.

$$V_{\text{вт}} = 1,15 * S * Ae = 1,15 * 13400 * 0,15/1000 = 2,31 \text{ м}^3 \text{ де}$$

S – площа нанесеного покриття за рік,

Ae – норми винесення електроліту деталями сереньоскладної конфігурації (0,15 л/м²)

$$G_{\text{CdSO}_4 * 8/3 \text{ H}_2\text{O}} = 60 * 2,31 = 138,6 \text{ кг}$$

$$G_{\text{Трилон Б}} = 110 * 2,31 = 254,1 \text{ кг}$$

$$G_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 45 * 2310 * 1/1000 = 103,95 \text{ кг}$$

$$G_{\text{NiSO}_4} = 1 * 2310 * 1/1000 = 2,31 \text{ кг}$$

2.4.3 Розрахунок витрати реактивів для ванни хімічного знежирення

Склад розчину хімічного знежирення: (г/л)

NaOH – 20-40

Na₃PO₄*12H₂O – 5-15

ДС-10 - 3-5

Об'єм ванни – 1440 л. Втрати розчину через винесення деталями становлять 2310 л/рік. Тоді витрати кожного компонентана запуск обладнання:

$$\text{NaOH} : m_{\text{NaOH}} = 30 \text{ г/л} * 1440 \text{ л} * 1 \text{ ванна}/1000 = 43,2 \text{ кг}$$

$$\text{Na}_3\text{PO}_4 * 12\text{H}_2\text{O} : m_{\text{Na}_3\text{PO}_4 * 12\text{H}_2\text{O}} = 10 * 1140 * 1/1000 = 11,4 \text{ кг}$$

$$\text{ДС-10} : V_{\text{втДС-10}} = 4 * 1440 * 1/1000 = 7,5 \text{ кг}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = (1040 \text{ кг/м}^3 - (30 + 10 + 20)) * 1,44 = 1411 \text{ кг}$$

Витрати кожного компонента річну програму:

$$\text{NaOH} : m_{\text{NaOH}} = 30 \text{ г/л} * 2310 \text{ л} * 1 \text{ ванна}/1000 = 69,3 \text{ кг}$$

$$\text{Na}_3\text{PO}_4 * 12\text{H}_2\text{O} : m_{\text{Na}_3\text{PO}_4 * 12\text{H}_2\text{O}} = 10 * 2310 * 1/1000 = 231 \text{ кг}$$

$$\text{ДС-10} : m_{\text{ДС-10}} = 4 * 2310 * 1/1000 = 16,8 \text{ кг}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = (1040 \text{ кг/м}^3 - (30 + 10 + 20)) * 2,31 = 2264 \text{ кг}$$

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ доквм	Підпис	Лам		46

2.4.4 Розрахунок витрат реагентів для ванни електрохімічного знежирення

Склад розчину: (г/л)

NaOH – 10-15

Na₃PO₄ – 30-70

Na₂CO₃ – 20-30

Na₂SiO₃-10-20

Витрати реагентів на запуск обладнання:

$$m_{\text{NaOH}} = 10 \cdot 1440 \cdot 1/1000 = 14,4 \text{ кг}$$

$$m_{\text{Na}_3\text{PO}_4} = 50 \cdot 1440 \cdot 1/1000 = 72 \text{ кг}$$

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 20 \cdot 1440 \cdot 1/1000 = 28,8 \text{ кг}$$

$$m_{\text{Na}_2\text{SiO}_3} = 15 \cdot 1440 \cdot 1/1000 = 21,6 \text{ кг}$$

$m_{\text{H}_2\text{O}} = \rho \cdot (C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n) \cdot V$, де ρ - густина розчину, C_1 - C_n - вміст компонентів у розчині, V - об'єм ванни

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = (1240 \text{ кг/м}^3 - (10 + 50 + 20 + 15)) \cdot 1.44 = 1649 \text{ кг}$$

Витрати реагентів на виконання річної програми:

$$m_{\text{NaOH}} = 10 \cdot 2310 \cdot 1/1000 = 23,1 \text{ кг}$$

$$m_{\text{Na}_3\text{PO}_4} = 50 \cdot 2310 \cdot 1/1000 = 115,5 \text{ кг}$$

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 20 \cdot 2310 \cdot 1/1000 = 46,2 \text{ кг}$$

$$m_{\text{Na}_2\text{SiO}_3} = 15 \cdot 2310/1000 = 34,65 \text{ кг}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = (1240 \text{ кг/м}^3 - (10 + 50 + 20 + 15)) \cdot 2.31 = 2644.95 \text{ кг}$$

2.4.5 Розрахунок витрат реагентів для ванни хімічного травлення

Склад розчину для хімічного травлення:

H₂SO₄ – 150-250 г/л

КПІ-3 – 3-5 г/л

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ докум	Підпис	Лам		47

Витрата хімічних реагентів на запуск обладнання:

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 200 \cdot 1440 / 1000 = 288 \text{ кг}$$

$$m_{\text{КПІ-3}} = 4 \cdot 1440 / 1000 = 5.76 \text{ кг}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = (1600 \text{ кг/м}^3 - (200+4)) \cdot 1,44 = 2010 \text{ кг}$$

Витрата хімічних реагентів навиконання річної програми:

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 200 \cdot 2310 / 1000 = 462 \text{ кг}$$

$$m_{\text{КПІ-3}} = 4 \cdot 2310 / 1000 = 9,24 \text{ кг}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = (1600 \text{ кг/м}^3 - (200+4)) \cdot 2,31 = 3225 \text{ кг}$$

2.4.6 Розрахунок витрат реагентів для ванни активації

Склад розчину:

H_2SO_4 – 50-100 г/л

Витрати хімічних реагентів на початковий запуск обладнання:

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 75 \cdot 1440 \cdot 1 / 1000 = 108 \text{ кг}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = (1300 \text{ кг/м}^3 - 75) \cdot 1,44 = 1764 \text{ кг}$$

Витрата хімічних реагентів навиконання річної програми:

$$m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 75 \cdot 2310 \cdot 1 / 1000 = 173,25 \text{ кг}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = (1300 \text{ кг/м}^3 - 75) \cdot 2,31 = 2830 \text{ кг}$$

2.4.7 Розрахунок витрат реагентів для ванни хроматування:

Склад розчину:

$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – 12-25 г/л

Na_2SO_4 - 10-20 г/л

H_2SO_4 – 5-10 г/л

Витрати хімічних реагентів на початковий запуск обладнання:

$$m_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = 20 \cdot 1440 \cdot 1 / 1000 = 28.8 \text{ кг}$$

$$m_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 15 \cdot 1440 \cdot 1 / 1000 = 21.6 \text{ кг}$$

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		48

$$m_{H_2SO_4} = 7,5 * 1440 * 1/1000 = 10.8 \text{ кг}$$

$$m_{H_2O} = (1050 - (20 + 15 + 7,5)) * 1,44 = 1450 \text{ кг}$$

Витрата хімічних реагентів на виконання річної програми:

$$m_{K_2Cr_2O_7} = 20 * 2310 * 1/1000 = 46.2 \text{ кг}$$

$$m_{Na_2SO_4} = 15 * 2310 * 1/1000 = 34.65 \text{ кг}$$

$$m_{H_2SO_4} = 7,5 * 2310 * 1/1000 = 17.3 \text{ кг}$$

$$m_{H_2O} = (1050 - (20 + 15 + 7,5)) * 2,31 = 2327 \text{ кг}$$

Загальні витрати води на приготування робочих розчинів:

$$V_{H_2O}^{заг} = 1411 + 2264 + 1649 + 2645 + 2010 + 3225 + 1764 + 2830 + 1450 + 2327 = 21575 \text{ кг} = 21,575 \text{ м}^3$$

2.5 Розрахунок витрат води

При виконанні річної програми необхідно провести розрахунок витрати води на приготування електроліту, витрати її при електролізі, випаровуванні та винесення з газами.

Витрати води на приготування електроліту

Дана витрата визначається за формулою:

$$G'_{H_2O} = C_{H_2O} * V_{заг}$$

C_{H_2O} – вміст води в одному м^3 електроліту, $\text{кг}/\text{м}^3$,

$V_{заг}$ – загальні витрати електроліту на виконання річної програми.

Розрахуємо вміст води в 1м^3 :

$C_{H_2O} = d_{ел} - (C1 - C2 - C3)$, де

$d_{ел}$ – густина електроліту – $1240 \text{ кг}/\text{м}^3$

$C1, C2, C3$ – вміст компонентів в електроліті, $\text{кг}/\text{м}^3$

$$C_{H_2O} = 1140 - (75 + 120 + 40) = 905 \text{ кг}/\text{м}^3$$

Розрахунок сумарних витрат електроліту:

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		49

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{в}} * n_{\text{в}} + V_{\text{вт}} = 1,44 * 6 + 2,31 = 10,95 \text{ м}^3$$

Виходячи з цього:

$$G'_{\text{H}_2\text{O}} = 905 * 10,95 = 9910 \text{ кг}$$

Витрати води на розкладання при електролізі:

$$C''_{\text{H}_2\text{O}} = I * \frac{18 * T_{\text{д}} * V_{\text{с}}}{2 * 26,8} * 10^{-5} = 308 * \frac{18 * 3834 * 10}{2 * 26,8} * 10^{-5} = 39,65 \text{ кг, де}$$

I – сила струму на ванні = 308 А

$T_{\text{д}}$ – дійсний робочий час. 3834 години/рік

$V_{\text{с}}$ – вихід за струмом водню = 10%

Витрати води на винесення з газами

Витрати на винесення із газами $C'''_{\text{H}_2\text{O}}$ (кг), визначаються за формулою:

$$C'''_{\text{H}_2\text{O}} = C'_{\text{H}_2\text{O}} * V_{\text{г}}^t * n_{\text{г}},$$

де $C'_{\text{H}_2\text{O}}$ – вміст води, який виноситься із ванни одним 1 м^3 газів, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$V_{\text{г}}^t$ – загальний об'єм вологого газу, який виділяється за температури електролізу, м^3 .

Величину $C'_{\text{H}_2\text{O}}$ визначають як:

$$C'_{\text{H}_2\text{O}} = 0.805 * \frac{P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{г}} - P_{\text{H}_2\text{O}}}$$

де $P_{\text{H}_2\text{O}}$ – парціальний тиск парів води за температури електролізу [12];

$P_{\text{г}} = 101,308 \text{ кПа}$ – загальний тиск парогазової суміші.

$$C'_{\text{H}_2\text{O}} = 0.805 * \frac{2.48}{101325 - 2.48} = 0.02 \text{ кг}/\text{м}^3$$

Для визначення величини $V_{\text{г}}^t$ спочатку визначають об'єм водню приведений до нормальних умов:

$$V_{\text{H}_2}^0 = 0.418 * I * T_{\text{д}} * V_{\text{с}} * 10^{-5} = 0,418 * 308 * 3834 * 10 * 10^{-5} = 49,36 \text{ м}^3$$

і сумарний об'єм приведених до нормальних умов газів:

Об'єм вологого газу за температури електролізу:

$$V_{\text{г}}^t = V_{\text{г}}^0 * 1013 * (273 + t_{\text{ел}}) / (273 * (P_{\text{г}} - P_{\text{H}_2\text{O}})) =$$

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		50

$$49,36 \cdot 1013 \cdot (273 + 20) / (273 \cdot (101,325 - 2.48)) = 543 \text{ м}^3$$

$$C^{\text{III}} = 0.02 \cdot 543 \cdot 6 = 32.58 \text{ кг}$$

Витрати води на випаровування з поверхні електроліту

$$C^{\text{IV}}_{\text{H}_2\text{O}} = 45.6 \cdot K_b \cdot S_e \cdot (P_{\text{H}_2\text{O}} - P_{\text{п}}) \cdot T_d \cdot n_b / P_b, \text{ де}$$

45,6- коефіцієнт пропорційності

K_b – 0,86 – коефіцієнт, величина якого залежить від швидкості руху повітря над дзеркалом електроліту.

S_e – поверхня дзеркала електроліту – 1,13 м²

$P_{\text{п}}$ – парціальний тиск водяної пари за температури та вологості навколишнього середовища = $P_s \cdot \varphi / 100$, де

$P_s = 2228$ Па – тиск насиченої пари води.

φ - вологість повітря в цеху - 70 %

$$P_{\text{п}} = 2228 \cdot 70 / 100 = 1559,6 \text{ Па, тоді}$$

$$C^{\text{IV}}_{\text{H}_2\text{O}} = 45.6 \cdot 0,86 \cdot 1,92 \cdot (2480 - 1559) \cdot 3834 \cdot 6 / 101325 = 15744 \text{ кг.}$$

Витрати води на промивні операції

Погане промивання деталей в ході технологічного процесу може вкрай негативно впливати на якість одержаного покриття. Тому після кожної такої операції необхідно ретельно промивати деталь для того щоб позбавитись від слідів розчинів на ній.

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		51

Витрати води на промивання після травлення:

Для трьох ступеневої промивки:

$$V_3 = Ae * S_{\text{год}} * K^{1/3} = 0,15 * 3,49 * 7940^{1/3} = 10,44 \text{ л/год}$$

$$K_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 397/0,05 = 7940$$

Після ванни хімічного знежирення:

$$V_3 = Ae * S_{\text{год}} * K^{1/3} = 0,15 * 3,49 * 1200^{1/3} = 5,56 \text{ л/год}$$

$$K_{\text{NaOH}} = 30 * 2/0,05 = 1200$$

Після ванни електрохімічного знежирення:

$$V_3 = Ae * S_{\text{год}} * K^{1/3} = 0,15 * 3,49 * 600^{1/3} = 4,41 \text{ л/год}$$

$$K_{\text{NaOH}} = 15 * 2/0,05 = 600$$

Для ванни кадмування

$$V_3 = Ae * S_{\text{год}} * K^{1/3} = 0,15 * 3,49 * 10400^{1/3} = 11,43 \text{ л/год}$$

$$K_{\text{CdSO}_4} = 65 * 0,4 * 2/0,005 = 10400$$

Для ванни активації:

$$V_3 = Ae * S_{\text{год}} * K^{1/3} = 0,15 * 3,49 * 15000^{1/3} = 12,91 \text{ л/год}$$

$$K_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 150/0,01 = 15000$$

Для ванни хроматування:

$$V_3 = Ae * S_{\text{год}} * K^{1/3} = 0,15 * 3,49 * 6000^{1/3} = 9,51 \text{ л/год}$$

$$K_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = 30 * 2/0,01 = 6000$$

Сумарні витрати води на промивання:

$$V_{\text{сум. пром.}} = (10,44 + 5,56 + 4,41 + 11,43 + 12,91 + 9,51) * T_d * 1,5 = 3120490 \text{ дм}^3/\text{рік.}$$

Витрати води на рік:

$$V_{\text{H}_2\text{O річне}} = (21575 + 9910 + 39,65 + 32,58 + 15744 + 3120490)/1000 = 3167,8 \text{ м}^3/\text{рік.}$$

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		52

РОЗДІЛ 3. Автоматичне регулювання параметрів процесу електрохімічного кадмування.

В хімічній промисловості автоматизації приділяється дуже велика увага, оскільки автоматизовані лінії забезпечують більш високі показники продуктивності обладнання є більш безпечними для робітників, а також дозволяють:

1) скоротити витрати ручної праці, що є важливим фактором в умовах роботи в токсичному і агресивному середовищах;

2) дотримуватись чіткого регламенту технологічного процесу необхідного для отримання якісного гальванічного покриття;

Основними параметрами, з якими пов'язано налагодження автоматичної лінії, є:

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

Гальванічні ванни мають бути обладнані усім необхідним обладнанням для контролю наведених параметрів, їх моніторингу та впливу на них.

В автоматизованих системах вимірювання температури здійснюється на основі фізичних властивостей тіл, що функціонально пов'язані з температурою останніх. Процес кадмування ведуть при температурах 18...25 °С. Останню можна вимірювати різними видами термометрів.

В процесі нанесення 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 покриття. Тому в дану схему включено автоматичне вимірювання та контроль рН.

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		53

Опис розробленої схеми автоматизації процесу нанесення кадмієвого покриття:

Для контролю температури в функціональній схемі автоматизації використано термоперетворювач опору (поз.1-1), автоматичний показувальний та ПД-регулятор (1-2).

Для регулювання рівня використано буйковий вимірювач рівня з пневматичним вихідним сигналом (2-1), який призначений для неперервного перетворення значення рівня рідини в пропорційний пневматичний сигнал дистанційної передачі. Також використано вторинний прилад перетворювальний показувальний. (2-2) і регулятор пневматичний, пропорційний, інтегральний (2-3) та мембранний пневмопривід (2-4).

Рівень в баці з електролітом визначається буйковим рівнеміром з пневматичним вихідним сигналом (3-1) та приладом вторичним пневмоелектричним показувальним сигналізуювальним (3-2).

Для регулювання рН передбачено рН-метр промисловий (4-1), двоканальний універсальний мікропроцесорний індикатор з функцією технологічної сигналізації(4-2). Для контролю сили струму в ванні передбачений контур 5, який складається з агрегату випрямного (5-1) та пульту ДК (5-2).[11]

Схема автоматизації та специфікацію на засоби автоматизації наведено в Додатку .Б

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		54

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

4.1 Підприємство у промисловій структурі держави

Для організації гальванічного цеху, відповідно до діючої «Галузевої інструкції з планування, обліку виробництва та калькуляції собівартості на підприємствах хімічної промисловості», необхідно розрахувати техніко-економічні показники цеху з нанесення гальванічного покриття та повну собівартість продукції.

На підставі проведених розрахунків проводиться аналіз техніко-економічних показників, на підставі якого роблять висновки про доцільність створення виробничого цеху для підприємства.

Організаційно-правова форма: фізична особа підприємець.

Законом України від 30 березня 2020 року № 540-ІХ «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України, спрямованих на забезпечення додаткових соціальних та економічних гарантій у зв'язку з поширенням коронавірусної хвороби (COVID-19)», який набрав чинності 02 квітня 2020 року, внесено зміни, зокрема, до п. 291.4 ст. 291 Податкового кодексу України (далі – ПКУ) щодо збільшення граничних обсягів доходу, які надають право суб'єктам господарювання застосовувати спрощену систему оподаткування, обліку та звітності річного обсягу доходу:

I група – з 300 тис. грн. до 1 млн. грн.;

II група – з 1,5 млн. грн. до 5 млн. грн.;

Дохід за рік становить: $P \cdot B = 82,3 \text{ грн/од} \cdot 19143 \text{ од} = 1575468,9 \text{ грн}$

Дане підприємство відноситься до другої групи. При цьому вартість основних фондів має бути не більшою за 10 млн євро еквіваленту за курсом НБУ.

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		55

Класифікаційні ознаки підприємства до якого належить гальванічний цех :

1. за формою власності – приватне;
2. за формою реєстрації – фізична особа;
3. за спеціалізацією виробництва – вузькоспеціалізоване;
4. за масштабом виробництва – масове;
5. за ресурсами – матеріаломістке;
6. за потужністю – середнє;
7. за чисельністю персоналу – мале;
8. за вартістю власного майна – середнє;
9. за впливом на предмет праці – переробне;
10. за режимом роботи протягом року – позасезонне;
11. за призначенням продукції – товари промислового призначення.

КВЕД: код 25.61 що включає нанесення покриття на метали.

Мета діяльності: задоволення потреб авіабудівної промисловості у сталевих деталях з корозійностійкими властивостями та як наслідок - отримання прибутку.

Основні завдання, які вирішує підприємство:

1. забезпечення споживачів продукцією належної якості впродовж встановленого споживачем часу.
2. забезпечення персоналу підприємства заробітною платою, нормальними умовами праці;
3. недопущення збоїв у роботі підприємства (зриву поставки, випуску бракованої продукції, різкого скорочення обсягів виробництва і зниження рентабельності);
4. отримання доходу за рахунок реалізації споживачам виготовленої продукції.
5. Схема організаційної структури підрозділу хімічного виробництва по гальванічному нанесенні кадмію: лінійна структура.

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ докум	Підпис	Лам		56

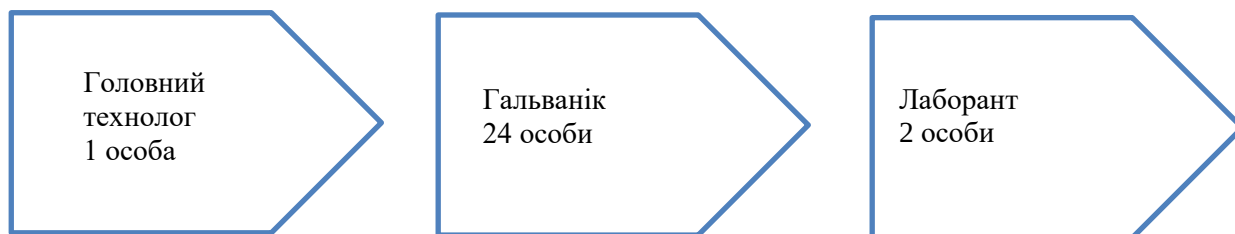


Рис. 4.1 – Організаційна структура підрозділу:

Таблиця 4.1 – Класифікація виробничих процесів.

Вид виробничого процесу	Найменування операції	Тривалість операції, хв..
1	2	3
Основні	1.Механічна обробка деталей з необхідною кількістю промивань	15
	2.Монтаж деталей на підвіску	10
	3.Знежирення хімічне	4
	4. Промивка тепла	3
	5.Промивка холодна	3
	6.Знежирення електрохімічне	10
	7. Промивка тепла	3
	8. Промивка холодна	3
	9.Травлення хімічне	10
	10. Промивка холодна	4
	11.Технічний контроль товщини деталей	10
	12.Активація	4
	13.Кадмування електрохімічне	15
	14.Промивка у ванні уловлювання	5
	15. Промивка холодна	5
	16.Хроматування хімічне	2
	17. Промивка у ванні уловлювання	3
	18. Промивка тепла	3
	19. Сушка	20
	20. Технічний контроль	3

	21.Демонтаж деталей	10
	22. Пакування деталі в чохла	8
Допоміжні	Відправлення продукції на склад	
Побічні	Очищення стічних вод	

Тривалість основного процесу - 150 хв

Визначення оптимального ВРПП

Річна програма, з урахуванням браку становить: 13400 м².

Добова виробнича програма складає

$$P_{\text{доб}} = 13400 / 251 = 53,39 \text{ м}^2,$$

де 251 – кількість робочих днів у році. Виробничий підрозділ працює у 2 зміни на день по 8 годин 5 днів на тиждень.

Виробнича програма зміни становить:

$$P_{\text{зм}} = 53,39 / 2 = 26,7 \text{ м}^2.$$

Кількість циклів завантаження, які необхідно провести за зміну становить:

$$N = P_{\text{зм}} / U_c = 26,7 / 4,2 = 6,35 = 7 \text{ завантажень/зміну.}$$

де U_c – площа разового завантаження ванн, яка приведена в технологічних розрахунках.

Розрахуємо випуск продукції для різних ВРПП:

1. Для послідовного:

$$N_{\text{зав}} = \frac{T_{\text{посл}}^{\text{в.ц}}}{T_{\text{заг}}} = \frac{16 \cdot 60}{150} = 6,4 = 6 \text{ разів}$$

$$V_{\text{посл}}^{\text{річ}} = 6 \cdot 251 \cdot 4,2 = 6325,2 \text{ м}^2$$

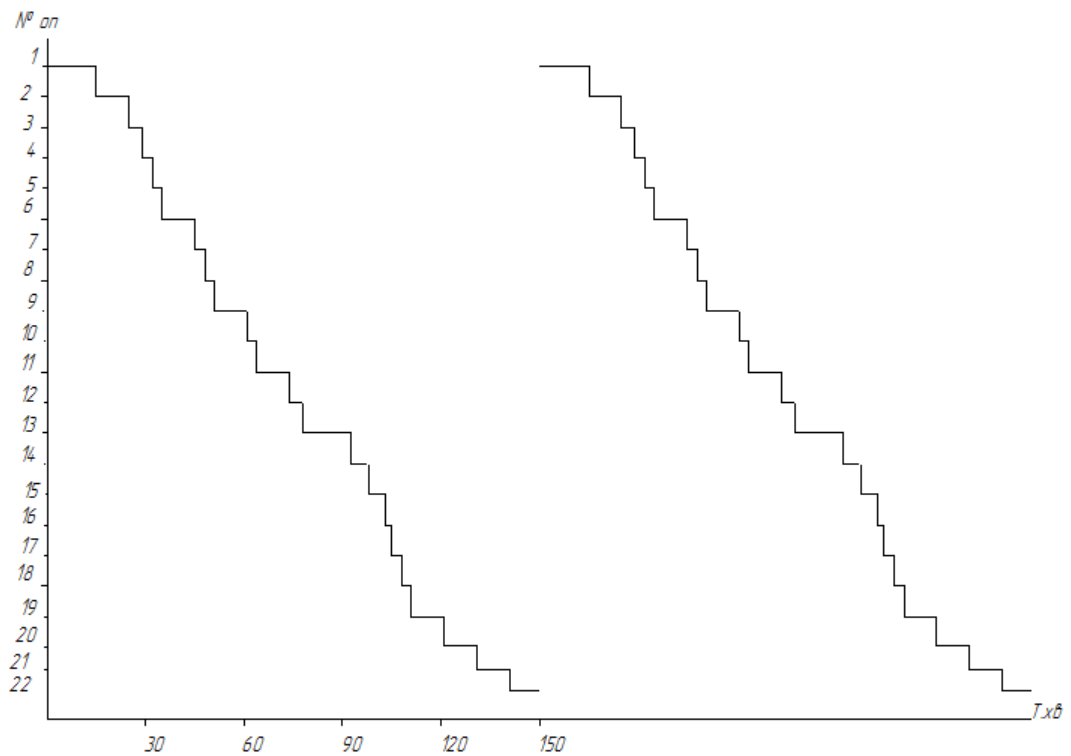


Рис.4.2 – Графік послідовного ВРПП

2. Для паралельного:

$$N_{\text{зав}} = \frac{T_{\text{пар}}^{\text{в.ц.}} + t_{\text{max}} - T_{\text{заг}}}{t_{\text{max}}} = \frac{16 \cdot 60 + 30 - 150}{30} = 28 \text{ завантажень/добу}$$

$$B_{\text{пар}}^{\text{річ}} = 28 \cdot 251 \cdot 4.2 = 29517 \text{ м}^2$$

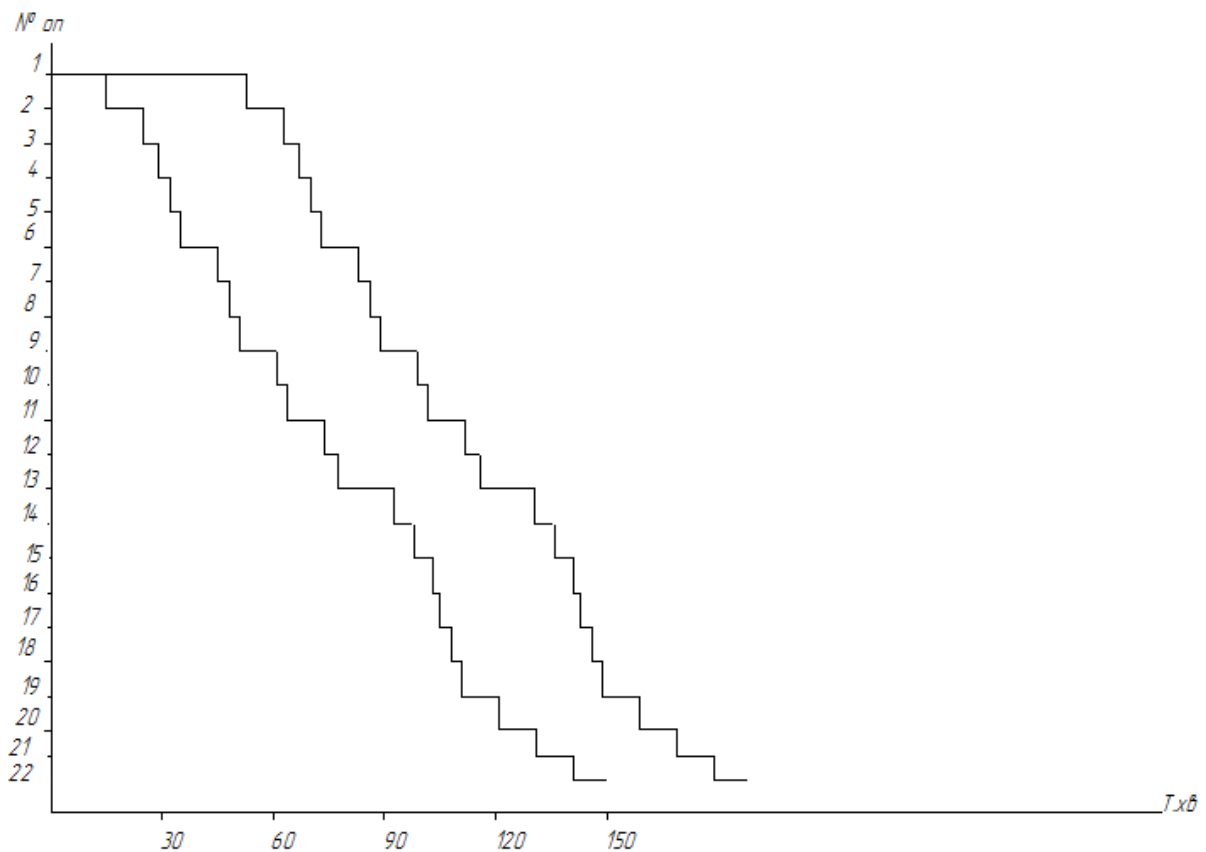


Рис 4.3 – Графік паралельного ВРПП.

3. Синхронізований ВРПП:

Спочатку розрахуємо кількість завантажень для забезпечення достатнього випуску продукції за рік:

Для 14-ти завантажень:

$V_{14} = 14 \cdot 251 \cdot 4,2 = 14758,8 \text{ м}^2/\text{рік}$. Даний випуск перевищує заданий на понад 10%.

Для 13-ти завантажень:

$V_{13} = 13 \cdot 251 \cdot 4,2 = 13704,6 \text{ м}^2/\text{рік}$. Даний випуск є достатнім.

Розрахуємо оптимальний ритм для 13-ти завантажень на добу.

$$13 = \frac{16 \cdot 60 + R - 150}{R}.$$

$$13 R = 810$$

$R = 810 / 13 = 62,3 = 63 \text{ хв}$. (Якщо обрати ритм 62 хв, то кількість завантажень стає рівною 7).

$$N_{\text{зав}} = \frac{T_{\text{сінх}}^{\text{в.ц.}} + R - T_{\text{заг}}}{R} = \frac{16 \cdot 60 + 63 - 150}{63} = 13,85 = 13 \text{ завантажень/добу}$$

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ докум	Підпис	Лат		60

$$B_{\text{синх}}^{\text{річ}} = 13 * 251 * 4.2 = 13704,6 \text{ м}^2$$

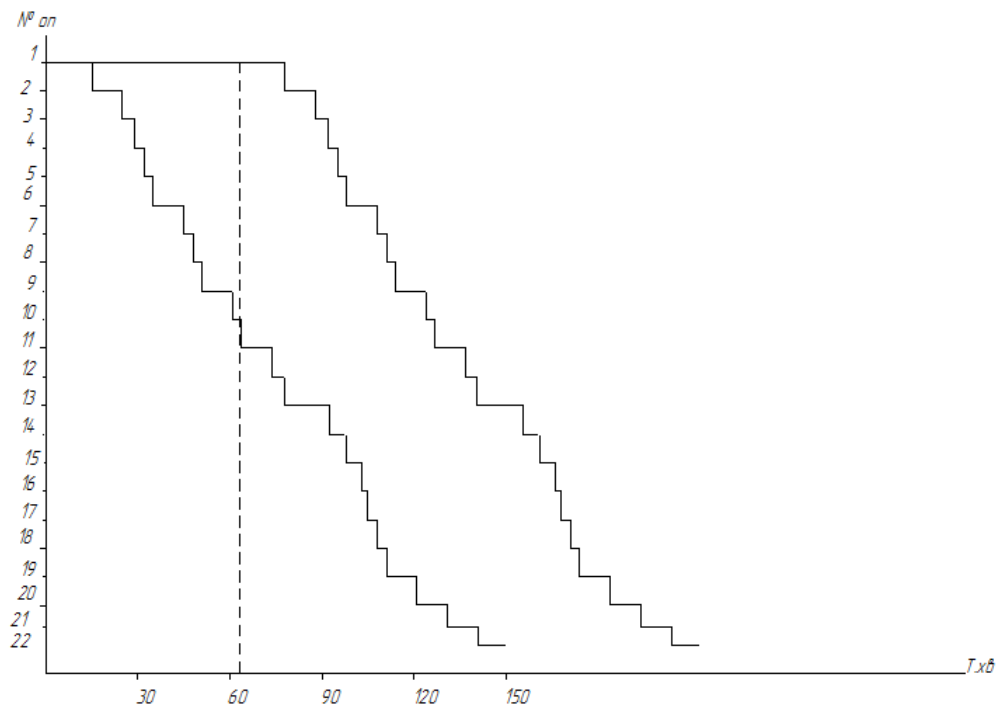


Рис 4.4 – Графік синхронізованого ВРПП

З розрахунків видно, що для виконання річної програми з ритмом 63 хвилин необхідно: ванн хімічного знежирення - 6 шт (партія деталей складається з 6 штук, по одній деталі на ванну), ванн електрохімічного знежирення – 6, теплої промивки – 6 (тепла промивка виконується тричі за цикл, завантаження однієї ванни складає 3 одиниці) , ванн холодної промивки – 8(промивка виконується 4 рази за весь цикл, в одну вану промивки завантажується 3 деталі, дві ванни на кожний етап промивки) , ванн уловлювання – 6 (уловлювання виконується 2 рази по дві деталі на одну ванну), ванн травлення – 6, ванн хроматування – 6 ,ванн кадмування – 6, ванн активації - 6, сушильна шафа – 2. Загальна кількість обладнання – 58 штук.

Чисельність персоналу явочна. Для виконання повного обсягу робіт на підприємстві достатньо 13 працівників: 12 гальваніків та 1 лаборанта.

$$Ч_{\text{яв}} = 13 \text{ осіб.}$$

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лам		61

Для виконання усіх робіт достатньо роботи виробництва у дві зміни по 13 осіб у кожній зміні, було прийнято рішення організувати роботу виробництва у дві зміни, що узгоджується з розрахунком чисельності осіб за списком:

$$\mathcal{C}_{\text{сп}} = \mathcal{C}_{\text{яв}} * \frac{T_{\text{підпр}}^{\text{річ}}}{T_{\text{пр}}^{\text{річ}}} = 13 * \frac{\frac{16}{24} * 251}{\frac{8}{24} * 251} = 26 \text{ осіб.}$$

Кожна особа працює по 40 годин на тиждень.

Річний час роботи одного робітника становить:

$$\mathcal{C}_{\text{річ}} = 8 \text{ год} * 5 \text{ днів} * 52 \text{ тижні} = 2080 \text{ годин.}$$

Згідно діючого законодавства норма робочого часу для працівника з 40-годинним робочим тижнем складає 2002 години. Оскільки річний час роботи працівника перевищує встановлений законодавством час менше ніж на 10%(10 % - 200 годин), то доплата за них не нараховується.

Графік роботи підприємства: Пн-Пт 6:00 до 22:00.

Таблиця 4.2 Графік змінності

Дні/ Прац	1	2	3	4	5	6 СБ	7 НД	8	9	10	11	12	13 СБ	14 НД	15
Бр1	1	1	1	1	1	В	В	1	1	1	1	1	В	В	1
Бр2	2	2	2	2	2	В	В	2	2	2	2	2	В	В	2
Дні/ Прац	16	17	18	19	20 СБ	21 НД	22	23	24	25	26	27 СБ	28 НД	29	30
Бр1	1	1	1	1	В	В	1	1	1	1	1	В	В	1	2
Бр2	2	2	2	2	В	В	2	2	2	2	2	В	В	1	2

Час роботи змін: 1 – 6:00 – 14:00; 2 – 14:00-22:00;

4.2 Технічний контроль на виробництві:

Об'єкти контролю – сировина та матеріали, технологічні процеси, стан обладнання, напівфабрикати, пакування, допоміжні виробничі процеси.

Суб'єкт контролю – головний технолог.

Види контролю:

- 1) За технічним рівнем – інструментальний
- 2) За параметрами, що визначаються - кількісний, якісний.
- 3) За стадійністю процесу – вхідний, поточний, проміжний вихідний.
- 4) За охоплення об'єктів контролю – індивідуальний
- 5) За обсягом – суцільний.

Оскільки головний технолог працює з 10 до 18-ої години, на час його відсутності обов'язки з контролю якості продукції виконує лаборант. До обов'язків лаборанта входить: контроль вхідної сировини, контроль за складом ванн, корекція складу ванн, контроль технологічного режиму, візуальна та інструментальна перевірка якості продукції на час відсутності головного технолога.

4.3 Розрахунок витрат на контроль якості

Якість одержаного покриття визначається візуально, а також за допомогою високоточного мікрометра. До початку процесу кадрування, а також після сушки деталі після хроматування, вимірюється товщина у семи точках, приріст товщини має складати $30 \pm 3 \text{ мкм}$.

Вартість мікрометра становить 15000 грн, гарантійний термін експлуатації – 5 років. Річні витрати для обладнання на контроль якості продукції становлять $15000/5 = 3000$ грн/рік. Вартість контролю якості враховано в амортизацію вартості приладу і наведена в розрахунках амортизації.

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		63

4.4 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва.

Таблиця 4.3 Склад основних фондів

№	Обладнання	Кількість	Вартість
1	2	3	4
1	Споруда	1	200000
2	Ванна хімічного знежирення	6	10000
3	Ванна електрохімічного знежирення	6	12000
4	Ванна травлення	6	12000
5	Ванна активації	6	11500
6	Ванна кадмування	6	15000
7	Ванна хроматування	6	12000
8	Ванна холодної промивки	8	10000
9	Ванна уловлювання	6	11000
10	Ванна теплої промивки	6	10000
11	Сушильна шафа	2	12000

Загальна вартість становить 865000 грн

Таблиця 4.4 -Тарифна сітка.

Тарифні Розряди	Тарифні коефіцієнти	Тарифні розряди	Тарифні коефіцієнти	Тарифні розряди	Тарифні коефіцієнти	Тарифні розряди	Тарифні коефіцієнти
1	1	6	1,47	11	2,04	16	2,71
2	1,09	7	1,58	12	2,17	17	2,86
3	1,18	8	1,69	13	2,30	18	3,01
4	1,27	9	1,80	14	2,43	19	3,16
5	1,36	10	1,91	15	2,56	20	3,31

Таблиця 4.5 – Фонд заробітної плати для працівників цеху .

Посада	Кількість осіб	Тарифний розряд	Тарифний коефіцієнт	Тарифна ставка, грн/год	Заробітна плата, грн	
					За день	За рік
Головний технолог	1	15	2.56	69.45	555.6	135,196
Гальванік	24	10	1.91	51.81	414.48	104038,48
Лаборант	2	8	1.69	45.85	366.8	92066,8
Всього	27				8476,48 ¹	2908319.92 ²

Примітка – мінімальна погодинна ЗП становить 27,13 грн

1 – ЗП робітників двох змін за один день

2 – ЗП усіх робітників за 1 рік.

Урахування на ЄСВ + військовий збір 1,5% : $H = 1,235 * 2908319.92 = 3591775.1$ грн.

Розрахунок амортизації основних фондів:

1. Амортизація будівлі: $A_{\text{буд}} = 200000/20 = 10000$ грн/рік
2. Амортизація обладнання: $A_{\text{обл}} = 865000/5 = 173000$ грн/рік
3. Амортизація нематеріальних активів: $A_{\text{нма}} = 10,000/12 = 833$ грн/рік
4. Амортизація трубопроводів: $A_{\text{тр}} = 15000/15 = 1000$ грн/рік
5. Для контролю товщини покриття використовується високоточний мікрометр вартість якого становить 15000 грн, гарантійний термін експлуатації – 5 років: $A_{\text{мкм}} = 15000/5 = 3000$

Всього витрат на амортизацію: $A_{\text{заг}} = 10000 + 173000 + 833 + 1000 + 3000 = 187833$ грн/рік

Таблиця 4.6 – Річні оборотні фонди підприємства

Найменування	Вартість одиниці	Витрати/ рік	Вартість
Сульфат кадмію	70 грн/кг	225 кг	15750
Трилон Б	64 грн/кг	412 кг	26368
Гідроксид натрію	30грн/кг	242,5 кг	7275
Фосфат натрію	65 грн/кг	222 кг	14430
Карбонат натрію	35 грн/кг	35 кг	1225
Силікат натрію	40 грн/кг	56,3 кг	2252
Дихромат калію	300грн/кг	75 кг	22500
Сульфатна кислота	20 грн/кг	1060 кг	21200
Кадмієві аноди	350 грн/кг	2432 кг	851200
Вода	20,2 грн/м ³	3184 м ³	63993,6
Електроенергія	1,68грн/кВт	697418 кВт	1171662,24
Всього			2197855,8

Примітка - ціна на воду вказана з урахуванням водовідведення, розрахунок витрат хімікатів наведено в технологічній частині, в таблицю внесні дані про витрати усіх хімічних речовин з усіх ванн.

Таблиця 4.7 – Розрахунок собівартості продукції

№	Елементи затрат	Витрати		% від собівартості
		На річну програму, грн/рік	На одиницю продукції, грн.	
1	Амортизація	187833	9,83	3,2
2	Оборотні фонди	2197855,8	114,81	36,4
3	Заробітна плата	3591775.1	187,62	59,5
4	Нематеріальні активи	10000	0,52	0,1
5	Додаткова ЗП з урахування ЄСВ	50000	2,61	0,8
6	Виробнича собівартість	6037463,9	315,39	100

Повна собівартість розраховується з урахуванням витрат на утримання адміністративно-управлінського персоналу, які зазвичай складають 80% від виробничої собівартості.

$$C_{\text{повна}} = 1,8 * C_{\text{вир}} = 1,8 * 6037463,9 = 10867435 \text{ грн}$$

$$C_{\text{од}} = 10867435 \text{ грн} / 19143 \text{ од} = 567,7 \text{ грн/од}$$

4.5 Техніко-економічні показники

1. Прибуток:

$$\Pi = \text{Ц} - \text{С} = 650 - 567,7 = 82,3 \text{ грн/од.}$$

Ринкова ціна обробки однієї деталі обраної для дипломного проекту складає 500 – 700 грн/од.

2. Рентабельність:

$$P = \frac{\Pi}{C} \cdot 100 = \frac{82,3}{567,7} \cdot 100 = 14,5 \%$$

3. Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{\Pi}{K} = \frac{82,3 * 19143}{5971175.72} = 0,26$$

4. Капіталовкладення:

$$K = \text{ОЗ} + \text{ОБЗ} + \text{ЗП} = 865000 + 2197855,8 + 2908319.92 = 5971175.72 \text{ грн.}$$

4. Період повернення капіталовкладень:

$$T_{\text{пов.}} = \frac{1}{E} = \frac{1}{0,26} = 3,85 \text{ роки.}$$

5. Собівартість:

$$C = 315,39 \text{ грн.}$$

6. Чисельність персоналу явочна: 13 осіб(на зміну).

7. Чисельність персоналу за списком: 27 осіб.

8. Фондовіддача основних засобів:

$$\Phi B_{\text{ОЗ}} = \frac{B}{\text{ОЗ}} = \frac{19143 * 567,7}{865000} = 12,56 \text{ грн/грн.}$$

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		67

9. Фондовіддача оборотних засобів:

$$\Phi B_{063} = \frac{B}{063} = \frac{19143 \cdot 567,7}{2197855,8} = 4,95 \text{ грн/грн.}$$

10. Фондоємність основних засобів:

$$\Phi \epsilon_{03} = \frac{1}{\Phi B_{03}} = \frac{1}{12,56} = 0,08 \text{ грн/грн.}$$

11. Фондоємність оборотних засобів

$$\Phi \epsilon_{063} = \frac{1}{\Phi B_{063}} = \frac{1}{4,95} = 0,2 \text{ грн/грн.}$$

Висновок: в даній частині проекту розрахована собівартість нанесення кадмієвого покриття покриття, а розраховано витрати на закупівлю обладнання, витрату реагентів, витрати за виплату заробітної плати.

Рентабельність склала 14,5 %. Прибуток – 82,3 грн/од. Встановлено, що період повернення капіталовкладень становить 3,85 роки, а отже, дане підприємство є рентабельним.

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ докум	Підпис	Лат		68

4.6 Функціонально-вартісний аналіз електролітів кадмування.

Найбільш використовувані електроліти:

- Сульфатний
- Ціанідний
- Трилонатний.

Найважливішими характеристиками електролітів є:

- Максимальна робоча густина струму, (МРГС), (А/дм²)
- Розсіювальна здатність,(РЗ), (%)
- Токсичність (Т) (Шкала выд 1 до 10)
- Вартість (В) (грн/л)

Таблиця 4.8 Оцінка вагомості експертів.

	Оцінка	
Експерт 1	50	0,5
Експерт 2	25	0,25
Експерт 3	25	0,25
Сума	100	1

Таблиця 4.9 - Попарне порівняння характеристик:

Порядковий номер	Пари характеристик	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3	Бали
1	МРГС-РЗ	1=1	0,5<1.5	1=1	0,875
2	МРГС-Т	0.5<1.5	0.5<1.5	0.5<1.5	0,5
3	МРГС-В	1.5>0.5	1=1	1.5>0.5	1,375
4	РЗ-Т	1=1	0.5<1.5	1.5>0.5	1
5	РЗ-В	1=1	1=1	1.5>0.5	1,125
6	Т-В	1.5>0.5	1.5>0.5	1=1	1,375

1) $1*0,5+0,5*0,25+1*0,25 = 0,875$

2) $0,5*0,5+0,5*0,25+0,5*0,25 = 0,5$

3) $1,5*0,5+1*0,25+1,5*0,25 = 1,375$

4) $1*0,5+0,5*0,25+1,5*0,25 = 1$

5) $1*0,5+1*0,25+1,5*0,25 = 1,125$

6) $1,5*0,5+1,5*0,25+1*0,25 = 1,375$

Таблиця 4.10 Розрахунок попарних характеристик

	<i>МРГС</i>	<i>РЗ</i>	<i>Т</i>	<i>В</i>
<i>МРГС</i>	2,75 22,93%	0,875	0,5	1,375
<i>РЗ</i>	1,125	3,25 27,08%	1	1,125
<i>Т</i>	1,5	1	3,875 32,29%	1,375
<i>В</i>	0,625	0,875	0,625	2,125 17,7%

Таблиця 4.11- Значущість характеристик:

	<i>Ступінь значущості</i>			
<i>Оцінка</i>	<i>Відмінно</i>	<i>Добре</i>	<i>Задовільно</i>	<i>Набл. задовільно</i>
<i>Числове значення</i>	10-8	8-6	6-4	4-0
<i>МРГС</i>	3-4	2-3	1-2	<1
<i>РЗ</i>	>75	50-75	30-50	<30
<i>Т</i>	10-7	7-5	5-4	<4
<i>В</i>	<10	10-20	20-30	>30

Примітка: якщо критерій виходить за рамки йому присвоюється максимальна, або мінімальна оцінка, в залежності від того в який бік (більший чи менший) відбувається вихід. [12],[13].

					<i>ЛП XF6123 1450 000 ПЗ</i>	<i>Анк</i>
<i>Змн</i>	<i>Анк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Лат</i>		70

Таблиця 4.12 - Характеристики електролітів:

Електроліт/ Характеристика	Сульфатний	Ціанідний	Трилонатний
МРГС, А/дм ²	1 (4)	3 (6)	4 (10)
РЗ, %	30 (6)	60 (7)	55 (7)
Т (умовно характеризується числами 1-10, де 10 – найменша токсичність, 1 – найбільша).	6 (7)	1 (0)	4 (4)
В, грн./л	8 (10)	40 (2)	15 (7)

Примітка: В дужках наведено оцінки характеристик електролітів.

Вибір найкращого електроліту:

Сульфатний: $4 \cdot 0,2293 + 6 \cdot 0,2708 + 7 \cdot 0,3229 + 10 \cdot 0,177 = 6,5723$

Ціанідний : $6 \cdot 0,2293 + 7 \cdot 0,2708 + 0 \cdot 0,3229 + 2 \cdot 0,177 = 3,62$

Трилонатний: $10 \cdot 0,2293 + 7 \cdot 0,2708 + 4 \cdot 0,3229 + 7 \cdot 0,177 = 6,7192$

Висновок: в ході проведення функціонально-вартісного аналізу, було визначено, що найкращим електролітом з-поміж аналізованих є трилонатний електроліт, який краще відповідає вимогам, які висувуються до сучасних електролітів кадмування.

РОЗДІЛ 5 Охорона праці та техніка безпеки процесу нанесення кадмієвого покриття.

Під час виконання даного проекту в процесі нанесення кадмієвого покриття, який відбувається в гальванічному цеху, використовуються небезпечні для життя та здоров'я людини речовини; передбачено використання системи вентиляції, системи освітлення та системи протипожежної безпеки.

Проект виконаний з додержанням усіх вимог охорони праці та пожежної безпеки. [14]

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

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		72

Таблиця 5.1. Коротка санітарна характеристика цеху, що проектується

Назва виробничої дільниці	Шкідливі речовини. Причини їх виникнення	Група шкідливих речовин. Х-ка шкідливого впливу	Група шкідливих речовин у повітрі шкідливої зони, м/мг	Клас небезпечності речовини	ЗІЗ	Засоби доі-карської допомоги	Методи контролю	Клас виробництва	Санітарна група
Ванна хімічного знежирення	NaOH – випаровування з поверхні розчину	Подразнюючі, при потраплянні на слизову оболонку та шкіру призводить до хімічних опіків	2	2	Захисні окуляри, гумові рукавички, гумовий одяг	Промити великою кількістю води, потім слабким розчином 5% оцтової	ХГА „Агат”	IV	3а
Ванна хімічного травлення	HCl – випаровування з поверхні розчину, розбрискування з деталі	Подразнює верхні дихальні шляхи, викликає опіки.	2	3	Респіратор класу А, захисні окуляри, халат.	Промити великою кількістю води, розчином соди 2%	Нефелометричний з хлоратом калію	IV	3б

Ванна камування	CdSO_4 випаровування з поверхні електроліту	Загальна дисфункція організму	5	2	Респіратор класу А, захисні окуляри, халат.	Промивання шлунку	Газовий аналіз	IV	36
Ванна освітлення	CrO_3 , випаровування,	Подразнює верхні дихальні шляхи	5	2	Респіратор, халат, окуляри	Промити шкіру великою кількістю води	ХЖ-130 хроматограф рідинний	IV	36
Ванна хроматування	CrO_3 , випаровування,	Подразнює верхні дихальні шляхи	5	2	Респіратор, халат, окуляри	Промити шкіру великою кількістю води	ХЖ-130 хроматограф рідинний	IV	36

5.1.1 Повітря робочої зони.

Нормальні умови праці забезпечуються за допомогою механізації і автоматизації важких трудовісних процесів, раціональному розміщенню технічного устаткування, агрегатів та інших приладів.

Таблиця 5.2. 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	Оптимальна, не більш ніж	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш
			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

Передбачено також використання засобів індивідуального захисту робітників – респіратор Тополь -3м, халатів та спеціального взуття.

Для видалення агресивних та токсичних речовин з повітря передбачено:

- 1) Примусова вентиляція приміщення через фільтри.
- 2) Витяжна вентиляція для видалення з приміщення токсичних речовин
- 3) Встановлення датчиків, які фіксують перевищення концентрації хімічних речовин у повітрі робочої зони.

Також в цеху передбачена аварійна вентиляція на випадок розливу, або витоку хімікатів.

Ванни з шкідливими виділеннями (ванни для знежирення, травлення, для нанесення покриття) обладнані бортовими відсмоктувачами.

Для збереження тепла і недопущення протягів передбачено наявність завіс, які будуть стримувати повітря.

Для зниження виділення шкідливих речовин в повітрі робочої зони передбачаються наступні заходи:

1. для зниження концентрації шкідливих речовин в атмосфері цеху, приготування і коректування ванн передбачено здійснювати при увімкненій

місцевій вентиляції;

2. в процесі приготування травильних розчинів кислоту вводять обережно в холодну воду, щоб не допустити її перегрівання та інтенсивного випаровування.

3. для зменшення виносу електролітів з ванни після певної операції використовуються ванни уловлювання, що дозволяє повернути дану воду в процес .

4. для попередження потрапляння розчинів на підлогу та проміжки між ваннами закриваються пластиковими трикутниками.[14]

5.1.2 Розрахунок системи місцевої механічної вентиляції

В якості місцевої витяжної вентиляції, для уловлювання шкідливих виділень з поверхні розчинів, в цеху прийняті двосторонні бортові відсмоктувачі.

Установка бортових відсмоктувачів необхідна на ваннах, з поверхні яких можливе виділення шкідливих і небезпечних речовин. Виділення таких речовин можливе у ванні хімічного знежирення, травлення, хроматування та кадміювання. Отже є 4 ділянки з яких необхідно видаляти повітря через місцеві бортові відсмоктувачі.

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

$$L_{омс} = 3600 \cdot a \cdot b \cdot K_3 \cdot K_t \cdot \sqrt{(t_p - t_n)} \cdot n \cdot b^3$$

де а - довжина ванни ,b - ширина ванни (м); t_p – температура розчину; t_n – температура навколишнього середовища; K_3 – коефіцієнт запасу (1,5);

$K_t = (1 + \frac{b}{8 \cdot a})^2$ - коефіцієнт запасу для двохстороннього бортового відсмоктувача; б – безрозмірна характеристика (1/15 для двохстороннього бортового відсмоктувача); n – кількість прямих кутів між границями потоку повітря (n = 3 для вільного розташування ванн).

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ докум	Підпис	Лат		76

Таблиця 5.3. Коефіцієнти і результати розрахунків витрат повітря

Процес	$t_p, ^\circ \text{C}$	$t_n, ^\circ \text{C}$	K_t	Кількість ванн, шт	$L_{отс}, \text{м}^3/\text{год}$
Знежирення (NaOH)	70	20	1,02	1	8225
Травлення (HCl)	20	20	1,02	1	822,5
Кадмування (CdSO ₄)	25	20	1,02	6	2719
Хроматування	25	20	1,02	1	3841
Сумарно					15580,5

Розрахуємо втрати тиску у трубопроводах:

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

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

Для трубопроводу діаметром 560 мм, та швидкості руху повітря 1,5 м/с значення $R = 0,005 \text{ кг/м}^2$

Довжина витяжного трубопроводу складає 25м.

Втрати на місцевих опорах

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

Місцеві опори:

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

$$Z = 36,74, \text{кг/м}^2$$

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

З огляду на витрати повітря вибрано вентилятор В5-120 №4 А6523 2а.
Потужність на валу 2 кВт, частота обертів 1800 об/хв. [14]

5.1.3. Виробниче освітлення

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		77

Передбачено використання систем штучного робочого, аварійного, евакуаційного, ремонтного і охоронного освітлення. Система природного освітлення – комбінована (сполучення верхнього та бічного освітлення).

Таблиця 5.4. Норми освітленості і КПО цеху згідно ДБН В.2.5.28 – 06

Розряд і під- розряд зоро- вої роботи	Освітленість, лк		КПО, %	
	Штучне		Природне	Суміщене
	Комбіноване	Загальне	Верхнє і бічне	Верхнє і бічне
IVв	400	200	4 і 1,5	2,4 і 0,9
VIIIa	–	200	3 і 1	1,8 і 0,6

Для освітлення виробничого приміщення використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ–40(G13) та ЛБ–60(G13). Також передбачене аварійне і евакуаційне освітлення, для якого використовують світильники прямого типу "Альфа". Для виміру і контролю освітленості в приміщеннях використовують люксметри Ю–117 з періодичністю 3 рази/рік та після ремонту освітлювальних установок і заміни ламп. При аварійному освітленні мінімальна освітленість складає 5 % від нормованої, але не менше 2 лк. Для евакуації людей передбачено освітлення на підлозі основних проходів та на сходах не менше 0,5 лк, на відкритих майданчиках – не менше 0,2 лк. Передбачено також нанесення на стіни люмінісцентної фарби з позначенням найближчих виходів та шаф, які мають устаткування для боротьби з пожежею.[14]

5.1.4. Виробничий шум і вібрація

Джерелом вібрації та шуму в цеху є механізми: автооператори, вентилятори, електродвигуни, компресори та ін. Рівень шуму на виробництві залежить від одночасної роботи всіх видів устаткування і сягає 76...92 дБА за даними лабораторних вимірів, що перевищує допустимий рівень (допустиме значення, згідно ДСН 3.3.6.037–99, становить 80 дБА).

Зниження шуму досягається наступними способами: ізоляцією джерел шуму засобами звукоізоляції і звукопоглинання (перегородки і кожухи,

					ЛП XF6123 1450 mm P3	Анк
Змн	Анк	№ докум	Підпис	Лат		88

перешкоджаючи розповсюдженню шуму); використання глушників, які встановлюються на повітроводах; акустичною обробкою приміщень звукопоглинаючими матеріалами; зменшенням шуму в джерелі їх утворення – мінімальні допуски, ретельне балансування, демпфірування вібрації деталей, що співударяються; використання індивідуальних засобів захисту (беруші, тампони з ультратонкого волокна, навушники, шлеми, каски); архітектурно-планувальним рішенням: відстань від стіни до обладнання з робочої сторони лінії 2 м, з неробочої 1,3...1,8 м; площа виробничого приміщення на одного працюючого не менше 6 м²; мінімальна висота приміщення 7 м, при цьому площа приміщення зайнята лінією кадрування, не перевищує 25 % загальної площі гальванічного цеху.

В цеху, що проектується передбачено вимірювання рівня шуму і контролю рівня вібрації за допомогою приладу ИШВ-003.[14]

5.1.5. Електробезпека

Гальванічний цех за ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом є особливо небезпечним приміщенням, оскільки характеризується наявністю хімічноактивного середовища, руйнуючого електроізоляцію струмоведучих частин електрообладнання.

Ураження співробітників електричним струмом можливе при дотику до оголеної поверхні дроту, при розливі розчину електроліту, який має сполучення з внутрішньою поверхнею ванни, а також ураження кроковою напругою і через електродугу. Електричне устаткування цеху живиться від трифазної чотирьохпровідної електричної мережі змінного струму промислової частини 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 встаткування $U_0 = 2$ В, а $I_L = 0,3$ мА; при аварійному $U_0 = 36$ В, а $I_L = 6$ мА.

Найчастіше відбувається однофазний дотик людини до мережі змінного

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		79

струму. Сила струму, що проходить через людину, розраховується як:

$$I_{\text{л}} = U_{\text{ф}} 10^3 / (R_{\text{л}} + R_0), \text{ мА};$$

де $U_{\text{ф}}$ — 220 – фазна напруга, В; $R_{\text{л}} = 3000$ – загальний опір тіла людини, Ом;

$R_0 = 6$ – опір робочого заземлення нейтралі, Ом.

$$I_{\text{л}} = 220 / (3000 + 6) = 0,073 \text{ А} = 73 \text{ мА}$$

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

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

Порівнявши розрахункові значення з нормативними, можна зробити висновок, що при порушенні вимог техніки безпеки в цеху можуть бути електричні травми з важкими наслідками. Для забезпечення електробезпеки передбачені наступні технічні способи і засоби: занулення електрообладнання, захисне відключення установок, вирівнювання потенціалів, мала напруга живлення ручних електроінструментів, ізоляція струмоведучих частин, електричний поділ мереж, огорожувальні пристрої, блокування, сигналізація, знаки безпеки, попереджувальні плакати. Безпека експлуатації при нормальному режимі електроустановок дотримується наступним чином: ізоляцією струмоведучих частин (опір ізоляції не менше 0,5 МОм), недоступністю струмоведучих частин, малими напругами.

Рекомендуються такі захисні засоби: діелектричні гумові рукавички, інструмент з ізолюючими рукоятками і струмошукачі, гумові ізолюючі підставки. Обов'язкове регулярне проведення інструктажу з правил техніки безпеки зі струмом. Також необхідно регулярно проводити обстеження усіх дровових з'єднань, що містяться на підприємстві з метою пошуку несправностей.

Перед кожним увімкненням апаратури робітникам необхідно перевірити надійність заземлення та роботи блокувальних автоматичних пристроїв.[14]

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		80

5.1.6. Безпека технологічних процесів і обслуговування устаткування

Згідно дипломного проекту оптимізація охорони праці досягається методами і засобами інженерної охорони праці. Використовують такі групи методів і засобів забезпечення безпеки праці:

1. Виключення контакту людини з небезпечними виробничими факторами шляхом автоматизації процесу виробництва;
2. У відповідності характеристик до виробничого середовища з характеристиками людини, які забезпечують адаптацію, природні захисні властивості організму до умов навколишнього середовища.
3. Забезпечення співробітників ЗІЗ та забезпечення їх знаннями щодо правильного їх використання.
4. Проведення регулярного контролю справності приладів та обладнання.
5. Встановлення системи сигналізації для контролювання допустимого вмісту хімічних речовин в повітрі робочої зони.
6. Розміщення пам'яток щодо правил поведінки з хімічними речовинами на робочих місцях.

Під час роботи на гальванічному виробництві особливу увагу слід приділяти процесам, які перебігають при підвищених температурах, з проходженням електричного струму великої сили, процесам в яких використовуються токсичні речовини.[14]

5.2. Пожежна безпека

В ході роботи цеху загоряння може трапитися внаслідок перевантаження проводки, витоку хімічних речовин, їх окиснення киснем повітря, що може призвести до людських жертв, пошкодження обладнання, зупинки технологічного процесу та ін. Будівля має бути виконана з матеріалів, які не підтримують процес горіння, а при окисленні не виділяють токсичних речовин.

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		81

Для активної протидії таким наслідкам цех має бути обладнаний системами виявлення пожеж (датчики диму, камери спостереження). Також необхідним є наявність засобів пожежогасіння – вогнегасників, пожежні крани (1 кран на 40 м²) та ін.

Будівля захищена від прямого удару блискавки (відповідно до СН 305 – 77) за допомогою блискавковідводу, що складається з блискавкоприймача (що приймає на себе розряд блискавки), заземлювача і струмопровідника. Тип вертикальний стрижньовий: Н = 100м, висота його зони захисту під землею $H_0 = 0,92 \cdot 100 = 92$ м. Радіус зони захисту на рівні землі $r_0 = 1,5 \cdot 100 = 150$ м.[14]

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		82

Таблиця 5.5. Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин і матеріалів

Гальванічна ванна	Назва дільниці		
ПВХ	Речовини, що мають обіг у виробництві ГОСТ		
	Агрегатний стан речовини в нормальних умовах		
	Горючість, займистість		
Важкозаймисті		Температура спалаху	Показники пожежо- та вибухонебезпечності
		Температура займання	
		Температура самозаймання	
0 4 6	0 4 6	% об'ємних	Межа запалення
		мг/м ³	
		Категорія	Вибухонебезпечні суміші з повітрям
		Група	
Вода, піна	Вогнегасні засоби		
В	Категорія приміщення за ЗНТП 24–86		
02	Клас приміщення і зовнішніх установок згідно з ПУЕ		
2Б	Категорія об'єкта і тип зони захисту і влаштуванню блискавкозахисту згідно з БН 305–77		

Ізоляція	Поміст	
Текстоліт	Дерево, гума	H ₂
ТВ.	ТВ.	Газ
Важкогорюча	Горюча	Легкогорюча
—	1 7 0	1 3 2
3 5 8	4 0 0	3 2 4
3 5 8	4 0 0	5 7, 5
—	—	4 7, 5
—	—	45— 82, 5
—	—	2с
—	—	T 1
Вогнегасники рідинні, вуг- лекислий. СУБ-7, пісок, піна	Вода	Інертний газ
	В	
	02	
	2Б	

ЗМН

Анк

№ докум

Підпис

Лат

ЛП XF6123 1450 000 ПЗ

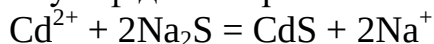
Анк

84

РОЗДІЛ 6. Екологічна безпека гальванічного виробництва, очищення стічних вод.

6.1 Спосіб очищення стічних вод від іонів кадмію та трилону Б.

Очищення стічних вод від іонів кадмію відбувається при взаємодії його іонів з сульфідом натрію:



Осадження відбувається при рН 4. Добуток розчинності сульфиду кадмію становить $1 \cdot 10^{-25}$. Для створення низького значення рН, стічні води рекомендовано змішувати з кислими стоками сусідніх цехів, або додавання соляної кислоти. [15]

Даний метод є дієвим однак потребує використання додаткових методів Очищення стічних вод від трилону Б, з огляду на це більш ефективним є наступний метод очищення:

Використання сорбенту Глінт.

Глінт – багатоцільовий алюмосилікатний сорбційний матеріал, який використовується в промисловості для комплексної Очищення води від завислих часток, іонів металів та органічних речовин.

Переваги даного сорбента:

- Один фільтр здатний практично повністю вирішити питання водо підготовки.
- Висока ефективність очищення стічних вод від важких металів та органічних домішок.
- Висока сорбційна ємність (4кг/м^3)
- Доступність, низька вартість
- Стійкий до дії окисників (O_2 , O_3 , ClO^- та інші)
- Активація сорбенту проводиться через кожні 6-10 циклів використання
- Сорбент не потребує регулярної заміни, на відміну від активованого вугілля, цеоліту, вермікуліту та ін.
- Нижчі затрати на обслуговування очисних споруд.

Умови використання даного сорбенту:

- рН – 6,5 – 14
- Мінімальна висота шару – 60 см
- Швидкість потоку розчину в режимі фільтрації – 4 -5 м/год
- Брудоемкість – 18 кг/м^3
- Сорбційна ємність – $4,3\text{ кг/м}^3$

Згідно зі статистикою використання даного сорбента вміст кадмію у воді до очищення складав $81,1\text{мг/дм}^3$, після очищення - $0,004\text{ мг/дм}^3$. ГДК кадмію –

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ докум	Підпис	Лат		85

0,005 мг/дм³

Трилон Б – до очищення 500 мг/ дм³, після очищення - 1 мг/дм³,

ГДК Трилону Б – 2 мг/дм³.

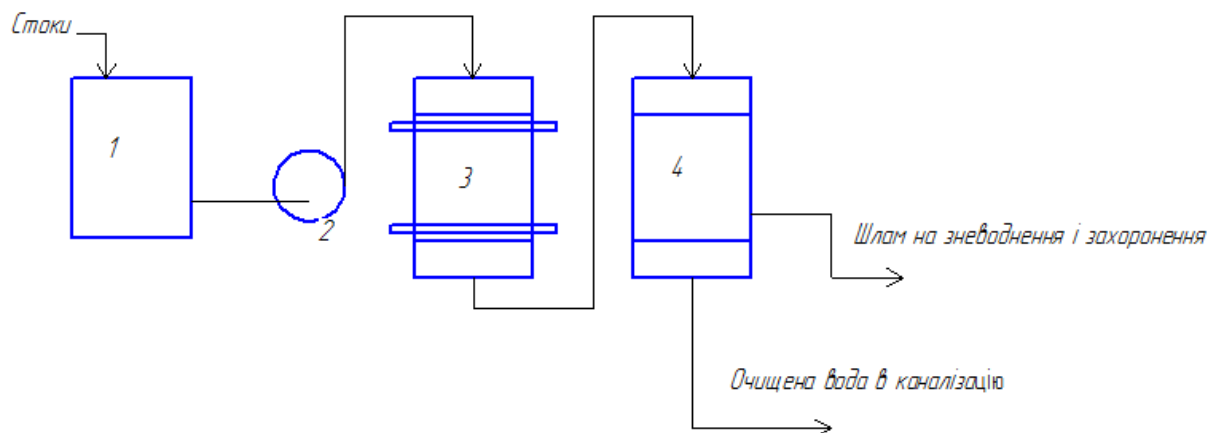


Рис 6.1 Технологічна схема очищення стічних вод від йонів кадмію та трилону Б.

Сток після попереднього відстоювання у відстійнику 1 надходить за допомогою насоса 2 на механічний фільтр 3 де затримуються усі великодисперсні частинки, далі розчин надходить на фільтр завантажений адсорбентом глінт 4 . Фільтрат скидається в каналізацію або мережу оборотного водопостачання підприємства.

Регенерація адсорбенту проводиться шляхом зворотного промивання фільтра водою з резервуара чистої води за допомогою промивного насоса. Вода від промивання фільтра надходить в резервуар промивної води. Тривалість промивання визначається якістю води (прозорістю). Як правило, обсяг промивної води становить 2-3 обсяги промивання адсорбенту. Відстоювання промивної води відбувається в статичних умовах. Час відстоювання становить 20-30 хв. Осад з ємності промивної води подається на вузол зневоднення.

Вузол зневоднення осаду може складатися з осадоушільнювача і фільтруючого апарату (барабанний вакуум-фільтр, механічний, стрічковий прес-фільтр, нутч-фільтр, центрифуга). Тип фільтруючої установки визначається кількістю і складом осаду. Зневоднений осад направляється на поховання.

Активація адсорбенту проводиться за допомогою циркуляційного насосу, що прокачує розчин активатора з резервуара активатора через фільтр в режимі рециркуляції в напрямку знизу вгору протягом 30-40 хвилин. Розчин активатора використовується багаторазово (2-4 рази).

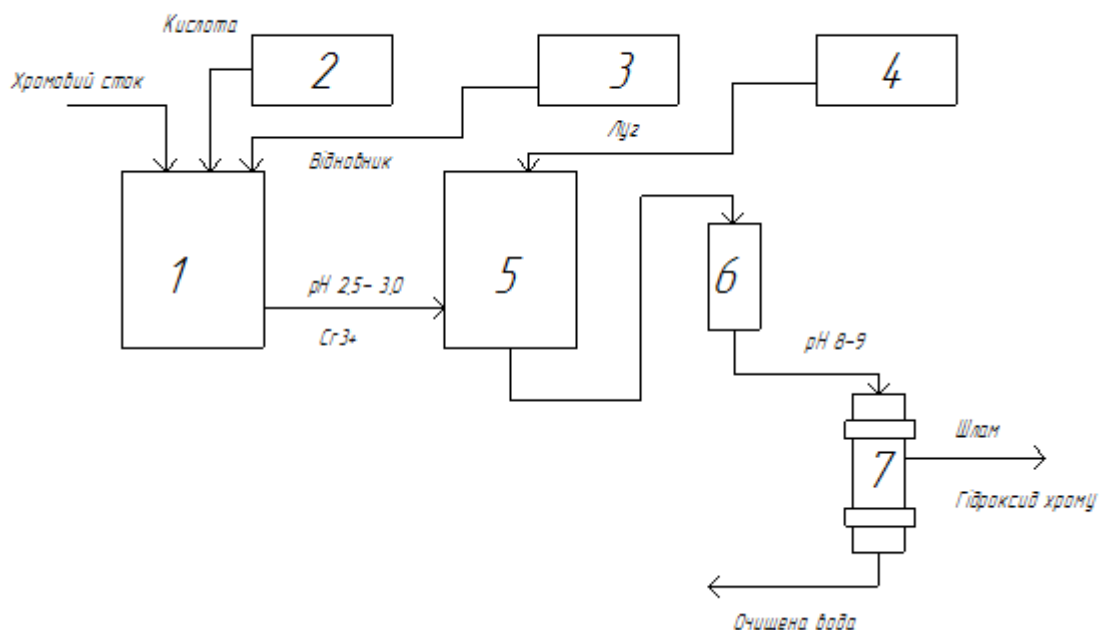
Вода після відстоювання з резервуара промивної води і з вузла зневоднення подається на повторне очищення.

6.2 Очищення стічних вод від іонів хрому.

Солі хрому широко застосовуються в гальванічному виробництві .
Стічні води, які містять йони хрому обробляються у дві стадії:

- 1) Відновлення іонів шестивалентного хрому до трьохвалентного.
- 2) Осадження тривалентного хрому у вигляді гідроксиду.

Принципова схема очистки стічних вод від іонів хрому зображена на рисунку 6.2

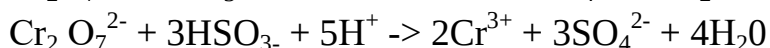
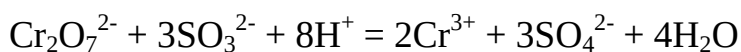


- 1- Реактора-накопичувач хромовмісних стоків, 2 - Дозатор кислоти, 3 - Дозатор відновника, 4 - Дозатор луку, 5 - Реактор-нейтралізатор, 6 – Відстійник, 7 - Механічний фільтр

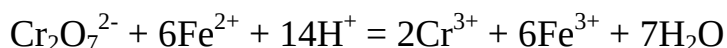
Рис 6.2 Схема очистки стічних вод від іонів хрому.

В якості реагентів-відновників застосовують солі натрію (Na_2SO_3 , NaHSO_3 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$).

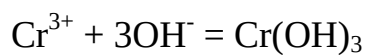
Відновлення хрому відбувається за реакціями:



Допустимим також є використання сполук заліза, яке відновлює хром за реакцією:



Після відновлення хрому стічні води нейтралізують з метою осадження хрому у вигляді його гідроксиду за реакцією:



На виробництві нейтралізацію стоків проводять шляхом змішування кислих та лужних стоків.

Для нейтралізації, як правило використовують вапняне молоко та гідроксид натрію. Оптимальним рН процесу осадження гідроксиду хрому є 8,5-9.

Після осадження гідроксиду хрому, осад відфільтровують на механічному фільтрі, шлам видаляють, а воду повертають в технологічний процес, або скидають в каналізацію.

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		88

Висновок

У даному дипломному проекті бакалавра було розроблено процес нанесення кадмієвого покриття товщиною 18 мкм на сталеві деталі з трилонатного електроліту. Для виконання процесу передбачено використання ванн, виготовлених з поліпропілену, які мають 2 анодні штанги. Електроліт, обраний для даного процесу, характеризується високою розсіювальною здатністю, простотою приготування та корекції, низькою агресивністю та меншою токсичністю у порівнянні з аналогами.

Продуктивність розробленого процесу з урахуванням браку складає 13400 м²/рік.

Складено баланс струму, напруги та енергії та тепловий баланс на 1 годину роботи обраної ванни. Розраховано витрати матеріалів на запуск обладнання та на виконання річної програми, обрано джерело струму.

Було забезпечено автоматизацію процесу кадрування шляхом вимірювання рівня електроліту у ванні разом з його корекцією, за необхідності, контроль рН, контроль за температурним режимом процесу, моніторинг та керування силою та густиною струму.

В розділі Економічні розрахунки було визначено оптимальний ритм роботи цеху, розрахована собівартість нанесення покриття на одну деталь, а також розраховано основні техніко-економічні показники спроектованого цеху.

Було проведено аналіз умов праці та запропоновано заходи з забезпечення безпеки працівників.

Було запропоновано схему очистки стічних вод від йонів кадмію та трилону Б методом сорбції на алюмосилікатному сорбенті, очистки стічних вод від йонів хрому шляхом відновлення його до тривалентного стану та осадження у вигляді гідроксиду.

					ЛП XF6123 1450 000 ПЗ	Анк
Змн	Анк	№ доквм	Підпис	Лат		89

Список використаної літератури

1. Дасоян М.А. и др. Технология электрохимических покрытий.-Л: Машиностроение, 1989 – 391с.
2. Шасси самолета Superjet: [Электронный ресурс] : электрон.учеб. пособие / Ю. В. Киселев, Д. Ю. Киселев. – Электрон.текстовые и граф. данные (1,21 Мб). – Самара: Изд-во СГАУ, 2014. – 1 эл. опт.диск (CD-ROM).
3. ГОСТ 9.303-84
4. Мельников П.С. Справочник по гальванопокрытиям в машиностроении – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1991. – 384 с.
5. Электроосаждение металлических покрытий. Справ.изд. Беленький М.А., Иванов А.Ф. М.: Металлургия, 1985, 288 с
6. Прикладная электрохимия Учеб. для вузов./ Под ред. докт. техн.. наук проф. А.П. Томилова. – 3-е изд., перераб. – М.: Химия, 1984. 520 с.,ил.
7. 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.
8. Гальванические покрытия в машиностроении: Справочник: В 2т. / Под.ред. М.А. Шлугера. – М.: Машиностроение, 1985
9. Кудрявцев Н.Т. Электролитическое покрытие металлами. М.: Химия, 1979 г. -352 с., ил.
- 10.Лукінюк, М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами [у 2 кн.]. Кн. 1. Методи та технічні засоби автоматичного контролю хіміко-технологічних процесів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки «Хімічна технологія та інженерія» / М. В. Лукінюк ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 4,46 Мбайт). – Київ : Політехніка, 2012. – 336 с.

					ЛП Х6123 1450 00 000 ПЗ	Днк
						90
Змн	Днк	№ докум	Підпис	Лат		

- 11.Лукінюк, М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами [у 2 кн.]. Кн. 2. Керування хіміко-технологічними процесами [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки «Хімічна технологія та інженерія» / М. В. Лукінюк ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 4,7 Мбайт). – Київ : Політехніка, 2012. – 336 с.
- 12.Литвин З.Б. Функціонально-вартісний аналіз: навчальний посібник. – Тернопіль: Економічна думка, 2007. – 130 с.
- 13.Ткаченко Н. М.· Бухгалтерський фінансовий облік, оподаткування і звітність: Підручник. – 6-те вид. допов. і перероб. – К.: Алерта, 2013. – 982 с.
- 14.Основи охорони праці: підручник/ М.С. Одарченко, А.М. Одарченко. – Х.: Стил-издат. 2017 – 384 с.
- 15.Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисциплін «Очистка побутових стічних вод» та «Споруди та обладнання водовідведення» (Модуль 2. Очистка стічних вод) (для студентів 4 курсу денної і 5 курсу заочної форм навчання напрямів підготовки 6.060101 «Будівництво» (спеціальність «Водопостачання та водовідведення») та 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)»)/Т. С. Айрапетян; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х.:ХНУМГ, 2014. – 121 с.

					ЛП ХФ6123 1450 00 000 ПЗ	Анк
ЗМН	Анк	№ докум	Підпис	Лат		91

Додатки

Додаток А Специфікація засобів автоматизації

Позиція на схемі	Назва параметру	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметру	Місце монтажу	Назва та характеристика	Тип моделі	Кількість	Завод-виробник	Маса, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-1	Температура	Електроліт, електролітична ванна	18...25 °С	Місцевий	Термоперетворювач опору платиновий НСХ 100П, діапазон вимірювання (–50)...+500 °С, допустимий тиск $P_y = 0,5$ МПа	ТСП-1187	1	НВО «Електротермія», м. Луцьк	0,5
1-2	Температура	Електроліт, електролітична ванна	18...25 °С	Щит керування	ПІД-регулятор багатофункціональний мікропроцесорний, плата комутацій КБЗ-28К-11, вихід АО1=4...20мА	МІК-25	1	ООО «МІКРОЛ» М. Івано Франківськ	4
2-1	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	1,4 м	Місцевий	Рівнемір буйковий з пневматичним вихідним сигналом; $P_{\text{вих}} = 0,02\text{--}0,1$ МПа; діапазон температур: (–50)...+100°С діапазон вимірювання: від 0,02 до 1 м, клас точності 1	LP-80	1	ТОВ „КСК” М. Київ	3
2-2	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	1,4 м	Щит керування	Прилад вторинний пневматичний, показувальний, реєструвальний зі станцією керування, $P_{\text{вх}} = 0,02\text{--}0,1$ МПа	ФК 0071	2	АТ «Тизприбор», м. Москва	2
2-3	Рівень	Електроліт,	1,4 м	Щит	Регулятор пневматичний,	FisherC-	2	Emerson	3

		електролітична ванна		керування	пропорційно-інтегральний, $P_{\text{вих}} = 0,01-0.2 \text{ МПа}$	1		Automatic solution м. Москва	
2-4	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	1,4 м	Трубо-провід	Мембранний Пневмопривід. Допустимий тиск 16 бар Робоча температура -10 – 120°C		1	Гомельський завод вимірювальних приладів	8
3-1	Рівень	Бак з електролітом	1 м	Місцевий	Рівнемір буйковий з пневматичним вихідним сигналом; $P_{\text{вих}} = 0,02-0,1 \text{ МПа}$; діапазон температур: (-50)...+100°C діапазон вимірювання: від 0,02 до 1 м, клас точності 1	LP-80	1	ТОВ „КСК” М. Київ	3
3-2	Рівень	Бак з електролітом	1 м	Щит керування	Прилад вторинний пневматичний, показувальний, сигналізувальний $P_{\text{вх}} = 0,02-0,1 \text{ МПа}$	ФК 0071	2	АТ «Тизприбор», м. Москва	2
4-1	pH	Електроліт, електролітична ванна	11-12	Місцевий	pH-метр промисловий у складі первинного вимірювального перетворювача магістрального виконання ДМ-5М (заглибного – ДПг-4М) та проміжного перетворювача П-215М, $I_{\text{вих}} = 0...5 \text{ мА}$; цифровий інтерфейс RS-485	ДМ-5М	1	Engineering system LLC М.Київ	0,8
4-2	pH	Електроліт, електролітична	11-12	Місцевий	Двоканальний універсальний мікропроцесорний індикатор з	ИТМ-120НУ	1	ООО «МІКРОЛ»	1

		ванна			функцією технологічної сигналізації; вхідні сигнали: 0-5мА, 0 (4) -20 мА			М. Івано Франківськ	
5-1	Густина струму та напруга	Електролітична ванна	$I = 462 \text{ A}$, $U = 3,77 \text{ В}$	Місцевий	Агрегат випрямний для гальванічних ванн, $I_{\max} = 600 \text{ A}$, $U_{\max} = 80 \text{ В}$	ІТЕСН ІТ6562С	1	ВАТ „ТЕХЕНКОМ” М. Київ.	7
5-2	Сила струму та напруга	Електролітична ванна	$I = 462 \text{ A}$, $U = 3,77 \text{ В}$	Місцевий	Пульт дистанційного керування для випрямного агрегату ВАК-6300-24У4	ПДК ІТЕСН ІТ6562С	1	ВАТ „ТЕХЕНКОМ” М. Київ.	0,3
HL1 HL3 HL5	Технологічна сигналізація	-	-	Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна з червоним індикатором, $U_{\text{жив}} = 220 \text{ В}$, 50/60 Гц	ЛС 47-2	3	«ІЕК Україна», м. Київ	0,3
HL2 HL4 HL6	Технологічна сигналізація	-	-	Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна з зеленим індикатором, $U_{\text{жив}} = 220 \text{ В}$, 50/60 Гц	ЛС 47-2	3	«ІЕК Україна», м. Київ	0,3

Додаток Б

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	При мітк и
				<u>Документація</u>		
A4			ДП ХЕ6123.1450.000	Пояснювальна записка	1	
A1			ДП ХЕ6123.1450.000 СК	Складальне креслення	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	ХЕ6123.1450.001	Корпус	1	
		2	ХЕ6123.1450.002	Опора катодна	2	
		3	ХЕ6123.1450.003	Опора анодна	4	
				<u>Деталі</u>		
		4	ХЕ6123.1450.004	Штанга анодна	2	
		5	ХЕ6123.1450.005	Накладка струмопідвідна	6	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		6		Гвинт М6-12 ГОСТ 17473-80	12	
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП ХЕ6123.1450.001 СК	
Розроб.	Тригубчук					
					Літ.	Аркуш Аркуші

				Ванна гальванічна Складальне креслення			В
Перев.	Букет						1
					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ХТФ, гр. ХЕ-61		
Н.Контр.	Букет						
Утв.	Лінючева						