

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

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

_____ О. В. Косогін

« ___ » _____ червень _____ 2024 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 161 Хімічна технологія та інженерія

на тему: «Гальванічні покриття в приладобудуванні. Технологія декоративного анодування алюмінієвих деталей з наповненням в розчині біхромату калію»

Виконав:

студент IV курсу, групи ХЕ-02

Пінчук Іван Олександрович _____

Керівник:

ст. викл., к.т.н., Білоусова Н.А. _____

Консультант з автоматизації: ст. викл. Жураковський Я.Ю. _____

Консультант з охорони праці: доц., к.т.н. Полукаров Ю.О. _____

Консультант з економічної частини:

доц., к.екон.н. Підлісна О.А. _____

Рецензент: Доцент кафедри ТНР, В та ЗХТ

доц., к.т.н. Толстопалова Н.М. _____

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Хіміко-технологічний факультет
Кафедра технології електрохімічних виробництв

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 161 Хімічна технологія та інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувач кафедри
_____ О.В. Косогін

« ____ » _____ червень 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Пінчуку Івану Олександровичу

1. Тема проєкту «Гальванічні покриття в приладобудуванні. Технологія декоративного анодування алюмінієвих деталей з наповненням в розчині біхромату калію», керівник проєкту Білоусова Ніна Аркадіївна, к.т.н., затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 2024р. № _____
2. Термін подання студентом проєкту 07 червня 2024 року
3. Вихідні дані до проєкту Матеріали з практики. Зарубіжні та вітчизняні монографії та періодичні видання. Продуктивність 14700 м²/рік.
4. Зміст пояснювальної записки: обґрунтування і вибір покриття, складання технологічної карти, розрахунок балансів струму, напруги, енергії, автоматизація процесу нанесення покриття, розрахунок організаційно-економічних показників, заходи охорони праці, екологічна безпека.
5. Перелік графічного матеріалу 1. Креслення гальванічної ванни, 2.Схема технологічного процесу, 3.Схема автоматизації, 4.Економічна частина, 5.Схема очищення стічних вод.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Полукаров Ю.О., доц.,к.т.н.		
Економічна частина	Підлісна О.А., доц., к.екон.н.		
Автоматизація	Жураковський Я.Ю., ст.викл.		

7. Дата видачі завдання 06 травня 2024р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Характеристика деталей, що підлягають обробці.	До 11.05.2024	
2.	Вибір виду покриття	До 13.05.2024	
3.	Вибір підготовчих операцій	До 20.05.2024	
4.	Вибір складу електроліту для анодування алюмінієвих деталей з подальшим фарбуванням	До 20.05.2024	
5.	Складання карти технологічного процесу	До 25.05.2024	
6.	Виконання технологічних розрахунків	До 29.05.2024	
7.	Виконання креслень	До 01.06.2024	
8.	Складання схеми очищення стічних вод	До 03.06.2024	
9.	Складання схеми автоматизації основного процесу.	До 03.06.2024	
10.	Виконання економічних розрахунків	До 03.06. 2024	
11.	Виконання розділу «Охорона праці та техніка безпеки»	До 03.06.2024	
12.	Оформлення пояснювальної записки	До 05.06.2024	
13.	Оформлення графічної частини проєкту	До 07.06.2024	
14.	Подача оформленого проєкту на перевірку на плагіат	До 07.06.2024	

Студент

Іван ПІНЧУК

Керівник

Ніна БІЛОУСОВА

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	ДП ХЕ0209.2705.000 ПЗ	Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДП ХЕ0209.2705.000 ПЗ	Пояснювальна записка	81	
3	A1	ДП ХЕ0209.2705.001 СК	Креслення гальванічної ванни	1	
4	A1	ДП ХЕ0209.2705.002 СА	Схема автоматизації процесу	1	
5	A1	ДП ХЕ0209.2705.003	Схема технологічного процесу анодування	1	
6	A2	ДП ХЕ0209.2705.004	Техніко-економічні показники гальванічного цеху	1	
7	A2	ДП ХЕ0209.2705.005	Схема очищення стічних вод	1	
					ДП ХЕ0209.2705.000
		ПІБ	Підп.	Дата	
Розробник.		Пінчук І.О.			
Керівник		Білоусова Н.А.			
Консульт.					
Н/контр.					
В.о. зав. кафедри		Косогін О.В.			
					Відомість дипломного проекту
					Лист 1 Листів 1
					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ТЕХВ Гр. ХЕ-02

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту**

на тему: «Гальванічні покриття в приладобудуванні. Технологія декоративного анодування алюмінієвих деталей з наповненням в розчині біхромату калію»

РЕФЕРАТ

«Гальванічні покриття в приладобудуванні. Технологія декоративного анодування алюмінієвих деталей з наповненням в розчині біхромату калію»

Пінчук І.О. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, ХТФ, ХЕ-02

Дипломний проєкт, 2024 рік, кількість сторінок – 81, таблиць – 18, рисунків – 9, джерел – 18.

Розроблено технологію декоративного анодування алюмінієвих деталей з наповненням в розчині біхромату калію. Осадження виконується в сульфатно-кислому електроліті за анодної густини струму 2 А/дм^2 і температури $18...25 \text{ }^\circ\text{C}$. Наповнення у розчині біхромату калію проводилось за температури $80...90 \text{ }^\circ\text{C}$.

У проєкті проведено основні технологічні розрахунки, проведено економіко-організаційні розрахунки, складено схему автоматизації процесу анодування, запропоновано заходи з техніки безпеки та охорони праці.

Ключові слова: анодування алюмінію, біхромат калію, алюмінієвий сплав, сульфатний електроліт, стічні води, баланс напруги, економіко-організаційна структура підприємства.

					ДП ХЕ0209.2705.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			
Розроб.	Пінчук				Лист.	Арк.	Арк.
Перев.	Білоусова						
Н.конт.ак					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ХТФ, ХЕ-02		
Затв.	Косогін						

ABSTRACT

"Galvanic coatings in instrument construction. Technology of decorative anodizing of aluminum parts with filling in potassium bichromate solution"

Pinchuk I.O. – Kyiv: National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute” CTF, HE-02

Diploma project, 2024, number of pages – 81, tables – 18, figures – 9, literature – 18.

The technology of decorative anodizing of aluminum parts with filling in a solution of potassium dichromate has been developed. Deposition is carried out in a sulfate acid electrolyte at an anodic current density of 2 A/dm² and a temperature of 18...25 °C. Filling in a solution of potassium dichromate was carried out at a temperature of 80...90 °C.

In the project, basic technological calculations were carried out economic and organizational calculations, an automation scheme of the anodizing process was drawn up, safety and occupational health measures were proposed.

Key words: aluminum anodization, potassium bichromate, aluminum alloy, sulfate electrolyte, wastewater, voltage balance, economic and organizational structure of the enterprise.

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ЗМІСТ

ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	11
1.1 Вибір виду та товщини гальванічного покриття.	11
1.2. Вибір технологічного процесу	13
1.2.1 Обґрунтування вибору технологічного процесу	13
1.2.2 Підготовка поверхні виробів перед нанесенням анодуванням	14
1.2.3 Вибір електроліту для анодування.....	15
1.2.4 Вибір та обґрунтування завершальних операцій.....	17
1.2.5 Методи контролю якості оксидного покриття.....	18
1.2.6 Види браку, неполадки та шляхи їх усунення при нанесенні оксидного покриття	21
1.2.7 Карта технологічного процесу	23
1.3 Вибір і розрахунок обладнання для нанесення гальванічних покриттів	25
1.3.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання цеху	25
1.3.2 Виробнича програма обладнання.....	25
1.3.3 Розрахунок конструктивних розмірів ванни і коефіцієнту завантаження обладнання	26
1.4 Технологічні розрахунки.....	30
1.4.1 Баланс струму на ванні анодування.....	30
1.4.2 Баланс напруги на ванні анодування	31
1.4.3 Вибір джерела струму для анодування.....	33
1.4.4 Визначення джоулевої теплоти, складання балансу енергії	34
1.4.5 Тепловий розрахунок гальванічної ванни	36
1.4.6 Розрахунок витрат матеріалів.....	37
1.4.6.1 Розрахунок витрат катодів	37
1.4.6.2 Розрахунок витрат хімічних реактивів	37
1.4.6.3 Розрахунок витрат води	40
РОЗДІЛ 2. АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ АНОДУВАННЯ	46

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1 Аналіз процесу анодування як об'єкта автоматизації.....	46
2.2 Опис розробленої схеми автоматизації	47
РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ.....	49
3.1 Технологічна підготовка виробництва	49
3.2 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва.....	55
3.3 Оцінка економічного ефекту від застосування обраної технології.....	59
РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА, ОЧИСТКА СТИЧНИХ ВОД	62
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	64
5.1 Повітря робочої зони	64
5.2 Виробниче освітлення	67
5.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій.....	69
5.4 Електробезпека.....	70
5.5 Безпека технологічного процесу і обслуговування обладнання.....	71
5.6 Пожежна безпека	72
ВИСНОВОК	74
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	75

ВСТУП

Алюміній та його сплави набули широкого розповсюдження у різноманітних галузях промисловості: приладобудування, машинобудування, електротехніка, військова промисловість і т.п. За масштабами застосування цей матеріал посідає друге місце після заліза. Широке застосування алюмінію обумовлене його низькою густиною ($2,7 \text{ г/см}^3$), високою пластичністю, електропровідністю і теплопровідністю.

Анодування – це процес електрохімічної обробки алюмінію та його сплавів постійним (іноді змінним) струмом. Оксидні покриття, отримані методом анодування, є водостійкими, корозійно-стійкими в атмосферних умовах, зносостійкими, проявляють високі електроізоляційні властивості.

Алюмінієві сплави легко піддаються декоративній обробці і широко застосовуються для виготовлення предметів побуту.

Мета проекту: отримання захисно-декоративних плівок на радіаторах із сплаву дюралюмінію Д16, подовження терміну експлуатації деталей.

Актуальність даної теми бакалаврського проекту полягає у забезпеченні ефективного тепловідведення елементів друкованої плати, що сильно нагріваються.

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Вибір виду та товщини гальванічного покриття.

Алюміній та його сплави знайшли широке застосування в різних галузях промисловості. Широке застосування алюмінію обумовлене його низькою густиною (2.7 г/см^3), високою пластичністю, електропровідністю і теплопровідністю. В залежності від способу застосування деталей з алюмінієвих сплавів до їх поверхні застосовуються різні вимоги, в залежності від яких обираються методи обробки [1,2].

Деталь, яка покривається - радіатор (рисунок 1.1), що являє собою пластину з додатковими ребрами для збільшення площі тепловідведення. Площа поверхні деталі складає $0,104 \text{ м}^2$, визначена вона була засобами графічного редактору Компас 3Д. Деталь виготовлена із сплаву Д16. Дана деталь набула широкого застосування у виробництві друкованих плат, оскільки забезпечує ефективне тепловідведення від елементів, що сильно нагріваються (центрального процесора). Покриття наноситься по всій поверхні деталі.

Для даної деталі застосовуватиметься захисне анодне покриття Ан.окс.нхр – анодування в сульфатно-кислому електроліті з подальшим хроматним наповненням. Товщина покриття при цьому складатиме $15 \dots 25 \text{ мкм}$.

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Вибір технологічного процесу

1.2.1 Обґрунтування вибору технологічного процесу

Стандартний електродний потенціал алюмінію $E_{Al/Al^{3+}} = -1,67$ В. В атмосферних умовах метал утворює з киснем тонку оксидну плівку товщиною 0,02...0,1 мкм. Оксидні плівки, отримані природнім шляхом, мають порувату структуру, досить тонкі, мають низьку механічну стійкість, тому не можуть забезпечити надійний захист від корозії. Внаслідок цього в промисловості до алюмінієвих деталей застосовують додаткові види обробки. Найбільшого розповсюдження набули хімічне та електрохімічне оксидування (анодування) [3].

Хімічне оксидування – процес нанесення оксидної плівки на алюміній та його сплави шляхом занурення деталей у відповідні розчини. Плівка, отримана цим методом тонка, загальна товщина складає 0,5...4 мкм. За своїми захисними та фізико-механічними властивостями значно поступаються плівкам отриманими електрохімічним оксидуванням. Даний метод нанесення покриття в основному застосовують для покриття деталей складної, та великогабаритної конфігурації, коли використання анодування економічно недоцільне. Хімічне оксидування проводять в лужних, фосфатних, карбонатних розчинах на основі хромового ангідриду. Перевагами цього методу є простота технології, відсутність витрат електроенергії, мала тривалість обробки.

Анодування – це процес електрохімічної обробки алюмінію та його сплавів постійним (іноді змінним) струмом. За даного методу обробки на поверхні алюмінієвих сплавів утворюється досить товста оксидна плівка, що досить добре захищає алюмінієві сплави від корозії. В залежності від призначення оксидних покриттів їх поділяють на:

- захисні та захисно-декоративні (до 50 мкм);
- електроізоляційні (0,1...1...2 мкм);
- товстошарове (50...300 мкм).

Крім того, анодна плівка є підшаром для різноманітних покриттів, що є важливим фактором, оскільки поверхня необроблюваного алюмінієвого сплаву

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

неможливість тримання деталей в електроліті при відсутності подачі струму через високу розчинну дію сульфатної кислоти та необхідність використання спеціальної кислотостійкої футеровки ванни.

Анодування в хромовій кислоті рекомендується для деталей із клепковими з'єднаннями, елементами зварки, та деталей зі складною конфігурацією. Отримані плівки мають вищу корозійну стійкість, мають порівняно вищу еластичність і щільність; більший у порівнянні з сульфатним електролітом електричний опір. Проте даний електроліт має ряд суттєвих недоліків, а саме його ціна, що в 5-8 разів вища сульфатних; необхідно підтримувати постійно підігрів електроліту на рівні 35...37 °С. Склад електроліту наступний (г/л):

Ангідрид хромовий	–	70...100;
Температура t	–	30...40 °С;

Режим електролізу: анодна густина струму 2,5 А/дм²; час процесу 60 хв.

Анодування в оксалатній кислоті в основному набуло свого використання у якості ізоляційного покриття. Дані електроліти не потребують охолодження, але йдуть більш енергетичні та ресурсні затрати у порівнянні з сульфатними. Плівки отримуються еластичні, малопористі, мають кращі захисні властивості порівнянні з сульфатними електролітами. Склад електроліту наступний (г/л):

Оксалатна кислота H ₂ C ₂ O ₄	–	40...60;
Температура t	–	30 °С;

Режим електролізу: анодна густина струму 2...3 А/дм²; час процесу 30...40 хв.

В даному проекті використовується сульфатний електроліт для анодування. Використання даного електроліту обумовлене його невеликою ціною та доступністю. Дана деталь не має зварювальних елементів та клепкових з'єднань, тому використання набагато дорожчого хроматного електроліту буде недоціль-

									ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						16

ним. Покриття, отримані з даного електроліту, мають високі захисні антикорозійні властивості та твердість, забезпечують високу адгезію. Їх висока поруватість компенсується наповненням у розчині дихромату калію. Для сплаву Д16 використовується електроліт такого складу (г/л) [1]:

Сульфатна кислота H_2SO_4 – 180...200;

Температура t – 15...23 °С;

Режим електролізу: анодна густина струму 1,5...2 А/дм²; час процесу 40...60 хв. Товщина оксидного покриття – 18 мкм.

Катоди

При анодуванні деталей із алюмінію та його сплавів мають використовуватись нерозчинні аноди. У проєкті передбачено використання свинцевих катодів.

1.2.4 Вибір та обґрунтування завершальних операцій

Наповнення. Для збільшення захисних властивостей анодної плівки застосовують її наповнення, що полягає у закупорці покриття. Найбільшого розповсюдження набув метод наповнення плівки у розчині дихромату калію. Склад розчину (г/л):

Калій біхромат $K_2Cr_2O_7$ – 40...50;

Температура t – 80...90 °С.

Тривалість процесу 20...25 хвилин.

Промивка у ванні уловлювання електроліту, проводиться для зменшення витрат розчинів для процесу анодування та наповнення протягом 0,25-0,5 хвилин.

Промивка у гарячій воді для видалення залишків реагенту на деталі за температури 60...80 °С протягом 0,25...0,5 хвилин.

Промивка у холодній проточній воді для остаточного видалення залишків реагенту за температури 15...25 °С протягом 0,25...0,5 хвилин.

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сушіння. Використовується гаряче повітря за температури 80...100 °С і подається під напором у сушильній шафі. Висушують протягом 15...20 хвилин.

По закінченню усіх операцій демонтують деталі з підвіски та проводять контроль отриманого гальванічного покриття.

1.2.5 Методи контролю якості оксидного покриття

У процесі гальванічного виробництва до отриманих покриттів застосовуються певні вимоги щодо їх зовнішнього вигляду та спеціальних властивостей. Також варто зазначити, що для неметалевих неорганічних покриттів є вимоги щодо їх захисних властивостей та товщини. Наповнення оксидної плівки в розчині біхромату калію має забезпечити безпористе покриття в результаті заповнення пір хроматами та гідроксидом алюмінію.

Анодні покриття на деталях мають бути міцно зчепленими з основою, без відшарування, здуття, прогарів та витримувати механічні випробування.

Колір отриманого анодного покриття на багатокомпонентному сплаві (Д16) за ISO 2080:2008 має бути жовто-зеленим.

Таким чином, у нашому випадку проводитиметься контроль наступних параметрів [5]:

1) Контроль зовнішнього виду покриття проводиться візуальним оглядом деталі з природнім або з використанням штучного освітлення, при цьому освітленість приміщення має бути не менше 300 лк. Для дослідження відшарувань покриття використовуємо мікроскоп.

До браку буде відноситись:

- Розтріскування, відшарування покриття;
- Колір не відповідає вимогам стандарту;
- Вироби з механічними пошкодженнями;
- На покритті спостерігаються прогари, різного роду плями, непокриті ділянки.

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) Контроль товщини покриття. У нашому випадку використовувати будемо гравіметричний метод визначення товщини, що полягає у розчиненні утвореного покриття в спеціальному розчині, щоб при цьому не пошкоджувався матеріал основи покриття. Для цього деталь зважується до та після нанесення покриття. При цьому проводяться такі операції: спочатку знежирюють деталь, промивають та ретельно висушують потоком гарячого повітря (105-120 °С). Після проведення підготовчих операцій деталь зважують та занурюють у відповідний розчин для зняття покриття до повного розчинення. Після завершення даної операції деталь промивають, висушують в сушильній шафі. Середня товщина покриття визначається таким чином (мкм):

$$\delta = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 10000}{S \cdot d},$$

де m_1 і m_2 – до та після випробувань відповідно; S – площа поверхні деталі, см^2 ; d – густина анодного покриття, г/см^3 .

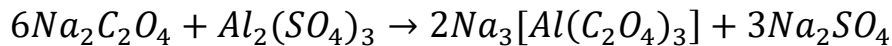
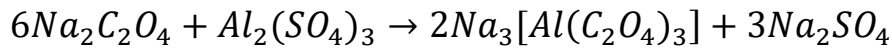
Для зняття оксидного покриття використовуємо розчин наступного складу (г/л):

Хромовий ангідрид (CrO_3) - 20;
 Ортофосфатна кислота (H_3PO_4) - 58,9.

3) Якість наповнення оксидної плівки. Якість наповнення оксидної плівки, що наповнювалась у розчині біхромату калію перевіряють методом фарбування, що полягає на витримуванні зразків в розчині барвника. Випробування проводять методом занурення деталі. Досліджуваний виріб занурюють у розчин чистої для аналізу нітратної кислоти з концентрацією 400 г/л [3], при температурі 20 °С. Через 5 хвилин деталі знімають з підвіски, промивають та занурюють у спиртовий розчин барвника (метил фіолетовий 20 г/л). По закінченню часу деталі знімаються, промиваються та висушуються. Якщо покриття не забарвилось або помітне незначне забарвлення, наповнення вважається задовільним.

4) Аналіз вмісту розчину для анодування. Для контролю складу сульфатної кислоти в розчині для анодування, відбирають пробу аліквоти 1 мл та додають до неї 50 мл насиченого розчину оксалату натрію для зв'язування домішок:

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Титрують 0,5н розчином натрій гідроксиду в присутності фенолфталеїну до появи малинового забарвлення.

$$C_{H_2SO_4} = \frac{V_1 \cdot k \cdot T \cdot 1000}{V} = \frac{V_1 \cdot 4,9}{V}, \text{ г/л}$$

де V_1 – об'єм 0,5н розчину NaOH, витрачений на титрування, мл; V – об'єм проби, мл; k – коефіцієнт приведення NaOH до 0,1н розчину; $T = 0,0245$ г/мл – титр 0,5н розчину NaOH по H_2SO_4 .

5) Визначення домішок алюмінію.

В конічну колбу на 250 мл відбираємо 10 мл проби, 100 мл води, 5 мл нітратної кислоти ($1,4 \text{ г/см}^3$). Кип'ятимо 5 хвилин. Потім додаємо 2 г амоній хлориду, 2-3 краплі метилового червоного (0,1% спиртовий розчин) та по краплях додаємо 10-% розчин гідроксиду амонію до зміни забарвлення з рожевого до жовтого. Витримуємо 1 годину в теплом місці. Згодом фільтруємо осад, промиваємо 2% розчином амоній хлориду, висушуємо та прожарюємо в тиглі за температури $1000 \dots 1100$ °С до сталої маси. Концентрацію домішок розраховуємо за наступною формулою:

$$C_{Al} = \frac{m \cdot 0,529 \cdot 1000}{V}, \text{ г/л}$$

де m – маса осаду Al_2O_3 , г; V – об'єм аналізованої проби, мл; 0,529 – коефіцієнт перерахунку з Al_2O_3 до Al.

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5	Пригари, плями, іноді наскрізні отвори	<p>Поганий контакт деталі з підвіскою.</p> <p>Коротке замикання між катодом та деталлю.</p> <p>Дотик між деталями.</p> <p>Наявність гострих крайків.</p>	<p>Перевірити контакт.</p> <p>Виявити та усунути коротке замикання.</p> <p>Збільшити відстань між деталями.</p> <p>Видалити гострі крайки.</p>
6	Відшарування покриття	<p>Завищена температура електролізу.</p> <p>Завищений час анодування.</p> <p>Висока концентрація сульфатної кислоти.</p>	<p>Знизити температуру та забезпечити перемішування електроліту.</p> <p>Зменшити час електролізу.</p> <p>Відкоригувати або замінити електроліт</p>

120	Промивання у ванні уловлювання	Вода	-	10...25	-	0,25...0,5
130	Промивання	Вода	-	10...25	-	0,5...1
140	Наповнення	K ₂ Cr ₂ O ₇	40...50	80...90	-	20...25
150	Промивання у ванні уловлювання	Вода	-	10...25	-	0,25...0,5
160	Промивання в гарячій воді	Вода	-	60...80	-	0,25...0,5
170	Промивання	Вода	-	10...25	-	0,25...0,5
180	Сушіння	-	-	80...100	-	15...20
190	Демонтаж деталей з підвіски	-	-	-	-	-
200	Контроль	-	-	-	-	-

1.3 Вибір і розрахунок обладнання для нанесення гальванічних покриттів

1.3.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання цеху

Час роботи обладнання визначається режимом роботи підприємства, особливостями технологічного обладнання і технологічної схеми процесу. Розрізняють номінальний (T_n) та дійсний (T_d) річні фонди часу. Номінальний річний фонд розраховується виходячи із того, що кількість робочих днів на рік дорівнює кількості днів у календарному році ($T_k = 366$) за відрахуванням вихідних при п'ятиденному робочому тижні ($T_{вих} = 104$). У зв'язку із запровадженим воєнним станом у нашій державі (розрахунок проводиться на 2024 рік) передсвяткові та святкові дні враховуватись не будуть. Отже, номінальний річний фонд при двозмінній роботі складатиме:

$$T_n = \left((T_k - T_{вих}) \cdot \frac{\tau_{тиж}}{\tau_{роб.дня}} \right) \cdot n_{змін} = \left((366 - 104) \cdot \frac{40}{5} \right) \cdot 2 = 4192 \text{ год.}$$

Дійсний фонд часу роботи обладнання розраховується, виходячи з загальних річних втрат на неминучі простої обладнання, що складає 2% при роботі в одну зміну:

$$T_d = T_n - K_{пр} \cdot T_n = 4176 - 0,02 \cdot 4176 = 4108,16$$

1.3.2 Виробнича програма обладнання

Для визначення річної виробничої програми P_p необхідно подану в завданні виробничу програму $P_{звп}$ збільшити на величину виправного браку виробів, що зазвичай складає 3%. Тому річна виробнича програма дорівнює:

$$P_p = P_{звп} + K_{бр} \cdot P_{звп} = 14700 + 0,03 \cdot 14700 = 15141 \text{ м}^2/\text{рік}$$

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цьому 15...25 °С. Час технічного обслуговування $\tau_{об}$, необхідного для завантаження підвіски з деталями та їх вивантаження із ванни зазвичай приймають 3 хвилини. Тоді рахуємо тривалість обробки однієї підвіски:

$$\tau = \tau_T + \tau_{об} = 40 + 3 = 43 \text{ хв.}$$

де τ_T – технологічний час нанесення анодного покриття.

Виходячи із розрахунку дійсного річного фонду часу роботи обладнання T_d та тривалості обробки однієї підвіски ванни τ загальна кількість завантажень ΣN складає:

$$\sum N = \frac{T_d \cdot 60}{\tau \cdot K_{об}} = \frac{4108,16 \cdot 60}{43 \cdot 1,05} = 5459,35$$

Коефіцієнт $K_{об}$ при двозмінній роботі приймають 1,05. Тоді разове завантаження ванни $N_{оз}$ дорівнює:

$$N_{оз} = \frac{P_p}{\sum N} = \frac{15141}{5459,3488} = 2,77$$

Проводимо оцінку існуючого обладнання в цеху щодо можливості здійснення річної програми виробництва. Обираємо гальванічну ванну для процесу анодування алюмінію з габаритами 1120×630×1000 мм, з товщиною стінок 12 – 15 мм. Враховуючи подані розміри, визначаємо висоту $h_{п}$ та довжину $l_{п}$ підвіски ванни:

$$l_{п} = l - 2l_1 = 1,12 - 2 \cdot 0,1 = 0,92 \text{ м}$$

де l – внутрішня довжина ванни, м; l_1 – відстань від краю підвіски до борта ванни (приймають 0,1...0,15 м.).

$$h_{п} = h - h_1 - h_2 - h_3 = 1 - 0,15 - 0,05 - 0,15 = 0,65 \text{ м}$$

де h - внутрішня висота ванни; h_1 відстань від дна ванни до нижнього краю підвіски (приймають 0,15...0,2 м); h_2 – відстань від верхнього краю підвіски до

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дзеркала електроліту (приймається 0,05 м); h_3 – відстань від дзеркала електроліту до верхнього краю ванни (0,1...0,15).

Отримавши дані про габаритні розміри підвіски, визначаємо кількість деталей, що можна встановити на одну підвіску. Варто зазначити, що між деталями мають бути невеликі зазори задля запобігання екранування. Розміри деталі: 158 мм в довжину, та 96 мм в ширину.

Розраховуємо кількість деталей по горизонталі на підвісці:

$$920 = n(158 + 50) + 50$$

$$n = 4,183 = 4$$

Кількість деталей по вертикалі на підвісці:

$$0,65 = n(96 + 50) + 50$$

$$n = 4,1096$$

Отже, загальна кількість деталей на підвісці 16 штук.

Розміщення деталей на підвісці зображено на рисунку 1.2.

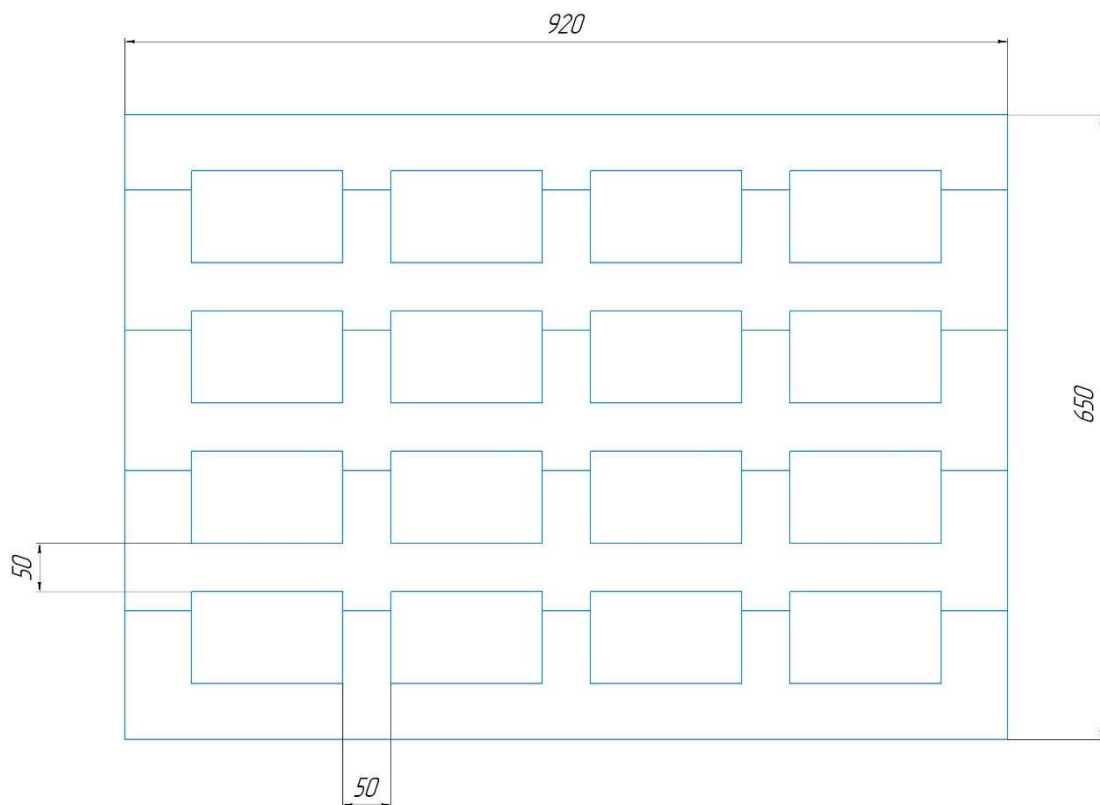


Рисунок 1.2 – Розміщення деталей на підвісці

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відстань між катодом і ближнім краєм підвіски з деталями:

$$l_{a-k} = \frac{B - B_n - 2B_k - 2B_1}{2} = \frac{0,63 - 0,05 - 2 \cdot 0,005 - 2 \cdot 0,05}{2} = 0,235$$

де B – внутрішня ширина ванни; B_n – товщина підвіски з деталями; B_k – товщина катодів; B_1 – відстань між катодом і боковою стінкою (приймають від 0,05 до 0,1).

Сумарна поверхня деталей, яка сумарно завантажується на підвіску, складає, м²:

$$S_n = S_d \cdot n_d = 0,104 \cdot 16 = 1,664 \text{ м}^2$$

де S_d – площа поверхні деталі, вказана в п. 1.1; n_d – кількість деталей.

Розраховуємо поверхню одноразового завантаження у ванну:

$$S_{oz} = S_n \cdot N_n = 1,664 \cdot 1 = 1,664$$

де N_n – кількість підвісок, що однозначно завантажуються в одну ванну, у нашому випадку $N_n = 1$.

Розраховуємо кількість ванн, необхідних для виконання річної виробничої програми Σn_B :

$$\sum n_B = \frac{N_{oz}}{S_{oz}} = \frac{2,7734}{1,664} = 1,6667 \approx 2$$

приймаємо 2 ванни.

Річна продуктивність обладнання P'_p дорівнює:

$$P'_p = \sum n_B \cdot S_{oz} \cdot \frac{T_d \cdot 60}{\tau \cdot K_{ob}} = 2 \cdot 1,6667 \cdot \frac{4108,16 \cdot 60}{43 \cdot 1,05} = 18198,193 \text{ м}^2/\text{рік}$$

Тоді коефіцієнт завантаження обладнання складатиме:

$$k_{зав} = \frac{P_p}{P'_p} = \frac{15141}{18099,3667} = 0,832$$

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримане значення відповідає рекомендованому коефіцієнту $k_{зав}$ в межах 0,75...0,85.

1.4 Технологічні розрахунки

1.4.1 Баланс струму на ванні анодування

Сила струму на клемах одної ванни визначається як добуток коефіцієнта, що враховує втрати електрики на осаджування металу на контактах підвісного пристрою (обирають його в межах $K_k = 1,02...1,15$) на обрану величину технологічної густини струму на площу поверхні всіх деталей для разового завантаження:

$$I = K_k \cdot i_a \cdot S_{оз} = 1,1 \cdot 200 \cdot 1,664 = 366,08 \text{ А}$$

За одну годину можна обробити $60/43 = 1,395$ підвісок, округлюємо до 1 підвіски. Тоді дійсний час проведення електролізу в ванні дорівнює $(43 - 3) \cdot 1 = 40$ хвилин або 0,66 години.

Звідси проводимо розрахунок витрат кількості електрики, що припадає на кожний процес.

На катоді:

$$Q_{к(осн)} = \frac{I \cdot \tau_d \cdot V_{ск(осн)}}{100} = \frac{366,08 \cdot 0,66 \cdot 100}{100} = 241,613 \text{ А} \cdot \text{год}$$

на аноді

$$Q_{а(осн)} = \frac{I \cdot \tau_d \cdot V_{ск(осн)}}{100} = \frac{366,08 \cdot 0,66 \cdot 85}{100} = 205,371 \text{ А} \cdot \text{год}$$

$$Q_{а(поб)} = \frac{I \cdot \tau_d \cdot V_{ск(осн)}}{100} = \frac{366,08 \cdot 0,66 \cdot 15}{100} = 36,242 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Результат розрахунків заносимо до таблиці 1.

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Катодна густина струму:

$$i_k = \frac{I}{S_k} = \frac{366,08}{1,848} = 198,095 \text{ А/м}^2$$

де S_k – площа свинцевих катодів у ванні.

Середня густина струму:

$$i_{cp} = \sqrt{i_a \cdot i_k} = \sqrt{200 \cdot 198,095} = 199,045 \text{ А/м}^2$$

$$\Delta U_{\text{ОМ ел-т}} = 1,15 \cdot 199,045 \cdot 0,235 \cdot 0,025 = 1,345 \text{ В}$$

Суму падіння напруги в електродах, провідниках першого роду, контактах ванни приймають як величину, що не перевищуватиме 10% від загальної напруги на ванні.

$$\sum \Delta U_{\text{ОМ}} \leq 0,1 \cdot U_B$$

Тоді напруга на ванні дорівнює:

$$U_B = \frac{(iE_a - iE_k + \Delta U_{\text{ОМ ел-т}})}{0,9} = \frac{13,5 - (-0,9) + 1,345}{0,9} = 17,494 \text{ В}$$

$$\sum \Delta U_{\text{ОМ}} = 0,1 \cdot 17,494 = 1,7494 \text{ В}$$

Мінімальна напруга на джерелі струму $U_{\text{ДС}}$ дорівнює сумі напруги на ванні та падінню напруги на шинопроводах від джерела струму до ванни, що приймають не більшим 10% від $U_{\text{ДС}}$, тобто:

$$U_{\text{ДС}} = 1,1 \cdot 17,474 = 19,2434 \text{ В}$$

Розраховані значення заносимо до таблиці 1.4.

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4 – Баланс напруги на ванні

Надходження	В	%	Витрати	В	%
Напруга на ванні	17,494	100	Різниця потенціалів $E_a - E_k$	14,4	82,3
			Падіння напруги в електроліті $\Delta U_{\text{ОМ Ел-т}}$	1,345	7,7
			Падіння напруги в електродах, контактах і провідних $\Sigma \Delta U_{\text{ОМ}}$	1,75	10
Всього	17,494	100	Разом	17,494	100

1.4.3 Вибір джерела струму для анодування

Виходячи із порохованих значень сили струму та напруги на ванні обираємо джерело струму «ТЕІ-400/24Т» із номінальною напругою – 24 В та номінальним струмом – 400 А.

Паспортна потужність обраного агрегату:

$$N_{\text{пасп}} = U \cdot I \cdot 10^{-3} = 24 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 9,6 \text{ кВт}$$

Потужність, необхідна для виконання заданої програми:

$$N_{\text{ДС}} = U_{\text{в}} \cdot I \cdot 10^{-3} = 17,5 \cdot 366,08 \cdot 10^{-3} = 6,406 \text{ кВт}$$

Для обраного агрегату визначаємо коефіцієнт завантаження k_3 :

$$k_3 = \frac{N_{\text{ДС}}}{N_{\text{пасп}}} = \frac{6,406}{9,6} = 0,667$$

										ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							33

1.4.4 Визначення джоулевої теплоти, складання балансу енергії

Електрична енергія $W_{\text{заг}}$, що підведена до електролізера, переходить в хімічну енергію $W_{\text{хім}}$ та джоулеву енергію $W_{\text{дж}}$:

$$W_{\text{заг}} = W_{\text{хім}} + W_{\text{дж}}$$

Джоулева (теплова) енергія витрачається на нагрівання електроліту та втрачується під час складання теплового балансу. Хімічна енергія $W_{\text{хім}}$ показує зміну матеріального стану, що відбувається внаслідок перебігу електрохімічних реакцій у ванні.

Визначаємо кількість електричної енергії, що витратиться на процес в одній ванні за формулою:

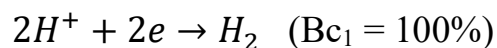
$$W_{\text{заг}} = U_{\text{в}} \cdot I \cdot \tau \cdot 3600 \cdot 10^{-3}, \text{кДж}$$

де I – сила струму на ванні; $U_{\text{в}}$ – напруга на ванні; τ – час роботи ванни під струмом.

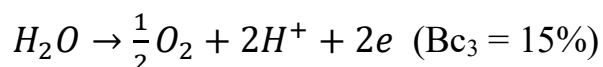
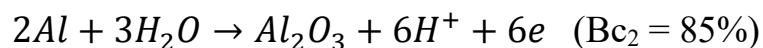
$$W_{\text{заг}} = 17,5 \cdot 366,08 \cdot 0,66 \cdot 3600 \cdot 10^{-3} = 15221,6064 \text{кДж}$$

Для визначення хімічної енергії необхідно визначити зміну ентальпії усіх хімічних реакцій. При анодуванні деталей із алюмінієвого сплаву Д16 у сульфатному електроліті проходять такі реакції:

На катоді:



На аноді:



					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.5 Тепловий розрахунок гальванічної ванни

Анодування алюмінієвих деталей в сульфатному електроліті проходить за температури 15...25 °С. Під час даного процесу утворюється велика кількість теплової енергії, що може спричинити розігрів електроліту за межі допустимої температури. Тому визначаємо максимально можливу температуру, до якої розігріється електроліт за одну годину роботи ванни за формулою:

$$t_k = 20 + \frac{W_{Дж}}{V_1 \cdot C_1 \cdot d_1 + C_2 \cdot m_2 + C_3 \cdot m_3}$$

де $C_1 = 4050$ Дж/кг·К – теплоємність електроліту [4]; $d_1 = 1140$ кг/м³ – густина електроліту [4]; V_1 – об'єм електроліту; $C_2 = 1700$ Дж/кг·К – теплоємність корпусу ванни [4]; $m_2 = 140$ кг – маса ванни; m_3 – маса свинцевих катодів; $C_3 = 129,8$ Дж/кг·К [4].

Об'єм електроліту складає:

$$V_1 = K_{зав} \cdot V_{ванни} = 0,8365 \cdot (1,12 \cdot 0,63 \cdot 1) = 0,5902 \text{ м}^3$$

де $K_{зав}$ – коефіцієнт завантаження ванни.

Маса катодів дорівнює:

$$m_3 = S \cdot d_3 \cdot \delta_k = 1,848 \cdot 11340 \cdot 0,005 = 104,782 \text{ кг.}$$

де S – площа катодів; d_3 – густина свинцю, кг/м³; δ_k – товщина катоду, м.

$$t_k = 20 + \frac{14370,1044 \cdot 1000}{0,5902 \cdot 4050 \cdot 1140 + 1700 \cdot 140 + 129,8 \cdot 104,782} = 24,828 \text{ °С}$$

Розігрів електроліту за одну годину роботи ванни склав 4,828 °С, що відповідає робочій температурі електроліту, тож устаткування для охолодження не обов'язкове.

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.6 Розрахунок витрат матеріалів

Задля визначення річної потреби виробництва у вихідній сировині для нанесення анодного покриття необхідно поррахувати витрати матеріалів.

1.4.6.1 Розрахунок витрат катодів

За сумарної площі свинцевих катодів у ванні 1,848 м² проводимо розрахунок витрат нерозчинних катодів на початковий запуск за формулою, кг:

$$G_{кз} = k_1 \cdot k_2 \cdot n_{кш} \cdot l_{в} \cdot h_{в} \cdot \delta_{к} \cdot d_{к} \cdot n_{в} = \\ = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 1,12 \cdot 1 \cdot 0,005 \cdot 11340 \cdot 2 = 121,928 \text{ кг}$$

де - $d_a = 11340 \text{ кг/м}^3$ – густина свинцевих катодів; $\delta_k = 0,005 \text{ м}$ – товщина катодів; $n_{в} = 2$ – кількість ванн даного типу; $k_1 = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує співвідношення сумарної ширини анодів до довжини ванни; $k_2 = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує співвідношення анодів та висоти ванни; $l_{в} = 1,12$ – внутрішня довжина ванни, м; $h_{в} = 1$ – внутрішня висота ванни, м; $n_{кш} = 2$ – кількість катодних штанг [4].

Витрати нерозчинних катодів на виконання річної виробничої програми визначаються за формулою:

$$G_{кат} = S \cdot A_p \cdot 10^{-3} = 15141 \cdot 1,82 \cdot 10^{-3} = 27,557 \text{ кг}$$

де $S = 15141 \text{ м}^2$ – сумарна площа оксидного покриття за виконання річної програми, м²; $A_p = 1,82 \text{ г/м}^2$ [4] – норма витрат нерозчинних анодів, г/м².

1.4.6.2 Розрахунок витрат хімічних реактивів

Витрати реактивів на початковий запуск обладнання:

Витрати реактивів на початковий запуск обладнання визначаються за формулою:

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_i = C_i \cdot V_B \cdot k_{зав} \cdot n_B$$

де C_i – концентрація відповідного реактиву, кг/м³; V_B – об'єм ванни, м³;
 $k_{зав}$ – коефіцієнт завантаження ванни; n_B – кількість ванн.

Витрати реактивів на початковий запуск обладнання:

На електроліт анодування:

$$G_{H_2SO_4} = 200 \cdot 0,7036 \cdot 0,832 \cdot 2 = 234,158 \text{ кг}$$

На операцію знежирення:

$$G_{Na_3PO_4} = 50 \cdot 0,7036 \cdot 0,832 \cdot 1 = 29,2698 \text{ кг}$$

$$G_{Na_2CO_3} = 50 \cdot 0,7036 \cdot 0,832 \cdot 1 = 29,2698 \text{ кг}$$

$$G_{\text{сульфанол}} = 0,5 \cdot 0,7036 \cdot 0,832 \cdot 1 = 0,293 \text{ кг}$$

На операцію травлення:

$$G_{NaOH} = 70 \cdot 0,7036 \cdot 0,832 \cdot 1 = 40,978 \text{ кг}$$

$$G_{\text{сульфанол}} = 0,8 \cdot 0,7036 \cdot 0,832 \cdot 1 = 0,468 \text{ кг}$$

На операцію освітлення:

$$G_{HNO_3} = 400 \cdot 0,7036 \cdot 0,832 \cdot 1 = 234,158 \text{ кг}$$

На процес наповнення:

$$G_{K_2Cr_2O_7} = 50 \cdot 0,7036 \cdot 0,832 \cdot 2 = 58,5395 \text{ кг}$$

Витрати хімічних реактивів на виконання річної виробничої програми

Витрати кожного компонента реактиву розраховуються за формулою, кг:

$$G_i = C_i \cdot V_{BT}$$

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де V_{BT} – сумарний об'єм електроліту, що виноситься із ванни при виконанні річної виробничої програми, м^3 .

Величину V_{BT} визначають наступним чином:

$$V_{\text{BT}} = 1,15 \cdot S' \cdot A_e$$

де $S' = 15141 \text{ м}^2$ – сумарна поверхня деталей, оброблювана за рік м^2 , коефіцієнт 1,15 – враховує площу занурюваної частини підвісок[4]; $A_e = 0,0003$ – норма витрат електроліту, що виноситься з деталями, $\text{м}^3/\text{м}^2$ ($A_e = 0,00024$ – для операцій травлення та знежирення)[4].

$$V_{\text{BT}} = 1,15 \cdot 15141 \cdot 0,0003 = 5,224 \text{ м}^3$$

Величина V_{BT} для операцій травлення та знежирення:

$$V_{\text{BT}} = 1,15 \cdot 15141 \cdot 0,00024 = 4,179 \text{ м}^3$$

Відповідно розрахунок витрат:

На електроліт анодування:

$$G_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 200 \cdot 5,224 = 1044,8 \text{ кг}$$

На операцію знежирення:

$$G_{\text{Na}_3\text{PO}_4} = 50 \cdot 4,179 = 208,95 \text{ кг}$$

$$G_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 50 \cdot 4,179 = 208,95 \text{ кг}$$

$$G_{\text{сульфанол}} = 0,5 \cdot 4,179 = 2,0895 \text{ кг}$$

На операцію травлення:

$$G_{\text{NaOH}} = 70 \cdot 4,179 = 292,53 \text{ кг}$$

$$G_{\text{сульфанол}} = 0,8 \cdot 4,179 = 3,343 \text{ кг}$$

На операцію освітлення:

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_{HNO_3} = 400 \cdot 5,224 = 2089,6 \text{ кг}$$

На процес наповнення:

$$G_{K_2Cr_2O_7} = 50 \cdot 5,224 = 261,2 \text{ кг}$$

1.4.6.3 Розрахунок витрат води

Розрахунок витрат води на приготування електроліту

Витрати води на приготування розчину для анодування визначаються наступним чином:

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

де C_{H_2O} – вміст води в 1 м³ електроліту; $V_{\text{заг}}$ – загальні витрати електроліту на виконання річної програми, м³.

Вміст води в 1 м³ електроліту складає:

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

де $d_{\text{ел}}$ – густина електроліту кг/м³; C_1, C_2, C_n – компоненти електроліту у кг/м³.

$$C_{H_2O} = 1140 - 200 = 940 \text{ кг/м}^3$$

Сумарні витрати електроліту на виконання річної виробничої програми:

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{в}} \cdot k_{\text{зав}} \cdot n_{\text{в}} + V_{\text{вт}},$$

де $V_{\text{в}}$ – об'єм ванни; $k_{\text{зав}}$ – коефіцієнт завантаження ванни; $V_{\text{вт}}$ – об'єм електроліту винесеного з деталями.

$$V_{\text{заг}} = 0,7036 \cdot 0,832 \cdot 2 + 5,224 = 6,395 \text{ м}^3$$

$$G'_{H_2O} = 940 \cdot 6,395 = 6011,3 \text{ кг}$$

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати води на розкладання при електролізі

Розраховуються за формулою:

$$C''_{H_2O} = I \cdot \frac{M_{H_2O} \cdot T_d \cdot Bc'}{n \cdot F} \cdot 10^{-5}$$

де Bc' – вихід за струмом побічного процесу розкладання води, %

$$C''_{H_2O} = 366,08 \cdot \frac{18 \cdot 4108,16 \cdot 1}{2 \cdot 26,8} \cdot 10^{-5} = 505,046 \text{ кг}$$

Витрати води на винесення із газами

Визначаються за формулою:

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

де C'_{H_2O} - вміст води, що виноситься із ванни одним м³ газів, кг/м³; V_r^t - загальний об'єм газу, що виділяється за температури електролізу.

Розраховуємо величину C'_{H_2O} за формулою:

$$C'_{H_2O} = 0,805 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{P_{H_2O}}{P_6 - P_{H_2O}}$$

де P_6 – барометричний тиск газової суміші, гПа; $P_{H_2O} = 31,69$ гПа – парціальний тиск води за температури анодування [6].

$$C'_{H_2O} = 0,805 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{31,69}{1013 - 31,69} = 2,5996 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^3$$

Визначаємо об'єм водню $V_{H_2}^0$ і кисню $V_{O_2}^0$ для визначення сумарного об'єму газу за нормальних умов:

$$\begin{aligned} V_{H_2}^0 &= 0,418 \cdot I \cdot T_d \cdot Bc' \cdot 10^{-5} = \\ &= 0,418 \cdot 366,08 \cdot 4108,16 \cdot 100 \cdot 10^{-5} = 628,637 \text{ м}^3 \end{aligned}$$

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{O_2}^0 = 0,209 \cdot I \cdot T_d \cdot Bc' \cdot 10^{-5} =$$

$$= 0,209 \cdot 366,08 \cdot 4108,16 \cdot 15 \cdot 10^{-5} = 47,148 \text{ м}^3$$

Сумарний об'єм газів за н.у.:

$$V_{\Gamma}^0 = V_{H_2}^0 + V_{O_2}^0 = 628,637 + 47,148 = 675,785 \text{ м}^3$$

Розраховуємо об'єм вологого газу за температури анодування:

$$V_{\Gamma}^t = \frac{V_{\Gamma}^0 \cdot P_{\Gamma}^{\text{III}} \cdot (273 + t_{\text{ел}})}{273 \cdot (P_6 - P_{H_2O})}$$

де P_{Γ}^{III} – тиск газів за н.у. $t_{\text{ел}}$ – температура електроліту.

$$V_{\Gamma}^t = \frac{673,385 \cdot 1013 \cdot (273 + 25)}{273 \cdot (1013 - 31,69)} = 758,788 \text{ м}^3$$

$$C_{H_2O}^{\text{III}} = 2,5996 \cdot 10^{-5} \cdot 758,788 = 0,01973 \text{ кг}$$

Витрати води на випаровування з поверхні електроліту

Розраховуються наступним чином

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

де $k_B = 0,56$ – коефіцієнт, що залежить від руху повітря над дзеркалом розчину електроліту [4]; $S_e = 0,7056$ – площа дзеркала розчину електроліту; $n_B = 2$ – кількість ванн; P_{Π} – парціальний тиск повітря за умов вологості навколишнього середовища, який розраховується за формулою:

$$P_{\Pi} = P_s \cdot \varphi / 100$$

де P_s – тиск насиченої водяної пари за температури навколишнього середовища; φ – вологість повітря в цеху, %

$$P_{\Pi} = 31,69 \cdot \frac{60}{100} = 19,014 \text{ кПа}$$

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{H_2O}^{IV} = \frac{45,6 \cdot 0,56 \cdot 0,7036 \cdot 12,676 \cdot 4108,16 \cdot 2}{1013} = 1852,514 \text{ кг}$$

Витрати води на промивні операції

Витрати води на промивання деталей здебільшого залежать від кількості ступенів промивки. У даному проєкті використовується двохступеневе каскадне промивання деталей, при якому розрахунок витрат наступний:

$$V_{\text{год}} = A_e \cdot P_r \cdot \sqrt{K},$$

де $A_e = 0,3 \text{ дм}^3/\text{м}^2$ – норма виносу речовини із ванни поверхнею деталі; $P_r = 3,68559 \text{ м}^2/\text{год}$ – годинна виробнича програма; K – критерій остаточної промивки деталі, що розраховується за формулою:

$$K = C_0/C_k$$

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

Витрати води на промивні операції після знежирення

Оскільки у розчині для знежирення містяться лугоутворюючі компоненти, то концентрація основних компонентів буде зводитись до еквівалентного вмісту лугу:

$$\begin{aligned} C_0 &= \frac{C_{Na_3PO_4}}{M_{Na_3PO_4}} \cdot 3 \cdot M_{NaOH} + \frac{C_{Na_2CO_3}}{M_{Na_2CO_3}} \cdot 2 \cdot M_{NaOH} = \\ &= \frac{50}{164} \cdot 3 \cdot 40 + \frac{50}{106} \cdot 2 \cdot 40 = 74,321 \text{ г/л} \end{aligned}$$

ГДК натрій гідроксиду в промивній ванні після промивки складає 0,8 г/л.

Тоді:

$$K = \frac{74,321}{0,8} = 92,801 \text{ г/л}$$

										Арк.
										43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ					

$$V_{\text{год}} = 0,3 \cdot 3,68559 \cdot \sqrt{92,801} = 10,657 \text{ л/год}$$

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{год}} \cdot T_{\text{д}} \cdot 1,5 = 10,657 \cdot 4108,16 \cdot 1,5 = 65,671 \text{ м}^3$$

Витрати води на промивні операції після травлення

Основний компонент NaOH, з концентрацією $C_{\text{NaOH}} = 70$ г/л. ГДК гідроксиду натрію перед освітленням у нітратній кислоті 0,1 г/л.

$$K = \frac{70}{0,1} = 700 \text{ г/л}$$

$$V_{\text{год}} = 0,3 \cdot 3,68559 \cdot \sqrt{700} = 29,253 \text{ л/год}$$

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{год}} \cdot T_{\text{д}} \cdot 1,5 = 29,253 \cdot 4108,16 \cdot 1,5 = 180,264 \text{ м}^3$$

Витрати води на промивні операції після освітлення

Основний компонент HNO₃, з концентрацією $C_{\text{HNO}_3} = 400$ г/л. ГДК гідроксиду натрію перед освітленням у нітратній кислоті 0,1 г/л.

$$K = \frac{400}{0,1} = 4000 \text{ г/л}$$

$$V_{\text{год}} = 0,3 \cdot 3,68559 \cdot \sqrt{4000} = 69,929 \text{ л/год}$$

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{год}} \cdot T_{\text{д}} \cdot 1,5 = 69,929 \cdot 4108,16 \cdot 1,5 = 430,919 \text{ м}^3$$

Витрати води на промивні операції після процесу анодування

Концентрація основного компонента $C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 200$ г/л. ГДК після промивання 0,1 г/л та враховуємо коефіцієнт ($K = 0,4$), оскільки проводиться промивання в ванні уловлювання.

$$K = \frac{200}{0,1} \cdot 0,4 = 800 \text{ г/л}$$

$$V_{\text{год}} = 0,3 \cdot 3,68559 \cdot \sqrt{800} = 31,273 \text{ л/год}$$

									Арк.
									44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ				

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{год}} \cdot T_{\text{д}} \cdot 1,5 = 31,273 \cdot 4108,16 \cdot 1,5 = 192,712 \text{ м}^3$$

Витрати води на промивні операції після наповнення

Концентрація основного компонента $C_{K_2Cr_2O_7} = 50$ г/л. ГДК після промивання 0,01 г/л та враховуємо коефіцієнт ($K = 0,4$), оскільки проводиться промивання в ванні уловлювання.

$$K = \frac{50}{0,01} \cdot 0,4 = 2000 \text{ г/л}$$

$$V_{\text{год}} = 0,3 \cdot 3,68559 \cdot \sqrt{2000} = 49,447 \text{ л/год}$$

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{год}} \cdot T_{\text{д}} \cdot 1,5 = 49,447 \cdot 4108,16 \cdot 1,5 = 304,704 \text{ м}^3$$

Тепер розраховуємо сумарні витрати на виконання річної виробничої програми:

$$V = 304,704 + 192,712 + 430,919 + 180,264 + 65,671 = 1174,27 \text{ м}^3$$

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6	Стадія анодування, замір параметру проводиться в трубопроводі	витрата	-	контроль регулювання
---	---	---------	---	----------------------

2.2 Опис розробленої схеми автоматизації

Для контролю та регулювання цих параметрів у проєкті передбачено використання 6 контурів.

Контур 1: проведення контролю температури електроліту відбувається термодетектором опору платиновим (1-1), автоматичним показувальним та реєструвальним потенціометром (1-2).

Контур 2: для контролю концентрації сульфатного електроліту для анодування встановлений концентратомір з електричним передавальним перетворювачем (2-1) та електричним показувальним вторинним приладом (2-2).

Контур 3: для контролю сили струму застосовується випрямним агрегатом ТЕ1-400/24Т (3-1).

Контур 4: контроль та регулювання рівня сульфатного електроліту у гальванічній ванні, що відбувається за допомогою буйкового рівнеміра (4-1), автоматичного вторинного приладу для реєстрації пневматичного сигналу рівнеміра (4-2), блоку регулювальної системи вимірювання (4-3) та пневматичного виконавчого механізму (4-4).

Контур 5: контроль рівня електроліту у баку відбувається за допомогою буйкового рівнеміра (5-1), показувального реєструвального приладу (5-2), та пневматичного виконавчого механізму (6-4).

Контур 6: контроль та регулювання витрат електроліту, що в свою чергу передбачає використання камерної діафрагми (6-1), безшкального дифманометра (6-2), вторинного пневматичного реєструвального приладу із функцією регулювання (6-3), та пневматичного виконавчого механізму (6-4).

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Позначення	Інша позначка/розшифровка	Кількість
1	Блок з електродом	1
2	Вантаж	1
3	Канал	2
4	Анод	1

Ключем позначений 2В - графічний елемент управління

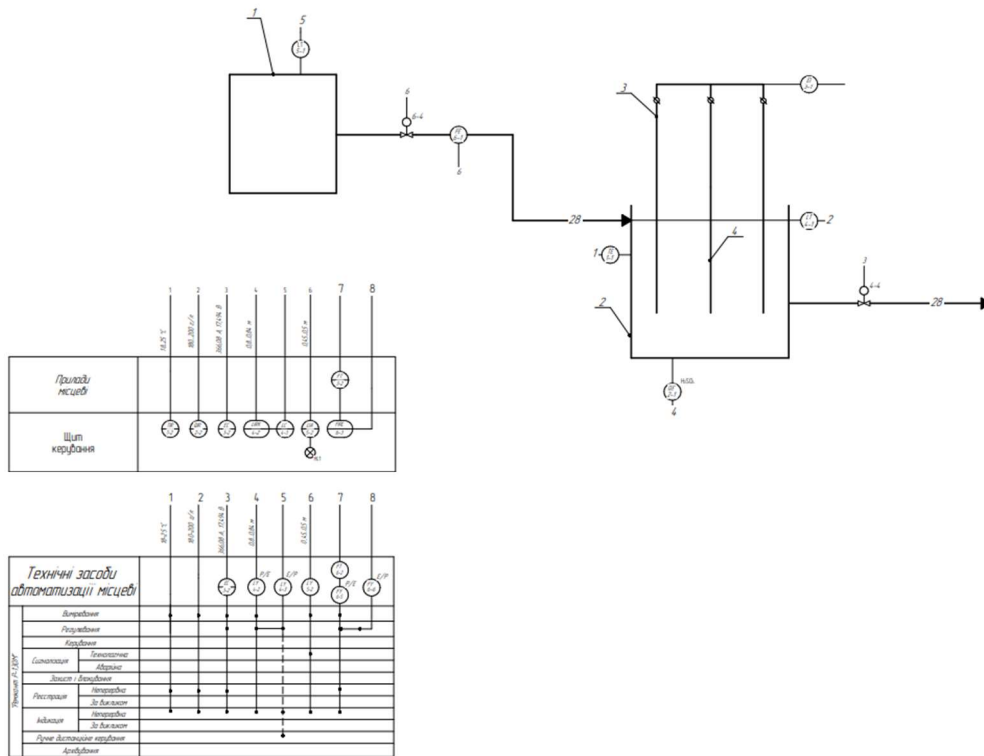


Рисунок 2.1 – Схема автоматизації процесу анодування

Висновок.

Впровадження автоматизованої системи анодування в гальванічному цеху дозволяє забезпечити максимальну ефективність, при цьому це зменшує затрати праці і кількість працівників, отримана чітка регламентованість технологічного процесу.

РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

На основі основних технологічних розрахунків процесу анодування задля організації гальванічного цеху необхідно провести економіко-організаційні розрахунки, собівартість отриманої продукції та доцільність обраної технології для впровадження в підприємстві.

Згідно класифікації видів економічної доцільності (КВЕД-2010) гальванічні цехи відносяться до секції С та класу 25,61 [12].

Задачі, що ставить перед собою виробництво з нанесення гальванічних покриттів:

- отримання якісної продукції з високими показниками захисних та декоративних властивостей;
- задоволення потреб споживача;
- отримання прибутків із впроваджених технологій.

3.1 Технологічна підготовка виробництва

Процес нанесення оксидних покриттів на алюміній та його сплави відбувається за технологічною схемою, поданою в таблиці 1.

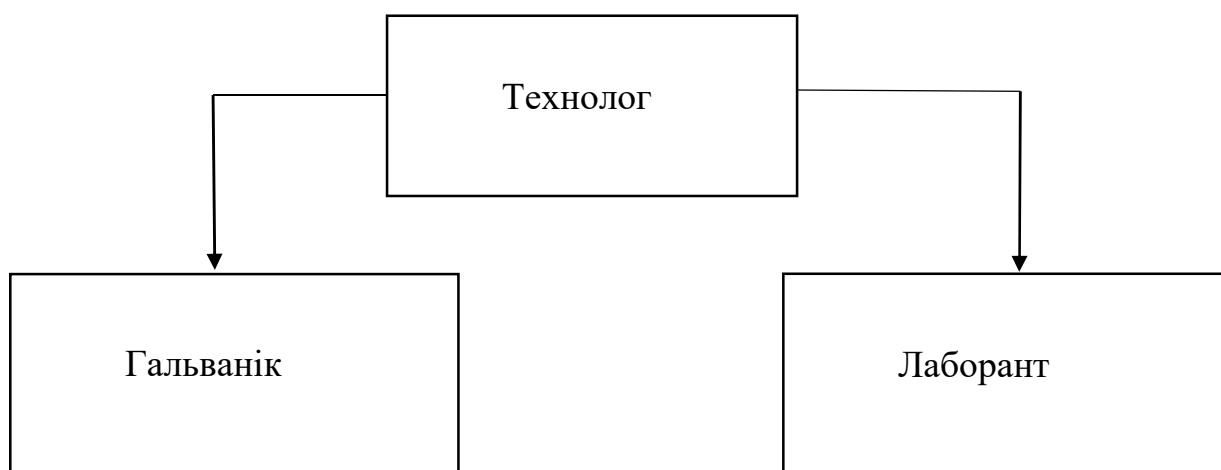


Рисунок 3.1 – Організація підрозділу виробництва з анодування алюмінію

Таблиця 3.2 – Графік змінності

Дні Бригади														
	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд
Бригада 1	1	1	1	2	2	В	В	2	2	2	1	1	В	В
Бригада 2	2	2	2	1	1	В	В	1	1	1	2	2	В	В

3.2 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

Таблиця 3.3 – Склад основних фондів

№	Найменування обладнання	Чисельність	Ціна, грн
1	Ванна холодної промивки	2	14000
2	Ванна гарячої промивки	1	14000
3	Ванна хімічного знежирення	1	15000
4	Ванна освітлення	1	23000
5	Підвіска	2	2000
6	Ванна анодування	2	34000
7	Ванна уловлювання	2	17000
8	Ванна наповнення	2	32000
9	Сушильна шафа	1	13000
10	Джерело струму	1	16000
11	Трубопроводи	-	37000
12	Будівлі і споруди	-	500000
13	Система очистки	-	31000
14	Нематеріальні активи	-	22000
Всього:		15	770000

Згідно Податкового кодексу України термін експлуатації будівель – 20 років; обладнання – 5 років; трубопроводів – 15 років.

Рентабельність даного виробництва:

$$P = \frac{\Pi}{C} \cdot 100 = \frac{848592,486}{3315181,184} \cdot 100 = 25,597\%$$

Капіталовкладення:

$$K = O\Phi + O\delta_3 = \\ = 770000 + (2762650,987 - 63300) = 3469350,987 \text{ грн}$$

Тепер розраховуємо період повернення капіталовкладень наступним чином:

$$T_{\text{пов.}} = \frac{K}{\Pi} = \frac{3469350,987}{848592,486} = 4,088 \text{ роки}$$

Економічна ефективність виробництва:

$$E = \frac{\Pi}{K} = \frac{848592,486}{3469350,987} = 0,245$$

Фондовіддача основних засобів складає:

$$\Phi B_{O3} = \frac{B}{O3} = \frac{275 \cdot 15141}{770000} = 5,4075$$

Фондовіддача оборотних засобів:

$$\Phi B_{O63} = \frac{B}{O63} = \frac{275 \cdot 15141}{2699350,987} = 1,542$$

Тоді фондоємність основних засобів:

$$\Phi \epsilon_{O3} = \frac{1}{\Phi B_{O3}} = \frac{1}{5,4072} = 0,185$$

Фондоємність оборотних засобів:

$$\Phi \epsilon_{O63} = \frac{1}{\Phi B_{O63}} = \frac{1}{1,542} = 0,6485$$

					<i>ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електроенергія	2,64	46156,376 кВт	121852,833				
Всього			809139,391	Всього			1075743,66

Синхронізований використовується як для сульфатного, так і для хроматного електроліту. ВРПП для хроматного тоді:

$$N_{\text{завант}} = \frac{T_{\text{в.ц.}}^{\text{пар}} + 23,5 - \sum_{i=1}^{20} t_i}{23,5} = \frac{16 \cdot 60 + 23,5 - 103}{23,5} = 37,468 \approx 38 \text{ підвісок}$$

$$V_{\text{пар}}^{\text{річ}} = 38 \cdot 262 \cdot 1,664 = 16566,784 \text{ м}^2/\text{рік}$$

Порівняно із сульфатним електролітом необхідно використати на 1 ванну анодування більше для виконання річної програми.

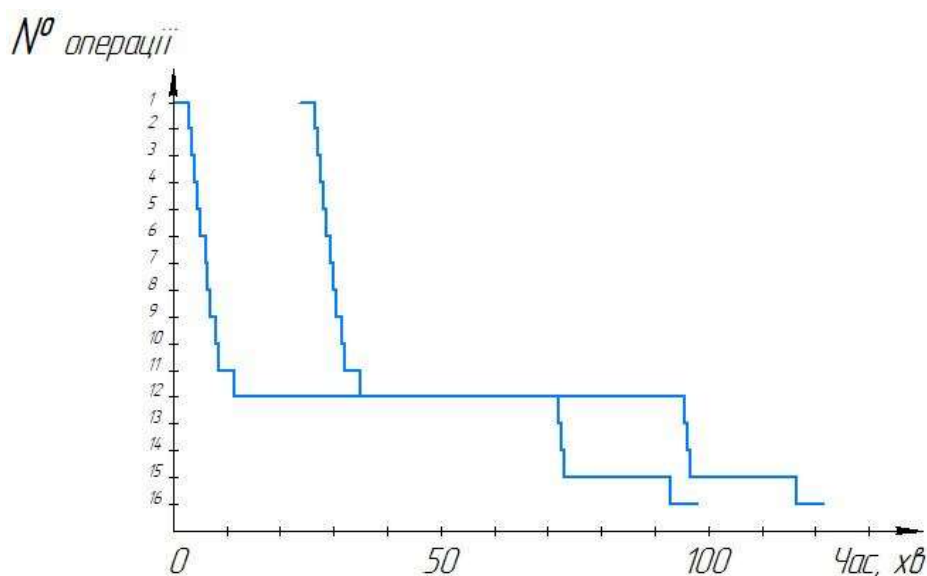


Рисунок 3.5 – Синхронізоване ВРПП для хроматного електроліту

Собівартість даної технології:

$$C_p = A + \text{ОбФ} + B_{\text{адм}} =$$

$$= 63300 + 1075743,66 + 1890211,596 = 3029255,26 \text{ грн}$$

з урахуванням 20% накладних:

$$C_{p+20\%} = 1,2 \cdot 3029255,26 = 3635106,31 \text{ грн}$$

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Звідси економічний ефект річної програми від анодування з використанням розчину біхромату калію:

$$EФФ = C_6 - C_H = 3635106,31 - 3315181,184 = 319925,126 \text{ грн}$$

Висновок

При впровадженні технології анодування в сульфатному електроліті з наповненням в розчині біхромату калію, ми отримуємо зменшення грошових витрат на оборотні фонди, при цьому собівартість є меншою, що обґрунтовує доцільність використання запропонованої у даному проєкті технології.

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА, ОЧИСТКА СТІЧНИХ ВОД

На гальванічних виробництвах при нанесенні покриттів, а також при застосуванні інших видів обробки, таких як травлення, полірування, пасивування і т. д., утворюються різного роду стічні води, що мають у своєму складі різноманітні токсичні речовини: важкі метали; шестивалентний хром; розчини кислот та лугів. Викид таких речовин у каналізацію без належної попередньої обробки недопустимий, оскільки дані речовини потраплятимуть в довкілля, забруднюючи атмосферу, водоймища тощо. Склад стічних вод досить різноманітний, залежить від параметрів технологічного процесу. За хімічним складом стічні води поділяють на три основні групи [13]:

1. стічні води із вмістом ціанідів;
2. стічні води із вмістом шестивалентного хрому;
3. стічні води, що мають у своєму складі кислоти та луги, а також солі важких металів.

У даному процесі застосовуватиметься очистка кислото-лужних та хромвмістних стічних вод (від процесу наповнення). Кислото-лужні стоки гальванопокриття направляються в резервуар-усереднювач для 2-х годинного усереднення стоків. Перемішування стоків здійснюється стисненим повітрям. Сюди ж із буферних розчинів дозуються відпрацьовані кислі розчини.

Нейтралізація кислото-лужних стоків здійснюється в камері нейтралізації безперервної дії. В якості реагенту використовують 5% розчин $\text{Ca}(\text{OH})_2$ або 10% розчин H_2SO_4 в залежності від рН середовища стоків. Для підтримання оптимального значення рН, що має становити 8-9 камера нейтралізації обладнана рН-метром. Робота системи знезараження працює в автоматичному режимі: при $\text{pH} < 8$ подається сигнал на систему, регулюючу вентиль для подачі 5% розчин $\text{Ca}(\text{OH})_2$, при $\text{pH} > 9,5$ подається сигнал на систему, регулюючу вентиль для подачі 10% розчину H_2SO_4 . Знезараженні кислото-лужні стоки потрапляють у вертикальний відстійник.

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

У процесі гальванічних виробництв більшість операцій є шкідливими та небезпечними для здоров'я працівника, тому обов'язково мають бути передбачені заходи з охорони праці.

Виробництво потребує використання електричної, механічної та теплової енергії, тому мають окрему увагу приділено електробезпеці та пожежній безпеці.

Крім того, було враховано додаткові фактори, зокрема, наявність шумів, вібрацій, шкідливого випромінювання тощо.

5.1 Повітря робочої зони

У відповідності до ДСН 3.3.6.042-99 [15], проєктований гальванічний цех відноситься до категорії Пб – середньої важкості. Оптимальні умови мікроклімату для робіт середньої важкості наведені в таблиці 1.

Контроль температури виробничого приміщення проводитиметься звичайними спиртовими термометрами, для вимірювання відносної вологості цех обладнано гігрографами, швидкість руху повітря контролюється анемометрами ротаційної дії.

Таблиця 5.1 – Оптимальна температура, вологість та швидкість руху повітря в приміщенні проєктованого цеху.

Період року	Категорія робіт	Температура, °C			Відносна вологість %		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	Фактична		Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
			Нижня межа	Верхня межа				
Холодний	Середньої тяжкості - Пб	17...19	15	21	60...40	5	0,2	0,4

Теплий		20...22	27	15	60...40	5	0,3	0,5...0,2
--------	--	---------	----	----	---------	---	-----	-----------

Через використання шкідливих та небезпечних речовин під час виконання технологічного процесу, маємо навести коротку санітарну характеристику цеху, таблиця 2.

Для забезпечення оптимальних параметрів повітря та його чистоти в робочій зоні, в цеху, виробництво буде обладнане системою місцевої загальної та аварійної вентиляції.

Ванни із вмістом шкідливих речовин обладнані бортовими відсмоктувачам.

Таблиця 5.2 – Коротка санітарна характеристика цеху

1	2	3	4	5	6	7	8
Назва виробничої ділянки	Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення	Група шкідливої речовини, характеристика шкідливої дії	ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м ³	Клас небезпечності шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту: тип, марка	Засоби допідприємної допомоги	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони
Гальванічний цех	NaOH, використовується для приготування розчину для травлення, випаровується з поверхні розчину	Призводить до серйозних опіків шкіри, слизової оболонки, дихальних шляхів. Подразнююча дія	0,5	I	Використовувати респіратори, захисні рукавички, спецодяг, захисні окуляри	Промити уражену ділянку великою кількістю води та промити розведеним розчином оцтової кислоти	Титрометричний

К ₂ Сг ₂ О ₇ , використовується для приготування розчину для операції наповнення, випаровується з поверхні розчину	Н ₂ SO ₄ , використовується для приготування розчину для анодування, випаровується з поверхні розчину	НNO ₃ , використовується для приготування розчину для освітлення, випаровується з верхні розчину
Подразнює слизову оболонку, дихальні шляхи, шкіру. Канцерогенна дія.	Подразнює слизову оболонку, дихальні шляхи, призводить до серйозних опіків	Подразнює слизову оболонку, дихальні шляхи, викликає серйозні опіки шкіри
0,01	1	2
I	I	II
Використовувати респіратори, захисні рукавички, спецодяг, захисні окуляри	Використовувати респіратори, захисні рукавички, спецодяг, захисні окуляри	При роботі використовувати респіратори, спецодяг, захисні рукавички та окуляри
Промити уражене місце великою кількістю води. Випити велику кількість води, молока, прийняти активоване вугілля	Промити уражену ділянку великою кількістю води та промити розведеним розчином оцтової кислоти	Промити уражену ділянку великою кількістю води та промити розведеним розчином оцтової кислоти
Титриметричний	Нефелометричний	Нефелометричний

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ

Арк.

66

Для зменшення потрапляння шкідливих речовин у стічні води, в технологічній схемі процесу передбачено використання ванн уловлювання.

Розрахунок місцевої системи вентиляції

Витрати повітря, що видаляються бортовими відсмоктувачами, розраховуємо за формулою:

$$L = 3600 \cdot a \cdot b \cdot k_t \cdot k_z \cdot \sqrt{(t_p - t_n) \cdot n \cdot b^3}$$

де $a = 1,12$ м – довжина ванни, м; b – безрозмірна величина (1/15 для двостороннього бортового відсмоктувача); $k_t = (1 + \frac{b}{8a})^2$ – коефіцієнт запасу для двостороннього бортового відсмоктувача; $k_z = 1,5$ – коефіцієнт запасу; t_p – температура розчину, °С; t_n – температура навколишнього середовища, °С; $n = 3$ – кількість прямих кутів між границями потоку повітря; $b = 0,63$ м – ширина ванни, м.

Таблиця 5.3 – Витрати повітря, винесеного бортовими відсмоктувачами

Найменування операції	Кількість	t_p	t_n	k_t	L , м ³ /год
Анодування	2	25	18	1,1456	2116,92
L , м ³ /год					2116,92

5.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28:2018, проєктований цех анодування відноситься до IVв та VIII розрядів зорової роботи (таблиця 4). Для виробничого приміщення використовуються системи комбінованого (поєднання верхнього і бокового) природного освітлення, штучного комбінованого, а також робочого, охоронного і аварійного освітлення. Загальна система освітлення є суміщеною.

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Проводимо кількість ламп для освітлення виробничого приміщення. Габаритні розміри цеху складають:

- Довжина – 15 м;
- Ширина – 7 м;
- Висота – 10 м.

Площа приміщення становить:

$$S = 15 \cdot 7 = 105 \text{ м}^2$$

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{h_c \cdot (a + b)} = \frac{15 \cdot 7}{10(15 + 7)} = 0,92$$

Розраховуємо кількість світильників за наступною формулою:

$$N = \frac{S \cdot k_z \cdot z \cdot E_H}{F_l \cdot n \cdot \eta}$$

де $k_z = 1,5$ – коефіцієнт запасу; $z = 1,1$ – коефіцієнт нерівномірності; $E_H = 200$ лк – нормоване значення освітленості; F_l – світловий потік; n – кількість ламп у світильнику.

$$N = \frac{S \cdot k_z \cdot z \cdot E_H}{F_l \cdot n \cdot \eta} = \frac{105 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 200}{2800 \cdot 2} = 6,1875 \approx 6 \text{ штук}$$

5.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій

Джерелами шуму у виробничих приміщеннях, згідно ДСН 3.3.5.037-99 [16], є електродвигуни, системи вентиляції та рухомі механізми. В промисловому виробництві допустимий рівень шуму на робочому місці складає 80 дБА. Фактичне значення рівня шуму в цеху становить 77 дБА, що відповідає нормі. Для зменшення рівня шуму виробничі приміщення оснащені стінами із звукопоглинаючих матеріалів, корпуси цехового обладнання виготовлені із шумоізолюючих матеріалів.

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У якості засобів індивідуального захисту, працівникам пропонується використовувати спеціальні звукоізолюючі навушники Egger, а для захисту від вібрацій – рукавиці з віброзахисними вкладками. Контроль виробничого шуму та вібрацій здійснюється приладом типу Trotec SL-300.

5.4 Електробезпека

За ступенем небезпеки цех відноситься до особливо небезпечних приміщень через можливе ушкодження електрообладнання хімічно активними речовинами, що використовуються у процесі анодування. Електрообладнання цеху підключене до трифазної мережі змінного струму 380/220 В через нульове заземлення. Згідно ДСТУ 7237:2011, гранично допустимі значення напруги і струму, що проходить через тіло людини:

1) при нормальній роботі обладнання: $U_d = 2$ В, $I_d = 0,3$ мА.

2) при аварійній роботі обладнання: $U_d = 36$ В, $I_d = 6$ мА.

Струм, що проходить при однофазному дотику до провідника, складає:

$$I_l = \frac{U_\phi \cdot 10^3}{R_l + R_o}$$

$$U_d = I_l \cdot R_l$$

де $U_\phi = 220$ В – фазова напруга, В; R_l – опір тіла людини, Ом; R_o – опір нульового заземлення.

$$I_l = \frac{220 \cdot 10^3}{3000 + 4} = 73,236 \text{ мА}$$

$$U_d = 73,236 \cdot 3000 = 219,7 \text{ В}$$

При порушенні правил експлуатації електрообладнання, можливі отримання серйозних травм. Для забезпечення електробезпеки працівників і запобігання ураження струмом, передбачено використання системи сигналізації, огорожувальні засоби, захисне відключення, все обладнання має бути ізольоване

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

діелектричним матеріалом. Регулярно буде проводитись контроль всього електричного устаткування.

Для індивідуального захисту працівників пропонується використання діелектричних гумових рукавичок, спецодягу та гумового взуття. Крім, того весь персонал буде проходити інструктаж з правил експлуатації електроустаткування, а до експлуатації буде залучено лише персонал з відповідним допуском та кваліфікацією.

5.5 Безпека технологічного процесу і обслуговування обладнання

У процесі анодування може бути ряд небезпечних факторів, серед яких – розлиття шкідливих небезпечних для здоров'я працівника реактивів, внаслідок необачності робітників або прорив трубопроводів для подачі робочих розчинів, що може призвести до опіків, та подразнень дихальних шляхів. Ще один небезпечний фактор – вихід з ладу електрообладнання, пошкодження проводки, що потенційно може вдарити струмом. З метою запобігання подібних ситуацій проєктованому цеху передбачені наступні заходи з безпеки технологічного процесу:

- Робота з небезпечними речовинами буде проводитись в захисному одязі, респіраторах, гумових рукавичках, захисних окулярах;
- В цеху буде передбачено систему аварійної зупинки обладнання у випадку проривів трубопроводів;
- Для запобігання розливу електроліту через край ванни, передбачено простір між ваннами передбачено закривати козирками;
- Трубопроводи підлягатимуть герметизації;
- Струмopовідне обладнання буде мати подвійну ізоляцію;
- Проводитиметься регулярний контроль справності електричного устаткування.

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.6 Пожежна безпека

Основні причини виникнення пожежі в гальванічному цеху в основному можуть бути спричинені виходом з ладу електроустаткування, його коротким замиканням, перевантаженням приладів, утворенням легкозаймистої суміші водню з киснем.

Оскільки хімічно активні речовини можуть впливати на дроти електроприладів, руйнуючи ізоляційний шар, це може викликати коротке замикання. Для запобігання цього, дроти прокладені у пластиковому захисному кожусі, при цьому в електричній мережі застосовуються плавкі запобіжники та автомати спеціального призначення для попередження перенавантаження і короткого замикання. Також регулярно проводиться контроль герметичності та ізоляції дротів.

Згідно ДСТУ EN 62305-3:2021 [18], для запобігання прямого удару блискавки, передбачено використання блискавковідводів стрижньового типу, що складається із приймача, заземлювача і струмопровідника.

Для гасіння пожежі в цеху розміщені щити з вуглекислотними вогнегасниками типу ОУ-2, порошковими вогнегасниками типу ВП-5 та ємності з піском. Також встановлена автоматизована система пожежної сигналізації з датчиками Артон.

У таблиці 5 наведено показники пожежо- і вибухонебезпечності деяких речовин і матеріалів.

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.5 – Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин і матеріалів

Ізоляція	Поміст	Гальванічна ванна		Горючість, займистість	Показники пожежо- і вибухонебезпечності, °С			Межа за-па-лення	Вибухо-небезпечні су-міші з по-вітрям
		Н ₂	Поліпропілен		Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання		
Текстоліт	Дерево, гума	Н ₂	Поліпропілен	Горючість, займистість	5	6	7	8	9
Тв.	Тв.	Газ	Тв.	Важкозаймисті	-	350	350	об'ємних %	мг/м ³
Важкогорюча	Горюча	Легкозаймисті	Важкозаймисті		132	324	57,5		Категорія
-	170	132	-		170	400	400		Група
358	400	324	350		400	400	350		Вогнегасні засоби
358	400	57,5	350		400	400	350		Вогнегасні засоби
-	-	47,5	-		-	-	-		Категорія приміщення за НАПБ Б.03.002-2007
-	-	3,45-82,5	-		-	-	-		Клас приміщення /зона/ і зовнішніх установок за ПУЕ
-	-	2С	-		-	-	-		Категорія об'єкта і тип зони захисту і вилаштуванню блискавки захисту згідно з ДСТУ EN 62305-3:2021
-	-	ТІ	-		-	-	-		
Вогнегасник вуглекислий	Вода	Інертний газ	Вогнегасник вуглекислий		В	2	2Б		

ВИСНОВОК

У даному дипломному проєкті було розроблено технологію декоративного анодування деталі з алюмінієвого сплаву – радіатора, що застосовується в приладобудуванні, з річною виробничою програмою 14700 м²/рік.

Для покращення протикорозійного захисту деталі проведено наповнення оксидної плівки у розчині біхромату калію

Виконано основні технологічні, економіко-організаційні розрахунки. Визначено економічний ефект від впровадженого виробництва та доцільність застосування запропонованої технології.

Розроблено схему автоматизації процесу анодування з автоматичним регулюванням концентрації, рівня електроліту, сили струму та напруги.

Розроблено схему стічних вод виробництва, а саме реагентний метод, що використовується на проєктованому виробництві.

Розглянуті питання з охорони праці, можливі фактори ризику роботи на підприємстві, інструкції з надання першої домедичної допомоги; пожежної безпеки і т. п. Для забезпечення безпечних умов праці персоналу, було запропоновано інструкцію з безпеки технологічного процесу та обслуговування обладнання.

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. 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.
10. 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.
11. Економіка підприємства. Навч. Посібник. Під ред. В.Г. Герасимчука, К.: «Політехніка», 2003.
12. Економіка, організація та управління хімічними підприємствами [конспект лекцій під ред. доц. Підлісної О.А.]/ Київ, 2017.
13. Екологічна безпека гальванотехніки. Частина 1. Стічні води. Механічна та сорбційна очистка: навч. посіб. / М.І. Донченко, С.В. Фроленкова – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 202 с.
14. Метод, вказівки до викон. розділу «Охорона праці» в дипломних проектах бакалаврів хіміко-технологічного факультету / Уклад.: Ю.О. Полукаров, Н.А. Праховнік, Л.О. Мітюк. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 31 с.
15. ДСН 33,6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Текст].
16. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку [Текст].

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації [Текст].
18. ДСТУ EN 62305-3:2021. Блискавкозахист. Частина 3. Фізичні пошкодження будівель (споруд) та небезпека для життя (EN 62305-3:2011, IDT; ІЕС 62305-3:2010, MOD). [Текст].

					ДП ХЕ 0209.2705.000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця Б.1 Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

Позиція на схемі	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва, технічна характеристика	Тип, марка моделі	Завод-виробник	Кількість
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-1	Температура	Електроліт, гальванічна ванна	18...25°C	Місцевий	Термоперетворювач опору платиновий НСХ-50П, діапазон вимірювання (-50)...+60 °С, допустимий тиск $P_y = 25$ МПа; клас допуску 2	ТСП-1288	НВО «Електротермія», м. Луцьк	1
1-2	Температура	Електроліт, гальванічна ванна	18...25°C	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; вхідні сигнали: 0...5 В, 0 ... 10 В, 0 ... 5 мА, 4 ... 20 мА, 0,5 клас точності .	Graph T-IRS30	ICS SCHNEIDER MESSTECHNIK GmbH, м. Бергфельде, Німеччина	1
2-1	Концентрація H ₂ SO ₄	Електроліт, гальванічна ванна	180...200 г/л	Місцевий	Програмований безконтактний кондуктометр – концентратомір, вихідний сигнал $I_{вих} = 4...20$ мА; діапазон температур 0 ...100 °С; основна похибка $\leq 2\%$.	КС-1М-3К	ПП «Експорт-постач» м. Харків	2
2-2	Концентрація H ₂ SO ₄	Електроліт, гальванічна ванна	180...200 г/л	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; вхідні сигнали: 0...5 В, 0 ... 10 В, 0 ... 5 мА, 4 ... 20 мА, ... мА; 0,5 клас точності.	Graph T-IRS30	ICS SCHNEIDER MESSTECHNIK GmbH, м. Бергфельде, Німеччина	1

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3-1 3-2	Сила струму та напруга	Електроліт, гальванічна ванна	366,08 А 17,494 В	Електроди	Агрегат випрямний для гальванічних ванн, $I_{max} = 200 \text{ А}, U_{max} = 24 \text{ В}$	ТЕІ-400/24Т	«Інститут Силової Електроніки, ТОВ», м. Київ	1
4-1	Рівень	Електроліт, гальванічна ванна	0,8...0,84 м	Місцевий	Рівнемір буйковий з пневматичним передавальним перетворювачем, $L_{max}=1,6 \text{ м}$; клас точності 1,5; рдоп = 4 МПа, $R_{вих} = 20 \div 100 \text{ кПа}$	УБ-П	ВАТ «Прикарпатпромарматура, м. Івано-Франківськ	1
4-2	Рівень	Електроліт, гальванічна ванна	0,8...0,84 м	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; вхідні сигнали: $I_{вх} = 0...5 (0...20 \text{ мА}, 4...20 \text{ мА})$, похибка $\pm 0,5 \%$, час швидкодії – 1 с	А100-Н	ТОВ «Промприбор», м. Харків	1
4-3	Рівень	Електроліт, гальванічна ванна	0,8...0,84 м	Щит керування	Регульовальний блок системи вимірювання	ПР3.34-М1	Підприємство «МІКРОЛ», м. Івано-Франківськ	1
4-4, 6-4	Рівень Витрата	Електроліт, гальванічна ванна Трубопровід	0,8...0,84 м	Трубопровід Місцевий	Механізм виконавчий мембранний пневматичний прямої дії з позиціонером; $R_{вх} = 0,02...0,1 \text{ МПа}$	МИМП ППХ05	ВАТ «Прикарпатпромарматура», м. Івано-Франківськ	2
5-1	Рівень	Бак з електролітом	0,4...0,45 м	Місцевий	Рівнемір буйковий з пневматичним передавальним перетворювачем, $L_{max}=1,6 \text{ м}$; клас точності 1,5; рдоп = 4 МПа, $R_{вих} = 20 \div 100 \text{ кПа}$	УБ-П	ВАТ «Прикарпатпромарматура, м. Івано-Франківськ	1

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5-2	Рівень	Бак з електролітом	0,4...0,45 м	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; вхідні сигнали: 0...5 В, 0 ... 10 В, 0 ... 5 мА, 4 ... 20 мА, ... мА; 0,5 клас точності.	Graph T-IRS30	ICS SCHNEIDER MESSTECHNIK GmbH, м. Бергфельде, Німеччина	1
6-1	Витрата	Трубопровід	-	Трубопровід	Діафрагма камерна, $P_y = 0.6$ МПа; $D_{тр} = 75$ мм	ДКС 0,6-75	ВАТ «Пром-прилад», м. Івано-Франківськ	1
6-2	Витрата	Трубопровід	-	Місцевий	Дифманометр; $\Delta P_{max} = 40$ кПа, клас точності 1, $P_{вих} = 20 \dots 100$ кПа	DSDU106 F021	Sauter AG м. Базель Швейцарія	1
6-3	Витрата	Трубопровід	-	Щит керування	Прилад вторинний пневматичний показувальний, реєструвальний з функцією регулювання; $P_{ax} = 0,02 \dots 0,1$ МПа.	БД-30Ех	НБК «Укрцвет метавтоматика», м. Запоріжжя	1