

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

Хіміко-технологічний факультет

Кафедра технології електрохімічних виробництв

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедри

_____ Олексій КОСОГІН

« _ » ____ 06 _____ 2023 __ р

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Електрохімічні технології
неорганічних і органічних матеріалів»**

спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»

**на тему: «Гальванічні покриття у машинобудуванні. Розробка технології
захисного цинкування сталевих деталей простої конфігурації»**

Виконала:

Студентка Бойко Ірина Вікторівна
IV курсу, групи ХЕ-91

Керівник:

Доцент, к.т.н.

Мотронюк Тетяна Іванівна

Консультант з

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

Економічна частина: Ткаченко Тетяна Петрівна, доц., к.еко.н.

Автоматизація: Тріщ Віталій Русланович, асистент

Рецензент: Косогіна Ірина Володимирівна доцент кафедри ТНР,В та ЗХТ, к.т.н.

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

Студент (-ка) _____

Київ – 2023 року

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

Кафедра технології електрохімічних виробництв

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 161 «Хімічні технології та інженерія»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Олексій КОСОГІН

«__» ____ 05 _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Бойко Ірині Вікторівні

1. Тема проєкту «Гальванічні покриття у машинобудуванні. Розробка технології захисного цинкування сталевих деталей простої конфігурації», керівник проєкту Мотронюк Тетяна Іванівна, доцент, к.т.н., затверджені наказом по університету від «__» _____ 2023р. № _____
2. Термін подання студентом проєкту 16 червня 2023 року
3. Вихідні дані до проєкту Матеріали з практики. Зарубіжні та вітчизняні монографії та періодичні видання. Електроліт хлоридний. Продуктивність 18000 м²/рік.
4. Зміст пояснювальної записки Складання технологічної карти, розрахунок балансів струму, напруги, енергії, обґрунтування і вибір покриття, розрахунок організаційно-економічних показників, заходи охорони праці, автоматизація процесу нанесення покриття, екологічна безпека.
5. Перелік графічного матеріалу 1.Креслення гальванічної ванни, 2.Схема технологічного процесу, 3.Схема автоматизації, 4.Економічна частина, 5.Схема очищення стічних вод.
6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Полукаров Ю.О., доц.,к.т.н.		
Економічна частина	Ткаченко Т.П., доц., к.екон.н.		
Автоматизація	Тріщ В.Р., асистент		

7. Дата видачі завдання 15 травня 2023р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Характеристика деталей, що підлягають обробці.	До 23.05.2023	
2.	Вибір виду покриття	До 23.05.2023	
3.	Вибір підготовчих операцій	До 25.05.2023	
4.	Вибір складу електроліту для покриття плат	До 26.05.2023	
5.	Складання карти технологічного процесу	До 31.05.2023	
6.	Виконання технологічних розрахунків	До 05.06.2023	
7.	Виконання креслень	До 05.06.2023	
8.	Складання схеми очищення стічних вод	До 05.06.2023	
9.	Складання схеми автоматизації основного процесу.	До 05.06.2023	
10.	Виконання економічних розрахунків	До 05.06. 2023	
11.	Виконання розділу «Охорона праці та техніка безпеки»	До 05.06.2023	
12.	Оформлення пояснювальної записки	До 09.06.2023	
13.	Оформлення графічної частини проєкту	До 09.06.2023	
14.	Подача оформленого проєкту на перевірку на плагіат	До 14.06.2023	

Студент

Ірина БОЙКО

Керівник

Тетяна МОТРОНЮК

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Пояснювальна записка	84	
3	A1	ДП ХЕ9118.1450. 001	Креслення гальванічної ванни	1	
4	A1	ДП ХЕ9118.1450. 002	Схема технологічного процесу	1	
5	A1	ДП ХЕ9118.1450. 003	Схема автоматизації процесу	1	
6	A1	ДП ХЕ9118.1450. 004	Техніко-економічні показники гальванічного цеху	1	
7	A1	ДП ХЕ9118.1450. 005	Схема очищення стічних вод	1	

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Гальванічні покриття у машинобудуванні.
Розробка технології захисного цинкування сталевих
деталей простої конфігурації»

Київ – 2023 року

РЕФЕРАТ

«Гальванічні покриття у машинобудуванні. Розробка технології захисного цинкування сталевих деталей простої конфігурації»

Бойко І.В. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, ХТФ, ХЕ-91

Дипломний проєкт, 2023 рік, кількість сторінок - 83, таблиць - 20, рисунків - 6, джерел - 16.

У даному проєкті розглядається технологія нанесення гальванічного захисного блискучого цинкування товщиною 9 мкм на сталевий кутник, з метою надання більшої корозійної стійкості та зносостійкості. Нанесення покриття здійснюється із хлоридного електроліту цинкування при густині струму 200 А/м^2 при температурі 20°C . Розраховано основне обладнання та підвісний пристрій для нанесення покриття. Проведено технологічні розрахунки та розрахунки витрат енергоносіїв, матеріалу анодів, хімічних реактивів і води. Розроблено схему автоматичного регулювання параметрів. Оцінено доцільність реалізації розробленого технологічного процесу згідно техніко-економічних показників. В технологічному процесі для очищення стічних вод виробництва використовується реагентний метод. Всі технічні рішення в проєкті ухвалено згідно чинних вимог охорони праці.

Ключові слова: процес цинкування, гальванічна стаціонарна ванна, деталь, захисне покриття, баланс електрики, баланс напруги, електроліз, стічні води.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Бойко				Гальванічні покриття у машинобудуванні. Розробка технології захисного цинкування сталевих деталей простої конфігурації	Лім.	Лист	Листів
Перевір.	Мотронюк Т.І.							
Реценз.						НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського		
Н. Контр.	Букет О.І.					ХТФ, ХЕ-91		
Затверд.	Косогін О.В.							

ABSTRACT

"Galvanic Coatings in Mechanical Engineering. Development of Technology for Protective Zinc Plating on Steel Parts with Simple Configuration"

Boiko I.V. - Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Faculty of Chemical Technology, Department of Chemical Engineering-91 Diploma Project, 2023, number of pages - 83, tables - 20, figures - 6, sources - 16.

The current project examines the technology of applying galvanic bright zinc protective coating with a thickness of 9 μm on steel angles in order to enhance corrosion resistance and wear resistance. The coating deposition is carried out using a chloride zinc electrolyte at a current density of 200 A/m^2 at a temperature of 20 $^{\circ}\text{C}$. The main equipment and suspension device for coating application have been designed. Technological calculations and estimations of energy consumption, anode material, chemical reagents, and water consumption have been performed. An automatic control scheme for process parameters has been developed. The feasibility of implementing the developed technological process has been evaluated based on technical and economic indicators. In the technological process, a reagent-based method is employed for the treatment of production wastewater. All technical solutions in the project are in compliance with the applicable occupational health and safety requirements.

Keywords: zinc plating process, galvanic stationary bath, part, protective coating, electrical balance, voltage balance, electrolysis, wastewater.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	6
ABSTRACT	7
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	11
1.1 Характеристика деталі, що підлягає покриттю.....	11
1.2 Вибір підготовчих операцій	15
1.3 Вибір виду покриття	18
1.4 Вибір складу електроліту для нанесення цинкового покриття .	19
1.5 Вибір завершальних операцій	26
1.6. Промивка деталей.....	27
1.7 Контроль якості покриття	28
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	32
2.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання цеху.....	32
2.2 Визначення виробничої програми обладнання	32
2.3 Розрахунок конструктивних розмірів ванни і коефіцієнту завантаження обладнання.....	33
2.4 Баланс напруги на гальванічній ванні.....	35
2.5 Баланс кількості електрики на гальванічній ванні	36
2.6 Розрахунок споживання електроенергії та вибір джерела живлення.....	37
2.7 Тепловий розрахунок гальванічних ван, які працюють за кімнатної температури.....	40
2.8 Розрахунок витрат анодів.....	41
2.9 Розрахунок витрат хімічних реактивів	41
2.10 Розрахунок витрат води. Витрати води для приготування електроліту.	42
3. ЕКОНОМІКО – ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ	45
3.1 Підприємство у промисловій структурі держави.....	45
3.2 Технологічна підготовка виробництва	46
3.3 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва	52
3.4 Вартість електроенергії та річних обортових фондів	54
3.5 Техніко-економічні показники.....	55

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.6	Індивідуальне завдання.....	56
4.	ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА	61
4.1	Класифікація стічних вод.....	61
5.	ОХОРОНА ПРАЦІ	64
5.1	Виявлення та аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на об'єкті, що проєктується. Заходи з охорони праці	64
5.2	Пожежна безпека	72
	АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ	75
6.1	ОПИС РОЗРОБЛЕНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	77
	ВИСНОВКИ	79
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	80

ВСТУП

В дипломному проєкті на тему «Гальванічне покриття у машинобудуванні. Розробка технології захисного цинкування сталевих деталей простої конфігурації» розглядається важливий аспект захисту від корозії та поліпшення якості сталевих деталей у машинобудуванні. Одним із найефективніших методів захисту від корозії є гальванічне цинкування, яке забезпечує не тільки естетичний вигляд, але й високу корозійну та зносостійкість деталей.

Мета даного дипломного проєкту полягає у розробці технології гальванічного блискучого цинкування сталевих деталей простої конфігурації. Основна увага буде приділена встановленню оптимальних параметрів процесу цинкування, таких як товщина покриття, густина струму, концентрація електроліту та температура, з метою досягнення максимальної ефективності та якості покриття.

Проєкт передбачає проведення розрахунків та аналіз техніко-економічних показників, що дозволить оцінити ефективність використання запропонованої технології у промисловому масштабі. Дослідження включає вивчення впливу гальванічного цинкування на корозійну стійкість деталей, аналіз та впровадження сучасних методів контролю якості покриття.

Крім того, дипломний проєкт охоплює аналіз питань охорони праці та безпеки життєдіяльності працівників гальванічного цеху, а також розглядає проблему очищення стічних вод та пропонує вирішення шляхом використання реагентного методу очищення для забезпечення екологічної безпеки.

Результати даного дипломного проєкту будуть корисними для підприємств машинобудування, які зацікавлені у поліпшенні якості своєї продукції, підвищенні її тривалості служби та зниженні витрат на ремонт та заміну деталей.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика деталі, що підлягає покриттю

Цинкове покриття наносять на деталь під назвою кутник (рис. 1.1)

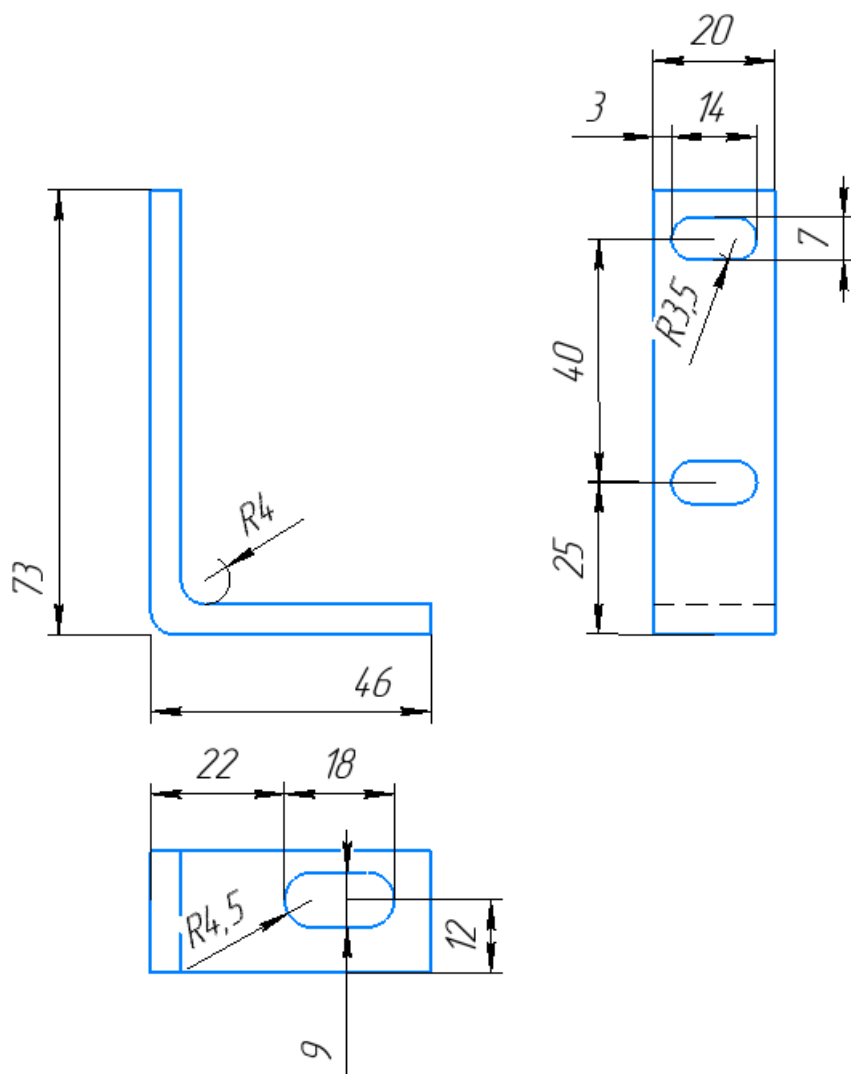


Рис 1.1 – Схематичне зображення деталі

Гальванічне цинкове покриття наносять на сталеву деталь марки Ст3. Деталь товщиною 5 мм, маса деталі становить 0,090кг. Деталь представляє собою кутник, який використовується у машинобудуванні. Основні приклади використання деталі: для побудови каркасів, рам і конструкцій машин та технічного забезпечення, надаючи жорсткість стійкість і міцність і дозволять утримувати різні елементи; для створення кріпильних елементів, які з'єднують різні деталі і компоненти машин; для створення захисних

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ

Лист

11

обшивок, бортових стінок машин; для створення регулюючих пристроїв, які можуть змінювати кут нахилу, положення, висоту різних елементів.

На поверхні деталей, які подаються в гальванічний цех від виробника, можуть міститися механічні забруднення у вигляді: пилу, окалини, різного характеру мастила, нерівності, тваринні та рослинні жири. Дані забруднення можуть з собою понести шкоду надалі, тобто можуть утворюватися відшарування, нерівномірний шар покриття або місця, де зовсім не буде нанесено покриття, неефективний антикорозійний захист в процесі використання, крупнокристалічне покриття. Для того, щоб отримати якісне покриття, міцно зчеплене з поверхнею деталі, необхідно її попередньо підготувати аби очистити від різного роду забруднень.

Вимоги до поверхні деталей перед нанесенням гальванічного покриття регламентуються ГОСТ 19903-74, ГОСТ 14837-89.

При виборі методу механічної обробки деталей враховуються наступні фактори: стан поверхні деталей, включаючи наявність дефектів, корозійних продуктів та слідів термообробки; розміри та форма деталей; необхідна якість обробки; технологічні можливості різних методів обробки, їх продуктивність та економічна ефективність; обсяг та терміни виконання робіт; потреба у мінімізації ручної праці.

Основні способи механічної підготовки поверхні деталей включають: механічне шліфування та полірування, галтування, крацювання та струменево-абразивну обробку.

При виборі оптимального способу обробки, враховуються унікальні параметри, такі як стан поверхні, розміри та форма деталей, потреби у якості обробки, ефективність методу та вартість процесу. Також важливо враховувати часові рамки та обсяг робіт, а також мінімізувати використання ручної праці, де це можливо. Ці фактори допомагають забезпечити оптимальний вибір методу механічної обробки для досягнення високої якості та продуктивності в машинобудуванні.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шліфування дає змогу видалити з поверхні деталей окалину, задирки, забоїни та інші дефекти деталей використовуючи грубе шліфування (обдирання) або тонке шліфування (декоративне). Шліфування виконується на спеціальних шліфувальних станках, якщо виконується грубе шліфування то використовують тверді абразивні круги. Після шліфування деталі підлягають обробці вже з дрібнозернистим абразивом, який змащений спеціальною пастою задля матуючого ефекту. Процес шліфування використовують задля зняття тонкого шару матеріалу з поверхні деталі щоб отримати рівномірну гладку поверхню.

Метод полірування використовують для того, щоб отримати блискучу, або дзеркально блискучу поверхню. Таку поверхню отримують згладжуванням найдрібніших нерівностей на поверхні деталі. При поліруванні використовують ті ж самі шліфувальні станки, але замість твердих абразивних кругів застосовують еластичні круги, змащені спеціальною пастою для полірування. Паста для полірування має відповідати таким вимогам, як: еластичність, в'язкість, надавати полірувальний ефект, легко видалятися при знежирюванні.

Метод галтування (галтовки) – це спосіб очистки дрібних деталей у барабанах або дзвонах (ковпаках) для очищення й опрацювання їх поверхні. Цей процес сприяє видаленню окалини, забруднень, рівномірному вирівнюванню нерівностей та зменшенню шорсткості поверхні. Галтування може використовуватися для опрацювання елементів, розміром не більше 150 мм та вагою до 1 кг.

Метод крацювання допомагає для видалення з поверхні деталей різних типів дефектів, таких як: подряпини, вм'ятини та інші недоліки. Використовуючи метод крацювання можна обрати різноманітні типи головок крацювання спираючись на те, якої саме якості та точності потрібно

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обробити деталь. З переваг крацювання є те, що даний метод допомагає досягти гарну якість поверхні деталі і забезпечує оптимальний контакт між поверхнею деталі та осадженим покриттям, але при цьому збільшується шорсткість поверхні. Тому крацювання перед нанесенням покриття рідко використовується.

Механічна струминно-абразивна обробка (МСаО) є хорошим способом очистки поверхні деталей. Він проводиться під великим тиском. На поверхню деталі спрямовують струмінь абразивного матеріалу, який подається на поверхню деталі за допомогою кінетичної енергії стисненого повітря або відцентрованої сили лопастей турбін. Даний метод використовується для видалення з поверхні деталей забоїн, окалини, іржі, подряпин, зачищення швів після зварювання або паяння. Використовують його задля отримання поверхні з визначеною шорсткістю або отримання малюнків, надписів.

Механічна обробка деталі може бути зайвою, якщо вона вже була проведена постачальником. В такому випадку, можна безпосередньо перейти до етапів хімічного та електрохімічного знежирення. Існують декілька причин, чому необхідно уникати повторної механічної обробки: повторна механічна обробка може призвести до зниження товщини шару металу; виконання механічної обробки вимагає додаткового часу, праці, обладнання та інструментів. Тому ефективним буде перейти до знежирення поверхні. Хімічне та електрохімічне знежирення в лужних розчинах дозволяє ефективно видалити забруднення: жири тваринного та рослинного типу та інші речовини з поверхні оброблювальної деталі. Даний процес забезпечує високу якість очищення та готовність поверхні до наступних етапів обробки, таких як нанесення покриття.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Вибір підготовчих операцій

1.2.1 Знежирення

На поверхні деталей, які поступають в гальванічний цех, можуть бути жирові забруднення:

- жири мінеральних походжень;
- жири тваринних та рослинних походжень.

Перша група включає мінеральні масла, консерваційні змазки та полірувальні пасти, які містять високомолекулярні вуглеводні, такі як вазелін та парафін. Ці речовини є нерозчинними у воді та лугах. Для їх видалення використовують органічні розчинники або спеціальні миючі засоби.

Жири тваринного та рослинного походження складаються з складних ефірів гліцерину та вищих жирних кислот, таких як стеаринова та пальмітинова кислоти. Вони не розчинні у воді, але можуть реагувати з лужними розчинами, утворюючи розчинні в воді мила. Цей процес називається омиленням.

Отже, для ефективного видалення мінеральних жирів використовуються органічні розчинники або спеціальні миючі засоби, тоді як жири тваринного та рослинного походження можуть бути розчинені шляхом омилення в лужних розчинах.

Процес знежирення деталей в лужних розчинах базується на властивостях лужних розчинів та солей лужних металів, які здатні омилювати й емульгувати жири та масла, що знаходяться на поверхні деталей. Після цього, ці розчинені жирні речовини змиваються з поверхні деталей.

Під дією лужного розчину, суцільна плівка масел, яка покриває поверхню деталей, розривається, а масла перетворюються на краплі, що відриваються від металевої поверхні. Оскільки цей процес відбувається в лужному середовищі, важливо дотримуватись певних вимог до розчинів.

Ефективні розчини знежирення повинні мати такі властивості, як: здатність ефективно видаляти жирову плівку з поверхні деталей; не

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спричиняти корозію металевих деталей; легко змиватися водою після процесу знежирення.

Оскільки на поверхні деталі, яка підлягає обробці, присутні жири тваринного і рослинного типу та незначна кількість мінеральних мастил, рекомендується виконати хімічне знежирення. Крім того, для повного видалення залишків тонких жирових плівок, може бути використане анодне електрохімічне знежирення. Це дозволяє гарантувати бездоганну чистоту поверхні перед наступними етапами обробки.

Для хімічного знежирення пропонується використати ГАРДОКЛЕАН 394 за температури 50...80 °С. Хімічне знежирення проводять протягом 2-8 хвилин.

Під час електрохімічного знежирення, аналогічно до хімічного способу, використовуються водні розчини з лужними компонентами, такими як луг, сода, фосфати, і силікати натрію у відповідних або менших кількостях. Використання поверхнево-активних речовин (ПАР) відбувається в незначній мірі або може бути зовсім виключеним. Крім цього, доцільно вводити ПАР зі зниженою схильністю до піноутворення, оскільки велика кількість піни може призвести до небезпечного накопичення газової суміші (водню та кисню). З метою попередження вибуху такої газової суміші в розчин додаються піногасники, такі як А-154 і ПМС-200А.

Електрохімічне знежирення пропонується проводити у розчині наступного складу (г/л):

Натрій їдкий NaOH	- 30...40;
Скло натрієве рідке $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$	- 20...25;
Тринатрійфосфат $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	- 15...20;
Добавка ДХТІ-НТ(МНТ) ТУ 6-36-	- 2...3.

5800151-506-94

Тривалість електрохімічного знежирення сягає в межах 10...20 хв, за температури 60...70 °С та анодної густини струму 2...10 А/дм².

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.2. Травлення

Після процесів знежирення наступним кроком буде процес травлення деталей задля видалення оксидних плівок з поверхні.

Травлення чорних металів проводиться в розчинах сульфатної кислоти, хлоридної кислоти або суміші цих кислот.

Кислота HCl здатна швидше розчиняти оксиди, присутні на поверхні металу. У той же час, кислота H_2SO_4 діє шляхом електрохімічної взаємодії з металом та механічного видалення пухкого шару оксидів за допомогою водню, який виділяється.

Процес травлення проводиться в розчині (г/л):

Кислота хлоридна HCl - 200...250;

Інгібітор Уротропін - 0,5...1.

Тривалість процесу травлення складає 2...4 хв. за кімнатної температури 18...25 °C

Інгібітор додається задля попередження перетравлювання поверхні деталі, для зменшення кількості водню, який виділяється під час даного процесу. Інгібітор адсорбується на поверхні деталі утворюючи плівку і запобігає перетравлюванню поверхні деталі.

Швидкість розчинення оксидів у хлоридній кислоті збільшується з ростом її концентрації. Рекомендована максимальна концентрація хлоридної кислоти для травлення заліза в межах 200...250 г/л. На рахунок температури травлення в хлоридній кислоті проводиться найчастіше при кімнатній температурі або можуть підігрівати не більше за 40 °C, так як загроза високої летючості хлористого водню.

Травлення в хлоридній кислоті краще ніж в сульфатній кислоті через те, що тривалість процесу менша; процес найчастіше проводять без підігріву;

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.3 Активація

Активація проводиться, щоб зняти залишки тонкої плівки після травлення, тому тривалість процесу незначна і використовують розчини з меншою концентрацією порівняно з розчинами для травлення.

Такі метали як цинк або свинець активують в 3...5 % HNO_3 ; Cu в 0.5...1 % HCl ; Al і сплави - в розчина NaOH або 20...30 г/л H_2SO_4 .

Активацію чорних металів проводять у розчині наступного складу (г/л):

Хлоридна кислота ГОСТ 857-78 - 50...100.

Активацію проводять при кімнатній температурі 18...25°C протягом 0,5...1 хв.

1.3 Вибір виду покриття

Для деталей, що використовуються в умовах континентального клімату та мають контакт з вологою, найчастіше обирають цинкове покриття як захисно-декоративний шар. Стандартний потенціал цинку ($E^\circ_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}$) становить -0,76 В, тоді як стандартний потенціал заліза ($E^\circ_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}$) дорівнює -0,44 В. Це означає, що цинк має більш електронегативний потенціал, ніж залізо. Тому цинкові покриття відносяться до анодних покриттів і забезпечують механічний та електрохімічний захист сталевих деталей. Проте, при температурі $t^\circ \geq 70^\circ\text{C}$, потенціал цинку може стати більш електропозитивним, ніж потенціал заліза.

Цинк - метал світло-сірого кольору. Його атомна маса складає 65,4 г/моль, а густина - 7,13 г/см³. Температура плавлення цинку становить близько 420 °C. Цинк має помірну твердість. Оскільки покриття буде експлуатуватись в помірних умовах, таких як офісні чи складські приміщення, товщина покриття обирається 9 мкм відповідно до ГОСТ 15150 для покриття Ц.хр згідно з ГОСТ 9.306.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Вибір складу електроліту для нанесення цинкового покриття

Цинкування можна виконувати у простих або комплексних електролітах. До простих електролітів відносяться розчини сульфатів, хлоридів, борфторидів, а до комплексних - розчини ціанідів, цинкатів, пірофосфатів, аміакатів, етилендіаміну та інших.

Комплексні електроліти мають свої переваги та мають свої недоліки, їх наведено в таблиці (таблиця 1.4.1)

Таблиця 1.4.1 – Порівняльна характеристика переваг та недоліків комплексних електролітів цинкування

Переваги	Недоліки
У комплексних електролітах при процесі виділення цинку спостерігається велика поляризація, що призводить до утворення осадів з дрібними кристалами, які мають щільну структуру.	Низька продуктивність
Внаслідок великої поляризованості $\left(\frac{\Delta E}{\Delta i}\right)$ зростає розсіювальна здатність розчинів електролітів.	Через карбонізацію знижується стійкість електролітів
	Наводнювання сталі
	Складніше приготування електролітів, ніж простих
	Складніше очищення стічних вод

	ніж простих електролітів
	Токсичність

Ціаністі електроліти цинкування

Для нанесення блискучого покриття з ціаністих електролітів запропоновано наступний склад електроліту (г/л) та режим роботи:

ZnO 10...45;

NaCN 20...90;

NaOH 60...85;

Блискоутворювач БЦУ 3...4;

Na₂S 0,3;

i_k 1÷5 А/дм²;

($i_k = 0,5 \div 2$ А/дм² для цинкування без добавок);

t° 18 – 35 °С;

pH 10...13.

Вихід за струмом з такого електроліту складає в межах 80...90 %. Через наявність гідроксиду натрію підвищується електропровідність електроліту та збільшується вихід за струмом цинку, зменшується гідроліз ціаністого натрію.

Чим більше в такому електроліті вільних ціанід-іонів, тим більш міцний утворюється ціаністий комплексний іон і як внаслідок буде більша перенапруга виділення цинку, буде формуватися більш дрібнокристалічний осад, краща розсіювальна здатність електроліту, але менший вихід за струмом цинку.

Якщо ж більший вміст гідроксиду натрію, тоді буде більше утворюватися цинкатного комплексу і, як наслідок, буде вищий вихід за струмом цинку, але розсіювальна здатність буде меншою.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цинкатні електроліти цинкування

Цинкатні електроліти відрізняються від ціаністих електролітів тим, що в них немає токсичних компонентів, вони є більш простими та стійкими і мають високу продуктивність. Вихід за струмом цинку складає 95...97 %.

Приклад складу цинкатного електроліту (г/л):

ZnO	10 – 17;
NaOH	90 – 120;
Добавка ЛВ-4584	4 – 6 мл/л;
t°	кімнатна;
i_k	1 – 4 А/дм ² ;
$V_{c_{Zn}}$	85 – 95 %.

Концентрація ZnO може бути 10 – 35 г/л.

Основними компонентами такого електроліту є оксид цинку та гідроксид натрію, які реагуючи між собою утворюють сіль цинку Na_2ZnO_2 .

В цинкатному електроліті гідроксид натрію має перебувати в надлишку, задля стійкості комплексу, якщо цього уникнути, тоді буде понижатися електропровідність розчину і гідроксид цинку буде випадати в осад. Якщо присутня велика концентрація гідроксиду натрію, це приводить до зниження виходу за струмом цинку, покриття стає губчастим, аноди хімічно будуть розчинятися з більшою швидкістю ніж потрібно.

Якщо цинкатний електроліт приготувати без добавок, тоді включаються дрібні часточки цинку в катодний осад, які утворюються через викришування анодів при їхньому розчиненні і надалі це призведе до формування темних та губчастих осадів.

Пірофосфатні електроліти цинкування

Комплексний іон пірофосфату утворюється через взаємодію: або сульфату цинку, або гідроксиду цинку, або оксиду цинку з пірофосфатом калію, або натрію, або амонію. Але краще замість пірофосфату калію

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовувати пірофосфат натрію, так як калій сам по собі більш дорогий та менш доступний ніж натрій.

Пірофосфатний електроліт цинкування має такий склад (г/л):

$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	60 – 70;
$\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$	300 – 330;
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	45 – 55;
Сульфанілова кислота	0,1 – 0,5;
i_k	0,5 – 2;
t°	20 – 50 °C;
pH	8,5 – 9,0;
Вс_{Zn}	85 – 92 %.

Якщо до розчинну ввести поверхнево-активні речовини то температуру електроліту можна підтримувати в межах 30...35 °C.

В електроліті утворюється змішаний комплексний іон $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_3(\text{P}_2\text{O}_7)]^{2-}$

Аміакатні електроліти цинкування

Основні компоненти електроліту:

- ZnO , або ZnSO_4 , або ZnCl_2 ;
- NH_4Cl (хлорамонійний електроліт) або $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (сульфатамонійний електроліт);
- буфери;
- депасиватори: ацетат натрію або амонію;
- ПАР.

Сульфатамонійний електроліт менш стійкий через те, що при дисоціації комплексу виділяється амоніак.

Прості електроліти також мають свої переваги та недоліки, які наведено у таблиці (таблиця 4.1.2)

Таблиця 4.1.2 - Порівняльна характеристика переваг та недоліків
простих електролітів цинкування

Переваги	Недоліки
Продуктивність більша, ніж у комплексних; катодний вихід за струмом цинку сягає в межах 96...98%	Перенапруга цинку досягає 150 мВ, осади отримують крупнокристалічні
Стабільні	Якщо не додавати до розчину поверхнево-активні речовини, як наслідок поляризованість невелика, розсіювальна здатність низька, осади нерівномірні за товщиною
Не токсичні	
Дешеві	
Більший вихід за струмом цинку, виділення водню менше і як наслідок менше наводнювання сталі	

Якщо використовують прості електроліти і потрібне якісне покриття, необхідно додати до розчину електроліту поверхнево-активну речовину задля збільшення розсіювальної здатності та для одержання більш дрібнокристалічного покриття.

Використовують прості електроліти для деталей простої конфігурації.

Для осадження використовують стаціонарні ванни та автоматичні лінії.

Сульфатні електроліти цинкування

Основний компонент даного електроліту є сульфат цинку. Якщо використовувати концентровані електроліти, тоді осади схильні до утворення дендритів та збільшується винесення електроліту, яке підвищує витрати хімікатів. Тому концентрація, яка використовується основного компоненту в

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

такому електроліті становить в межах 200...300 г/л при катодній густині струму $i_k = 2...3 \text{ А/дм}^2$ і рН 4...4,5.

Для поліпшення структури покриття, до складу електроліту додаються різні речовини. З метою збільшення провідності електроліту, додають 50-100 г/л солі $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Щоб забезпечити стабільний рівень рН, підвищити провідність в електроліт додають буферні речовини ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, H_3BO_3 , ацетатні солі). Додавання сульфату алюмінію у кількості 25-50 г/л при потрібному рівні рН допомагає отримати осад з якісним зовнішнім виглядом.

Приклад складу електроліту (г/л) та режим електролізу для цинкування дротів та листів:

$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 570 – 600;

H_3BO_3 7,5 – 15;

рН 3,5...4,5;

t° 40 ÷ 50 °С;

Вс_{Zn} ≈ 96 %.

Потім добавку H_3BO_3 замінили на $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Інтенсифікація процесу цинкування сульфатного електроліту: перемішування; ультразвук; реверсивний струм.

Фторборатні електроліти цинкування

Вказані електроліти кращі, ніж сульфатні тим, що вони більш продуктивні, але дорожчі та містять агресивні сполучення фтору.

Приклад фторборатного електроліту цинкування (г/л):

$\text{Zn}(\text{BF}_4)_2$ 250 – 300;

NH_4BF_4 25 – 30;

H_3BO_3 15 – 30;

Тіосечовина 4 – 5;

ОС - 20 1,5 – 2;

i_k 4 – 5 А/дм²;

t° 15 – 30 °С;

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

pH 3,5 – 4,5.

При взаємодії оксиду цинку та борфтористоводневої кислоти отримується борфторид цинку, який є основним компонентом даного електроліту. Задля збільшення електропровідності необхідно до розчину ввести NH_4BF_4 .

Хлоридні електроліти цинкування

Використання хлоридних електролітів забезпечує швидке осадження цинку. Хлоридні електроліти мають вищу електропровідність, що у два рази перевищує електропровідність сульфатних електролітів, та кращу розсіювальну здатність. Проте їх застосування менш поширене через кілька причин:

- важкість отримання хімічно чистого хлориду цинку ZnCl_2 ;
- хлорид-іон є дуже активним, що спричиняє швидке пошкодження анодів та рівновагу між анодними та катодними процесами;
- недостатня промивка від хлорид-іонів може сприяти корозії цинкового покриття.

Приклад хлоридного розбавленого електроліту цинкування (г/л):

ZnCl_2	60 – 120;
KCl	180 – 230;
H_3BO_3	15 – 30;
Колсид К-250 С2Х	30 – 70;
Колсид К-250 Б	2,5 – 5,0.

Блискучі покриття на деталях складного профілю наносять за таких умов:

i_k 0,5 – 3,0 А/дм²;
 t° 15 – 30 °С;
pH 4,5 – 5,5.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для деталей простої конфігурації, яким є кутник, застосування хлоридного електроліту цинкування є найліпшим вибором з кількох причин, а саме:

1. Швидкість осадження: Хлоридні електроліти забезпечують високу швидкість осадження цинку. Це означає, що покриття може бути швидко формоване на поверхні деталі, зекономивши час виробництва.
2. Електропровідність: Електропровідність хлоридних електролітів у два рази вища, ніж у сульфатних. Це сприяє кращій розсіювальній здатності електроліту, що допомагає досягти рівномірного та стійкого покриття на поверхні деталі.
3. Універсальність: Хлоридний електроліт цинкування може бути використаний для різних металів, таких як сталь, мідь, латунь, алюміній та інші. Це дає можливість застосовувати один метод цинкування для різних типів деталей, спрощуючи виробничий процес.
4. Економічність: Хлоридний електроліт цинкування є досить доступним та економічним порівняно з фторборатним електролітом. Це дозволяє використовувати його для захисту великої кількості металевих виробів без значного впливу на виробничі витрати.

Отже, застосування хлоридного електроліту цинкування може бути найкращим вибором для деталей простої конфігурації, забезпечуючи ефективний захист від корозії, високу швидкість покриття.

1.4.1 Аноди

Використання цинкових анодів призводить до надмірного накопичення цинку у електролітичній ванні, що в свою чергу призводить до зниження розсіювальної та покривної здатності, погіршує якість осаду. Тому для анодів використовується нержавіюча сталь, яка не містить хрому у своєму складі.

1.5 Вибір завершальних операцій

Освітлення та пасивація. Освітлення робимо, як підготовчу операцію перед пасивацією, щоб зняти плівку з поверхні деталі та надати кращих

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

захисних властивостей. Пасивація робиться задля створення захисного шару, щоб надати більшої стійкості до корозії в агресивних середовищах.

Для проведення суміщеної операції освітлення-пасивування використовують розчин наступного складу (г/л):

Ангідрид хромовий CrO_3 10...15;

Кислота нітратна HNO_3 3...7;

Натрій сульфатний Na_2SO_4 10...15.

Процес проводять протягом 0,3...0,6 хв при температурі 18...25 °С.

Приготування і корегування електроліту проводять згідно ОСТ 107.460092.001-86.

1.6. Промивка деталей

Після кожного процесу початкових, завершальних операцій та гальванічного цинкування промивка деталей у воді є важливою. Основна мета промивки полягає у видаленні різних залишків та забруднень з поверхні деталей. Насамперед це видалення залишків розчинів.

Електрохімічне знежирення

Після процесу знежирення необхідно деталь промити в теплій воді за температури 40...50 °С протягом 0,25...0,5 хв. Після цього проводиться промивка в холодній проточній воді за температури 18...25 °С протягом 0,25...0,5 хв.

Травлення хімічне

Після травлення промиваємо деталь у холодній проточній воді тривалість 0,25...0,5 хв за температури 18...25 °С.

Активація

Після операції активування здійснюють промивання в холодній проточній воді при кімнатній температурі протягом 0,25...0,5 хв.

Гальванічне цинкування з хлоридного електроліту

Після гальванічного цинкування спочатку виконується промивка холодна у ванні уловлювання тривалістю 1,5...2 хв за цехової температури.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ванна уловлювання застосовується для видалення хімічних реагентів з поверхні деталей. Промивка уловлюванням допомагає видалити ці рештки, забезпечуючи чистоту та безпечність деталей.

Після холодної промивки у ванні уловлювання деталі промиваються в холодній проточній воді тривалістю 0,25...0,5 хв за цехової температури.

Освітлення та пасивація

Після суміщеного процесу освітлення + пасивація потрібно промити деталі у ванні уловлювання, задля того щоб промити її від залишків хрому, так як іони хрому можуть пришвидшити корозію деталей.

Після промивки у ванні уловлювання необхідно промити деталі у холодній проточній воді тривалістю 1,5...2 хв за цехової температури

Далі промиваються деталі у теплій воді тривалістю 0,25...0,5 хв за температури 40...50 °C

Після промивки деталі подаються на теплу сушку при температурі 50...60 °C та тривалістю 10...20 хв, потім здійснюється демонтаж деталей.

1.7 Контроль якості покриття

Контроль якості покриття є важливим етапом наприкінці процесу.

Тому наступні етапи перевірки на контроль якості отриманих покриттів:

1. Товщина покриття:

Щоб переконатися, чи покриття відповідає вимогам технічних специфікацій, слід перевірити його товщину за допомогою мікрометра або гальванічного товщиноміра, також можна використати крапельний метод перевірки товщини покриття. Якщо для перевірки обирається крапельний метод, необхідно взяти не менше 3 деталей від всієї партії на перевірку. Якщо для перевірки якості товщини покриття обирати гальванічний товщиномір або мікрометр необхідно взяти 1% від всієї партії деталей на перевірку.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Тест солевого туману: даний етап робиться задля того, щоб перевірити чи стійке покриття до корозії, тому деталі поміщають на певний період часу в атмосфері солевого туману.

3. Рівномірність покриття:

на всій поверхні має бути однакова товщина покриття цинку, тому для цього потрібно використати методи, такі як вимірювання товщини покриття на різних точках деталі.

4. Адгезія: метод, який базується на тому чи міцне зчеплення поверхні деталі з нанесеним покриттям. Щоб перевірити міцність зчеплення покриття з поверхнею деталей, необхідно: спершу візуально оцінити, тобто візуальний огляд покриття дозволяє виявити видимі дефекти, такі як тріщини, відшарування. Використовуються спеціальні освітлювальні пристрої, мікроскопи, лупи для детального огляду покриття; по-друге тест зніманням. Цей метод включає прикріплення до неї спеціального тестового матеріалу, який зазвичай має форму стрічки або плівки на покриття і потім розриванням. Якщо покриття належним чином зчеплене з поверхнею, стрічка або плівка залишиться на місці без будь-якого відшарування; Стандартні тести, які використовуються для вимірювання міцності адгезії, такі як тест на згин , зсув, відшарування або штампування. Ці тести вимагають спеціального обладнання та приладів для навантаження та вимірювання міцності покриття.

5. Тест на стійкість до зношування: випробування на зносостійкість цинкового покриття шляхом його навантаження або тертя задля переконання та оцінки його здатності витримувати механічні зношування.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1 – Технологічна карта процесу гальванічного цинкування

Операція	Склад розчину і концентрація		Режим		
	Найменування та хімічна формула компонентів	г/л	Час обробки, хв	Температура, °C	Густина струму, А/дм ²
Монтаж деталей на підвіску					
Знежирення хімічне	ГАРДОКЛЕАН 394	30...100	2...8	50...80	
Знежирення електрохімічне, анодне	Скло натрієве рідке $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$	20...25			
	Натрій їдкий NaOH	30...40			
	Тринатрійфосфат $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	15...20	2...3	60...70	2...10
	Добавка ДХТІ-НТ(МНТ) ТУ 6-36-5800151-506-94	2...3			
Промивка тепла			0,25...0,5	40...50	
Промивка холодна проточна			0,25...0,5	18...25	
Травлення хімічне	Кислота хлоридна HCl	200...250	1,5...3	18...25	
	Інгібітор	0,5...1			
Промивка в холодній проточній воді			0,25...0,5	18...25	
Активація	Кислота хлоридна HCl ГОСТ 857-78	50...100	0,5...1	18...25	
Промивка в холодній проточній воді			0,25...0,5	18...25	
Цинкування з хлоридного електроліту	ZnCl_2	70	16,3	21...48	0,5
	KCl	207			
	H_3BO_3	34			
	Колсид К-250 С 2Х	20			
	Колсид К-250 Б	1			
Промивка холодна у ванні уловлювання			1,5...2	18...25	
Промивка в холодній проточній воді			0,25...0,5	18...25	
Освітлення та пасивація	Хромовий ангідрид CrO_3	10..15	0,25...0,5	18...25	
	Кислота нітратна HNO_3	3...7			
	Натрій сірчаноокислий Na_2SO_4	10...15			
Промивка холодна у ванні уловлювання			1,5...2.0	18...25	
			ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лист
					30

Промивка в холодній проточній воді	1,5...2,0	18...25	
Промивка тепла	0,25...0,5	40...50	
Сушка тепла	10...20	50...60	
Демонтаж деталей з підвіски			
Контроль якості покриття			

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

2.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання цеху

Гальванічне підприємство конструюють беручи до уваги, що цех працює в дві зміни. Початковими матеріалами задля встановлення фонду часу роботи технічного забезпечення є режим роботи підприємства та затрати часу і підготовка обладнання. Встановлюється номінальний річний фонд часу роботи технічного забезпечення (T_n) та дійсного річного фонду часу праці технічного забезпечення (T_d).

Певний номінальний річний фонд часу роботи обладнання T_n при нерегулярному виробництві встановлюють рівність кількості календарних днів у році T_k (365) за врахуванням вихідних T_v (105) та святкових T_c днів. Тим не менш, під час дії військового стану всі святкові дні анульовано $T_c=0$. Також необхідно врахувати, що цех має вісім годин простою. Тобто, якщо працівники роблять у дві зміни на добу по 8 годин, то залишок часу цех не працює. Розрахуємо:

$$24 - (8 + 8) = 8 \text{ год}$$

Для п'ятиденного 40-годинного робочого тижня при двозмінній роботі:

$$T_n = ((365 - 105) \cdot \frac{40}{5} - 8) \cdot 2 = 4144 \text{ год}$$

Дійсний річний фонд часу роботи технічного забезпечення T_d встановлюється, на основі із T_n приймаючи до уваги загальні річні витрати часу на аварійні затримки технічного забезпечення, котрі в гальванічному виробництві при роботі автоматизованого технічного забезпечення у дві зміни складають 3% ($K_{пр}$):

$$T_d = T_n - K_{пр} \cdot T_n = 4144 - 0,03 \cdot 4144 = 4019,68 \text{ год}$$

2.2 Визначення виробничої програми обладнання

Щоб розрахувати річну виробничу програму P_p річне виробниче завдання P_z вимагається зростити по величині виправного браку виробів, які складають 2% ($K_{бр} = 0,02$) від P_z (квадратні метри площі):

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_p = P_3 + K_{\text{бр}} \cdot P_3 = 18000 + 0,02 \cdot 18000 = 18360 \text{ м}^2$$

Протягом доби виробнича програма становить:

$$P_{\text{доб}} = \frac{P_p}{T_{\text{доб}}} = \frac{18360}{260} = 71 \frac{\text{м}^2}{\text{день}},$$

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

Впродовж години виробнича програма $P_{\text{год}}$ становить:

$$P_{\text{год}} = \frac{P_p}{T_d} = \frac{18360}{4019,68} = 4,57 \frac{\text{м}^2}{\text{год}}$$

2.3 Розрахунок конструктивних розмірів ванни і коефіцієнту завантаження обладнання

Час, потрібний для виконання обробки однієї завантажувальної одиниці (підвіски або барабана з деталями) τ формується із двох величин:

$$\tau = \tau_m + \tau_{\text{об}},$$

де τ_m – технологічний час (тривалість обробки деталей у ванні) розраховуємо:

$$\tau_m = \frac{\delta_n \cdot d_m \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{V_c \cdot K_e \cdot i_k} = \frac{9 \cdot 7,133 \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{0,97 \cdot 1,22 \cdot 2} = 16,3 \text{ хв},$$

де δ_n – товщина покриття, мкм; d_m – густина металу покриття, г/см³; V_c – катодний вихід за струмом (доля одиниці); K_e – електрохімічний еквівалент, г/А год; i_k – середня катодна густина струму, А/дм².

Час, витрачений на обслуговування $\tau_{\text{об}}$ приймається за 2 хвилини. Тоді, тривалість обробки буде складати:

$$\tau = 16,3 + 2 = 18,3 \text{ хв}$$

Згідно з дійсним річним фонду часу роботи технічного забезпечення T_d та протягом обробки одного завантаження ванни τ розраховуємо обсяг оброблюваних завантажень n :

$$n = \frac{T_d \cdot 60}{\tau \cdot K_{\text{об}}} = \frac{4019,68 \cdot 60}{18,3 \cdot 1,05} = 12551,7,$$

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $K_{об}$ – коефіцієнт затрат часу на початковий запуск обладнання, кінцевого вивантаження ванни і на неосновні виконавчі дії, для двозмінного режиму роботи приймаємо 1,05.

Разове завантаження усіх ванн:

$$y_c = \frac{P_p}{n} = \frac{18360}{12551,7} = 1,5 \text{ м}^2$$

Внутрішні розміри ванни: 1500x630x1000. Зважаючи на ці розміри встановлюємо довжину l_n та висоту h_n підвісного пристрою:

$$l_n = l - 2l_1 = 1,5 - 2 \cdot 0,1 = 1,3 \text{ м},$$

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

$$h_n = h - h_1 - h_2 - h_3 = 1 - 0,15 - 0,05 - 0,1 = 0,7 \text{ м},$$

де h – внутрішня висота ванни, м; h_1 – відстань від дна ванни до нижнього краю підвіски (0,15...0,20); h_2 – відстань від верхнього краю підвіски до дзеркала електроліту (приймають 0,05 м); h_3 – відстань від дзеркала електроліту до верхнього краю ванни (0,10...0,15 м,).

Відстань між деталями повинна бути не менше 30 мм вздовж і 40мм в висоту. Розмір деталі 73x46 мм. Кількість деталей в ряд:

$$1300 = n_{д.р.} \cdot (46 + 30) + 30$$

$$n_{д.р.} = 16$$

Кількість деталей в висоту:

$$700 = n_{д.в.} \cdot (73 + 40) + 40$$

$$n_{д.в.} = 6$$

Загальні кількість деталей в одній ванні:

$$n_d = 96$$

Сумарна поверхня деталей S_n , які завантажують на одну підвіску:

$$S_n = S_d \cdot n_d = 0,00476 \cdot 96 = 0,457 \text{ м}^2$$

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

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$S_{03} = S_n \cdot N_d = 0,457 \text{ м}^2$$

де N_n – кількість підвісок, які одночасно завантажують у ванну. У разі використання підвіски рамової конструкції для однопозиційної ванни $N_n = 1$.

Визначаємо відстань між анодом і ближнім краєм підвіски з деталями l_{a-k} і тестуємо, чи відповідає вона визначеному стандартом значенню, яке повинно складати 0,10...0,25 м, що важливо для забезпечення максимальної рівномірності покриття. Для однопозиційних ванн, які найбільш поширені в промисловості, l_{a-k} складає, м:

$$l_{a-k} = \frac{B - B_{\Pi} - 2B_a - 2B_1}{2} = \frac{1 - 0,1 - 2 \cdot 0,02 - 2 \cdot 0,1}{2} = 0,22 \text{ м}$$

Кількість ванн для нанесення електроосадження цинку на поверхню деталі:

$$n_v = \frac{Y_c}{S_{03}} = \frac{1,5}{0,457} = 3,3 \approx 4$$

Визначаємо річну продуктивність вибраного обладнання, P_p' :

$$P_p' = S_{03} \cdot n_v \cdot \frac{T_d \cdot 60}{\tau \cdot K_{об}} = 0,457 \cdot 4 \cdot \frac{4019,68 \cdot 60}{18,3 \cdot 1,05} = 22944,5 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт завантаження:

$$K_{зав.} = \frac{P_p}{P_p'} = \frac{18360}{22944,5} = 0,8$$

Коефіцієнт завантаження знаходиться в межах рекомендованих значень, які становлять 0,75-0,95.

2.4 Баланс напруги на гальванічній ванні

Напруга на ванні U формується через відмінність електродних потенціалів анода і катода під силою струму $E_a - E_k$, омичного падіння напруги в електроліті $\Delta U_{ом}$ а також в провідниках першого роду, таких як електроди, струмопідводи у ваннах, штанги ΔU_1 та в контактах ΔU_k :

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

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_a - E_k = -0,75 - (-0,88) = 0,13 \text{ В}$$

Середня густина струму, яка проходить скрізь електроліт:

$$i_{\text{cp}} = \sqrt{i_k i_a} = \sqrt{200 \cdot 30} = 77,46 \text{ А/м}^2$$

Омічне падіння напруги:

$$\Delta U_{\text{ом}} = K \cdot i_{\text{cp}} \cdot l_{a-k} \cdot \rho_e = 1,20 \cdot 77,46 \cdot 0,22 \cdot 0,156 = 3,2 \text{ В,}$$

де i_{cp} – середня густина струму в міжелектродному просторі, А/м²; l_{a-k} – відстань від анода до краю підвіски з деталями; ρ_e – питомий електричний опір електроліту, Ом·м.

Падіння напруги у провідних першого, а також в контактах другого роду та контактах, яке не перевищує 10% загальної напруги на ванні.

Загальна напруга на ванні становить:

$$U = 1,1 \cdot (E_a - E_k + \Delta U_{\text{ом}} + \Delta U_1 + \Delta U_k) = 1,1 \cdot (0,13 + 3,2) = 3,7 \text{ В}$$

Таблиця 2.1 – Баланс напруги

Надходження	U, В	%	Витрати	U, В	%
Напруга на ванні	3,7	100	Різниця електродних потенціалів під струмом	0,13	3
			Падіння напруги в електроліті	3,2	88,6
			Падіння напруги в контактах і провідниках	0,37	8,4
Разом	3,7	100		3,7	100

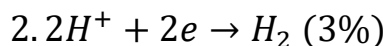
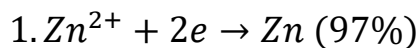
2.5 Баланс кількості електрики на гальванічній ванні

Для вибору джерела живлення постійним струмом необхідно розрахувати силу струму, яка потрібна на ванні. Сила струму на однопозиційній ванні вираховується як добуток катодної густини струму помноженої на площу деталей одноразового завантаження та на коефіцієнт:

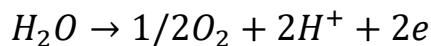
$$I = K \cdot i_k \cdot S_{\text{оз}} = 1,08 \cdot 200 \cdot 0,457 = 98,7 \text{ А,}$$

де K – обираємо в межах від 1,03 до 1,15, який враховує витрати електрики на осадження металу на контактах підвісного пристрою.

Вихід за струмом цинку 97% на катоді:



На аноді:



$$I_i = I \cdot \text{Вс}_i$$

$$I_{Zn} = 98,7 \cdot 0,97 = 95,7 \text{ A}$$

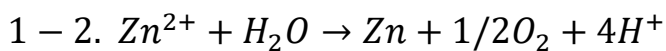
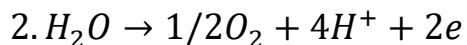
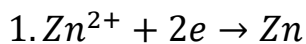
$$I_{H_2} = 98,7 \cdot 0,03 = 4,3 \text{ A}$$

Таблиця 2.2 – Баланс електрики

Надходження	Q, А	%	Витрати	Q, А	%
На катоді: від зовнішнього джерела струму	98,7	100	Виділення цинку Виділення водню	95,7 4,3	97 3
Разом	98,7	100	Разом	98,7	100
На аноді: від зовнішнього джерела струму	98,7	100	Виділення кисню	98,7	100
Разом	98,7	100	Разом	98,7	100

2.6 Розрахунок споживання електроенергії та вибір джерела живлення

Сумарний процес утворення цинку:



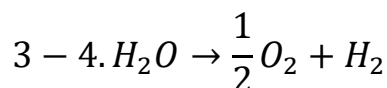
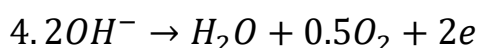
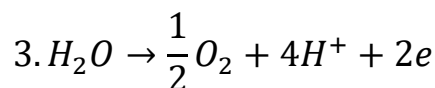
Зміна ентальпії сумарної реакції 1-2:

$$\Delta H_{1-2}^0 = \Delta H_{Zn^{2+}}^0 + \Delta H_{H_2O}^0 - \Delta H_{Zn}^0 - \frac{1}{2} \Delta H_{O_2}^0 - 4 \cdot \Delta H_{H^+}^0$$

$$= -348,11 - 286 - 0 - \frac{1}{2} \cdot 0 - 4 \cdot 0 = -634,11 \text{ кДж/моль}$$

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Решта електрохімічних процесів:



$$\Delta H_{3-4}^0 = \Delta H_{H_2O}^0 - \frac{1}{2} \Delta H_{O_2}^0 - \Delta H_{H_2}^0 = -286 - \frac{1}{2} \cdot 0 - 0 = -286 \text{ кДж/моль}$$

Хімічна енергія відображає перетворення матеріального стану, що відбувається під час проведення електрохімічних реакцій в електролізері. Знаходимо хімічну енергію за формулою:

$$\begin{aligned} W_{\text{хім}} &= -3,6 \cdot \tau \cdot I \cdot \left(\frac{\Delta H_{1-2}^0 \cdot V_c}{2 \cdot 96,5} + \frac{\Delta H_{3-4}^0 \cdot V_c}{2 \cdot 96,5} \right) = \\ &= -3,6 \cdot 98,7 \cdot \frac{18,3}{60} \cdot \left(\frac{-634,11 \cdot 0,97}{2 \cdot 96,5} + \frac{-286 \cdot 0,03}{2 \cdot 96,5} \right) \\ &= 350,2 \text{ кДж/год} \end{aligned}$$

Електрична енергія, яка споживається на проведення процесу в одній ванні за одну астрономічну годину, встановлюється шляхом застосування формули:

$$W_{\text{заг}} = U \cdot I \cdot \tau \cdot 3,6 = 3,6 \cdot 98,7 \cdot \frac{54,4}{60} \cdot 100 \cdot 3,7 = 119198,02 \text{ кДж/год}$$

Джоулева енергія, яка витрачається на нагрівання електроліту і є важливою при складанні теплового балансу, повинна бути врахована:

$$W_{\text{дж}} = W_{\text{заг}} - W_{\text{хім}} = 119198,02 - 350,2 = 118847,82 \text{ кДж/год}$$

Таблиця 2.3 – Баланс енергії

Прихід	W, кДж	%	Витрати	W, кДж	%
Електрична енергія від джерела струму	119198,02	100	Джоулева теплота	118847,82	99,3
			Хімічна енергія	350,2	0,7
Разом	119198,02	100	Разом	119198,02	100

Сумарні витрати електричної енергії на виконання річної виробничої програми розраховують як:

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W = W_e + W_a + W_c + W_b,$$

де W_e – витрати електроенергії на електроліз, кВт·год; W_a – витрати електроенергії автооператорами; W_c – витрати електроенергії сушильної камерою, кВт·год; W_b – витрати електроенергії двигуном загальної вентиляції, кВт·год.

Електроенергія, що витрачається під час електролізу:

$$W_e = \frac{(I \cdot U_i \cdot \tau \cdot N_{03})}{1000 \cdot 0,82} = \frac{98,7 \cdot 3,7 \cdot \frac{54,4}{60} \cdot 40175,1}{1000 \cdot 0,82} = 16222,2 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

де I – струм на ванні, А; U_i – напруга на ванні, В; τ – тривалість обробки однієї завантажувальної одиниці, год; N_{03} – кількість завантажень (підвісок) за рік, визначається як P_p/S_{03} ; 0,82 – ККД джерела струму.

Електроенергія, яка споживається автооператорами:

$$W_a = \frac{N_{03} \cdot (T_1 \cdot N_r + T_2 \cdot N_B)}{\text{ККД}} = \frac{40175,1 \cdot (20,36 \cdot 0,8 + 0,027 \cdot 0,8)}{0,82} = 799072,9 \text{ кВт},$$

де T_1 та T_2 – тривалість необхідна автооператору для здійснення горизонтального і вертикального переміщення протягом одного циклу, год; N_r та N_B – потужність двигунів горизонтального і вертикального переміщення автооператора.

Електроенергія, що використовується сушильною камерою:

$$W_c = \frac{N_{03} \cdot (N_{nc} + N_{bc}) \cdot T_c}{\text{ККД}} = \frac{40175,1 \cdot (60 + 1) \cdot \frac{15}{60}}{0,82} = 747158,9 \text{ кВт},$$

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де N_{nc} – потужність електронагрівача сушильної камери, кВт; $N_{\text{вс}}$ – потужність вентилятора сушильної камери, кВт; T_c – час сушки підвісок в сушильній камері, год.

Електроенергія, яка використовується двигуном загальної вентиляції:

$$W_v = \frac{N_{\text{зв}} \cdot T_d}{\text{ККД}} = \frac{40 \cdot 4019,68}{0,82} = 196081,95 \text{ кВт},$$

де $N_{\text{зв}}$ – потужність електродвигуна загальної вентиляції, кВт; T_d – дійсна річна тривалість роботи технічного забезпечення.

$$W = 16222,2 + 799072,9 + 747158,9 + 196081,95 = 1\,758\,535,95 \text{ кВт}$$

З урахуванням інтенсивності струму і напруги на ванні ми обираємо джерело струму з типом «SMART GVI 15/100», з регулюванням вихідної напруги в межах 0,1-15 та діапазоном струму від 10 до 100 А.

Для вибраного джерела коефіцієнт навантаження:

$$K = \frac{N_{\text{дс}}}{N_{\text{пасп}}} = \frac{U \cdot I \cdot 10^{-3}}{N_{\text{пасп}}} = \frac{3,7 \cdot 98,7 \cdot 10^{-3}}{4,8} = 0,08,$$

де $N_{\text{дс}}$ – потужність, необхідна для виконання завданої програми, $N_{\text{пасп}}$ – паспортна потужність вибраного агрегату [7].

2.7 Тепловий розрахунок гальванічних ван, які працюють за кімнатної температури

Під час нанесення гальванічних покриттів вивільнюється достатня кількість теплоти і це інколи призводить до більшого розігріву електроліту ніж є дозволеним.

Розрахуємо максимальну можливу температуру розігріву ванни:

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_k^0 = 20 + \frac{W_{дж}}{V_1 C_1 d_1 + C_2 m_2 + C_3 m_3}$$

$$= 20 + \frac{39747,6}{1 \cdot 3920 \cdot 1100 + 500 \cdot 202,6 + 500 \cdot 90,4} = 20,01 \text{ } ^\circ\text{C}$$

де C_1 – питома масова теплоємність електроліту – 3920 Дж/кг·К; d_1 – густина електроліту – 1130 кг/м³; C_2 – теплоємність сталі – 500 Дж/кг·К; C_3 – теплоємність матеріалу з якого виготовлений анод – 500 Дж/кг·К; m_3 – маса анодів у ванні.

Об'єм електроліту :

$$V_1 = K_{зап} \cdot V_{вани} = 0,8 \cdot 0,95 = 0,76 \text{ м}^3$$

Маса ванни:

$$m_2 = ((1,508 \cdot 0,638 \cdot 1,01) - (1,5 \cdot 0,63 \cdot 1)) \cdot 7850 = 202,6 \text{ кг}$$

Так, як максимальна температура нагрівання в межах допустимої, то охолодження ванни не знадобиться.

Температура електроліту становить 20 °С.

2.8 Розрахунок витрат анодів

Витрата анодів на початковий запуск обладнання:

$$G_{аз} = K_1 \cdot K_2 \cdot n_{аш} \cdot l_{в} \cdot h_{в} \cdot \delta_a \cdot d_a \cdot n_{в} = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 0,002 \cdot 7850 \cdot 4$$

$$= 90,4 \text{ кг}$$

Витрати нерозчинних анодів на річне виробництво:

$$G_{аз} = S \cdot A_{н} \cdot 10^{-3} = 18360 \cdot 7,5 \cdot 10^{-3} = 137,7 \text{ кг}$$

Норма витрат анодів:

$$A_{н} = d_{м} \cdot (1 + 0,06) \cdot 10^{-6} = 7100 \cdot (1 + 0,06) \cdot 10^{-6} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^2$$

2.9 Розрахунок витрат хімічних реактивів

Задля розрахунку витрати всіх компонентів електроліту, потрібно провести розрахунок за такою формулою:

$$G_i = C_i \cdot V_{в} \cdot K_{зап} \cdot n_{в}$$

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де C_i – це концентрація певного компонента, кг/м³; V_B – це об'єм ванни;
 $K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт заповнення ванни (0,7...0,9).

$$G_{ZnCl_2} = 70 \cdot 0,95 \cdot 0,8 \cdot 4 = 212,8 \text{ кг}$$

$$G_{KCl} = 207 \cdot 0,95 \cdot 0,8 \cdot 4 = 629,3 \text{ кг}$$

$$G_{H_3BO_3} = 34 \cdot 0,95 \cdot 0,8 \cdot 4 = 103,4 \text{ кг}$$

$$G_{\text{Колсид К-250 С2Х}} = 20 \cdot 0,95 \cdot 0,8 \cdot 4 = 60,8 \text{ кг}$$

$$G_{\text{Колсид К-250 Б}} = 1 \cdot 0,95 \cdot 0,8 \cdot 4 = 3,04 \text{ кг}$$

Розрахуємо об'єм ванни:

$$V_B = 1,5 \cdot 0,63 \cdot 1 = 0,95 \text{ м}^3$$

Тепер порахуємо витрати кожного компонента за рік:

$$G_i = C_i \cdot V_{\text{вт}}$$

Об'єм електроліту:

$$V_{\text{вт}} = 1,15 \cdot S \cdot A_e = 1,15 \cdot 18360 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} = 2,1 \text{ м}^3$$

$$G_{ZnCl_2} = 70 \cdot 2,1 = 147 \text{ кг}$$

$$G_{KCl} = 207 \cdot 2,1 = 434,7 \text{ кг}$$

$$G_{H_3BO_3} = 34 \cdot 2,1 = 71,4 \text{ кг}$$

$$G_{\text{Колсид К-250 С2Х}} = 20 \cdot 2,1 = 42 \text{ кг}$$

$$G_{\text{Колсид К-250 Б}} = 1 \cdot 2,1 = 2,1 \text{ кг}$$

2.10 Розрахунок витрат води. Витрати води для приготування електроліту.

Скористаємось формулою:

$$G'_{H_2O} = C_{H_2O} \cdot V_{\text{заг}} = 768 \cdot 5,14 = 3947,5 \text{ кг}$$

де C_{H_2O} – вміст води в одному м³ електроліту, кг/м³; $V_{\text{заг}}$ – сумарні витрати електроліту.

Знайдемо вміст води в одному м³ електроліту:

$$\begin{aligned} C_{H_2O} &= d_{\text{ел}} - (C_{ZnCl_2} + C_{KCl} + C_{H_3BO_3} + C_{\text{Колсид К-250 С2Х}} + C_{\text{Колсид К-250 Б}}) \\ &= 1100 - (70 + 207 + 34 + 20 + 1) = 768 \text{ кг/м}^3 \end{aligned}$$

Знайдемо сумарні витрати електроліту:

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{в}} \cdot K_{\text{зап}} \cdot n_{\text{в}} + V_{\text{вт}} = 0,95 \cdot 0,8 \cdot 4 + 2,1 = 5,14 \text{ м}^3$$

Витрати води на винесення із газами

Витрати води на винесення із газами розраховується за формулою:

$$C'''_{\text{H}_2\text{O}} = C'_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V_{\text{г}} = 0,15 \cdot 111,3 = 16,7 \text{ м}^3$$

Вміст води котрий виноситься з ванни:

$$C'_{\text{H}_2\text{O}} = 0,805 \cdot \frac{P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{г}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}} = 0,805 \cdot \frac{154,8}{1013,25 - 154,8} = 0,15 \text{ кг/м}^3$$

Об'єм водню:

$$V_{\text{H}_2}^0 = 0,418 \cdot I \cdot T_{\text{д}} \cdot V_{\text{с}}' \cdot 10^{-5} = 0,418 \cdot 98,7 \cdot 4019,68 \cdot 3 \cdot 10^{-5} = 5 \text{ м}^3$$

Об'єм кисню:

$$V_{\text{O}_2}^0 = 0,209 \cdot I \cdot T_{\text{д}} \cdot V_{\text{с}}' \cdot 10^{-5} = 0,209 \cdot 98,7 \cdot 4019,68 \cdot 100 \cdot 10^{-5} = 82,9 \text{ м}^3$$

Об'єм газів:

$$V_{\text{г}}^0 = V_{\text{H}_2}^0 + V_{\text{O}_2}^0 = 5 + 82,9 = 87,9 \text{ м}^3$$

Витрати води на розкладання при електролізі

Витрати води на розкладання знаходяться за такою формулою:

$$C''_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{I \cdot 18 \cdot T_{\text{д}} \cdot V_{\text{с}}'}{2 \cdot 26,8} \cdot 10^{-5} = \frac{98,7 \cdot 18 \cdot 4019,6 \cdot 3}{2 \cdot 26,8} \cdot 10^{-5} = 4 \text{ кг}$$

Витрати води на випаровування з поверхні електроліту

Порахуємо за такою формулою:

$$C^{IV} = T_{\text{д}} \cdot S_{\text{е}} \cdot q_{\text{H}_2\text{O}} \cdot n_{\text{в}} = 4019,68 \cdot 1,792 \cdot 0,26 \cdot 4 = 7491,4 \text{ кг}$$

де $S_{\text{е}}$ – площа поверхні дзеркала електроліту, м^2

Витрати води на промивні операції

При технологічному процесі достатню увагу приділяють промивним операціям, відповідно витрати води також враховуються і в цих операціях.

Для початку визначимо критерій остаточного промивання:

$$K = \sqrt{\frac{C_0}{C_{\text{к}}}} = \sqrt{\frac{70}{0,01}} \cdot 0,4 = 52,9$$

Для двухкаскадного промивання погодинні витрати води скористаємось такою формулою:

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2V_{\text{год}} = A_e \cdot \sqrt{K} \cdot P_{\Gamma} = 0,1 \cdot 52,9 \cdot 4,57 = 24,2 \text{ л/год}$$

$$P_{\Gamma} = \frac{P_p}{T_d} = \frac{18360}{4019,68} = 4,57$$

Сумарні витрати води на промивні операції:

$$V_{\text{сум}} = 2V_{\text{год}} \cdot T_d \cdot 1,5 = 24,2 \cdot 4019,68 \cdot 1,5 = 145914,4 \text{ дм}^3$$

Загальна витрата води:

$$\sum V_{H_2O} = 5,14 + 7491,4 + 16,7 + 4 + 145914,4 = 155,43 \text{ м}^3$$

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ЕКОНОМІКО – ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

3.1 Підприємство у промисловій структурі держави

Для того щоб організувати гальванічний процес за діючою «Галузевої інструкції з планування, обліку виробництва та калькуляції собівартості на підприємствах хімічної промисловості», потрібно оцінити повну собівартість продукції та обчислити техніко-економічні показники гальванічного цеху.

Задля того, щоб зробити висновки про ефективність створення виробничого цеху необхідно провести математичні обчислення техніко-економічних характеристик.

Юридична форма: мале підприємство.

Критерії класифікації підприємства:

1. Форма власності – приватне підприємство;
2. Форма реєстрації – юридична особа;
3. Спеціалізація виробництва – одноаспектний;
4. Масштаб виробництва – вузькоспеціалізоване;
5. За ресурсами – матеріаломістке;
6. За потужністю – середнє;
7. Чисельність персоналу – мала;
8. Вартість власного майна – середнє;
9. За впливом на предмет праці – переробне;
10. Режим роботи протягом року – позасезонне;
11. Призначення продукції – промислове призначення.

Мета діяльності: забезпечення потреб у промисловості машинобудуванні.

Основні завдання підприємства:

1. Виконання вимог споживачів, у виробництві якісної продукції, у відведений час.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Виконання вимог працівників та всього персоналу підприємства сприятливими умовами праці та стабільною заробітною платою.

3. Забезпечення безперебійної роботи підприємства або ж хоча б мінімізація ризику збоїв у роботі підприємства.

4. Отримання прибутку внаслідок здійсненню та реалізацією споживачем випущеного товару.

Схематичне зображення організаційної структури відділу хімічного підприємства для нанесення гальванічного електроосадження цинку: лінійна структура.

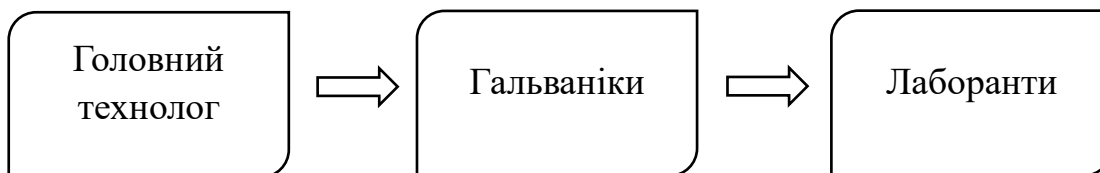


Рис. 3.1. Організаційна структура відділу хімічного підприємства по гальванічному електроосадження цинку

3.2 Технологічна підготовка виробництва

Класифікаційна система виробничих процесів підприємства.

Електроосадження цинкового покриття на сталеві деталі здійснюється за технологічною схемою, що базується на операціях нижче наведених у таблиці.

Таблиця 3.2.1 Класифікаційна система виробничих процесів

№	Назва операції	Час виконання, хв
1	2	3
1	Закупівля і транспортування сировини	120
2	Приготування розчинів	30
3	Підготовка деталей	15
4	Монтаж деталей	5
5	Знежирення хімічне	8
6	Знежирення	3

	електрохімічне	
7	Тепла промивка	0,5
8	Промивка холодною водою	0,5
9	Травлення хімічне	3
10	Промивка холодна проточна	0,5
11	Активація	1
12	Промивка в холодній воді	0,5
13	Цинкування	18,3
14	Промивка холодна у ванні уловлювання	2
15	Промивка в холодній проточній воді	0,5
16	Освітлення + Пасивація	0,5
17	Промивка холодна у ванні уловлювання	2
18	Промивка холодна проточна	0,5
19	Промивка тепла	0,5
20	Сушіння	15
21	Демонтаж деталей з підвісок	5
22	Контроль якості	10
23	Пакування та відправлення продукції на склад	-
	Усього:	239,8

Річна програма 18000 м². Визначаємо оптимальний вид руху за формулою:

$$P_p = P_z + K_{бр} \cdot P_z = 18000 + 0,02 \cdot 18000 = 18360 \text{ м}^2/\text{рік}$$

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

Добова виробнича програма:

$$P_{доб} = \frac{P_p}{T_{доб}} = \frac{18360}{260} = 71 \text{ м}^2/\text{день}$$

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

Розробляємо виробничий режим на дві зміни в день:

$$P_{змін} = \frac{P_{доб}}{N_{змін}} = \frac{71}{2} = 35,5 \text{ м}^2/\text{зміна}$$

Для того щоб забезпечити виробничу програму необхідно розрахувати кількість завантажень за зміну, розрахунок за формулою:

$$m = \frac{P_{змін}}{U_c} = \frac{35,5}{1,5} = 23,6 = 24 \text{ завантажень/зміну}$$

U_c – площа разового завантаження гальванічної ванни цинкування, було розрахована U_c у технологічних розрахунках.

Сумарний час всіх операцій по технологічній карті процесу був розрахований у наведеній вище таблиці 3.1.

Розраховуємо випуски для різного ВРПП:

1. Для послідовного ВРПП:

$$N_{завант.} = \frac{T_{в.ц.}^{посл}}{\sum_{i=1}^{23} t_i} = \frac{16 \cdot 60}{239,8} \approx 4 \text{ разів}$$

$$B_{посл}^{Річ} = 4 \cdot 260 \cdot 1,5 = 1560 \text{ м}^2$$

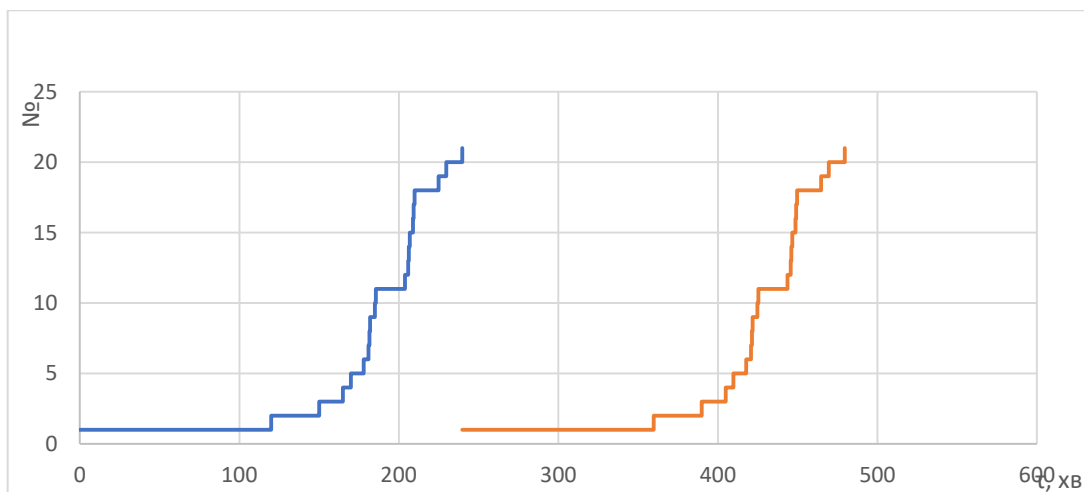


Рис 3.2.1 Графік послідовного ВРПП

2. Для паралельного ВРПП:

$$N_{\text{завант.}} = \frac{T_{\text{в.ц.}}^{\text{пар}} + t_{\text{max}} - \sum_{i=1}^{23} t_i}{t_{\text{max}}} = \frac{16 \cdot 60 + 120 - 239,8}{239,8} = 3,5$$

≈ 4 разів

$$B_{\text{посл}}^{\text{Річ}} = 4 \cdot 260 \cdot 1,5 = 1560 \text{ м}^2$$

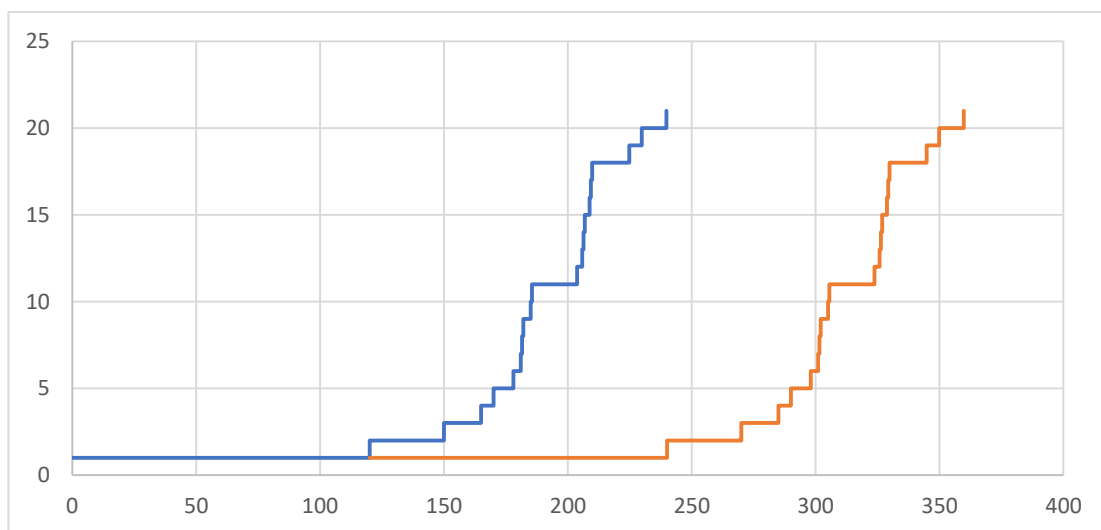


Рис 3.2.2 Графік паралельного ВРПП

3. Для синхронізованого ВРПП:

При синхронізованому ВРПП кожна слідуюча операція робиться з ритмом R, яку розраховуємо за наведеною формулою нижче:

$$R = \frac{T_{\text{в.ц.}} - \sum_{i=1}^{23} t_i}{N_{\text{планові}}} = \frac{16 \cdot 60 - 239,8}{48} \approx 15$$

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Для забезпечення річної програми обираємо необхідну мінімальну кількість завантажень. Вище було розраховано, що кількість завантажень яка нам потрібна становить 7 завантажень/змін. Потрібно дві зміни для 14 завантажень. Розраховуємо за формулою:

$$N_{\text{завантажень}} = 48 = \frac{T_{\text{в.ц.}}^{\text{синх}} + R - \sum_{i=1}^{23} t_i}{R} = \frac{16 \cdot 60 + 15 - 239,8}{15} \approx 49 \text{ разів}$$

$$V_{\text{синх}}^{\text{річ}} = 49 \cdot 260 \cdot 1,5 = 19110 \text{ м}^2$$

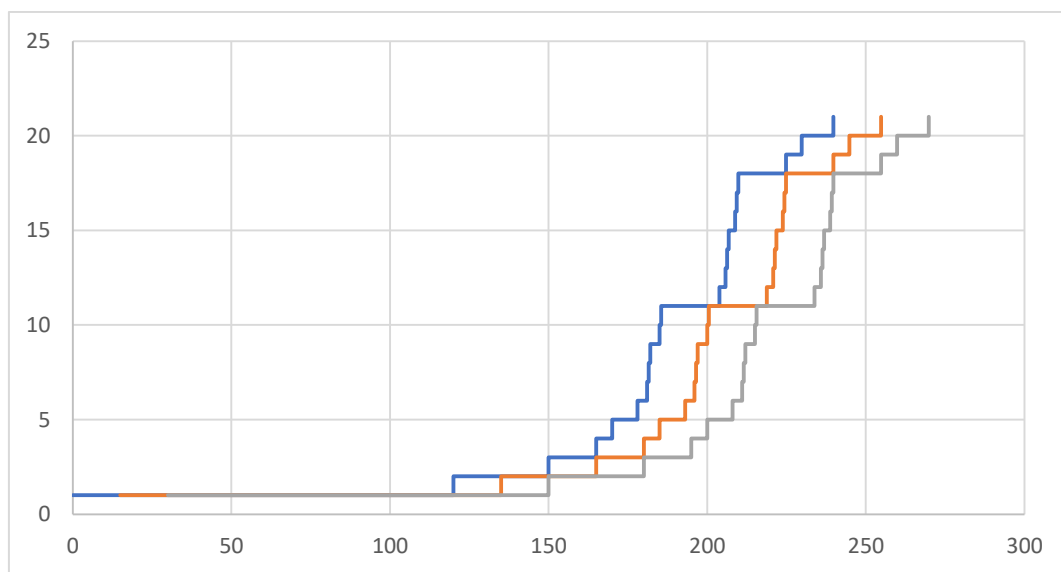


Рис 3.2.3 Графік синхронізованого ВРПП

Після перегляду наведених графіків можемо зробити висновок що потрібно обрати синхронізований ВРПП з ритмом 15 хв. Кількість завантажень становить 49 разів за один робочий день при синхронізованому ВРПП.

Задля того, щоб виконати дану робочу програму необхідно наступна кількість обладнання: хімічне знежирення – 1, електрохімічне знежирення – 1, проточної холодної промивки - 2, проточна тепла промивка – 1, травлення – 1, ванна уловлювання – 2, електрохімічне цинкування – 5, освітлення та пасивація – 1, сушарні прилади – 1. Отже, сумарна кількість обладнання для процесу електроосадження цинку становить 15 одиниць.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Чисельність робітників на виробництві – явочна. Для того щоб виконати робочий план на день на виробництві необхідно мінімум три працівники на одну зміну а саме: 1 лаборант, 1 гальванік, 1 технолог.

$$Ч_{\text{яв.}} = 3 \text{ особи}$$

Чисельність персоналу за списком:

$$Ч_{\text{сп.}} = Ч_{\text{яв.}} \cdot K_{\text{пер.}} = Ч_{\text{яв.}} \cdot \frac{T_{\text{рік підп.}}}{T_{\text{рік прац.}}} = 3 \cdot \frac{\frac{16}{24} \cdot 260}{\frac{8}{24} \cdot 260} = 6 \text{ осіб}$$

Графік роботи гальванічного виробництва складає:

Понеділок - П'ятниця 6.00-22.00

Графік змін. В склад одної бригади входить 1 лаборант, 1 гальванік, 1 технолог.

Таблиця 3.2 Графік змін

дні прац	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Бригада 1	1	1	1	1	1	в	в	2	2	2	2	2	в	в	1	1	1	1	1	в	в
Бригада 2	2	2	2	2	2	в	в	1	1	1	1	1	в	в	2	2	2	2	2	в	в

Пояснення. «В» - вихідний день; «1» - перша зміна (06:00-14:00 год);
«2» - друга зміна (14:00-22:00 год).

Технічний контроль.

Пункти контролю:

1. Сировинні ресурси;
2. Технологічні процеси та устаткування;
3. Кінцевий продукт;
4. Напівфабрикатні вироби власного виготовлення;
5. Тара, пакувальний матеріал, транспортне забезпечення;
6. Допоміжні процеси при потребі (ремонт, зберігання у складському приміщенні).

Суб'єкти контролю:

1. Головний технолог.

Вид контролю:

1. Технічний рівень – ручний;
2. За параметрами – геометричний, доброякісний;
3. Стадійність процесу – вхідний, поточний, вихідний;
4. Охоплення об'єкту контролю – груповий;
5. За обсягом – вибірковий.

3.3 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

Таблиця 3.3 – Склад основних фондів підприємства

№	Найменування обладнання	Кількість одиниць	Вартість, грн
1	Ванна промивання в проточній холодній воді	2	25000
2	Ванна хімічного знежирення	1	11000
3	Ванна електрохімічного знежирення	1	12000

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4	Ванна хімічного травлення	1	10000
5	Ванна цинкування	5	60000
6	Ванна освітлення та пасивації	1	11000
7	Ванна промивання в проточній теплій воді	1	14000
8	Ванна промивання у ванні уловлювання	2	46000
9	Система автоматизації	2	32000
10	Сушильна шафа	1	12000
11	Будівлі і споруди	-	450000
12	Трубопроводи	-	68000
13	Нематеріальні активи	-	29000
Усього:		17	780000

Таблиця 3.4 – Тарифна сітка підприємства

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

Таблиця 3.5 – Фонд заробітної плати цеху гальванічних покриттів

Посада	Кількість осіб	Тарифний розряд	Тарифний коефіцієнт	Тарифна ставка, грн/год	Заробітна плата, грн	
					За день	За рік
Головний технолог	2	17	3	108	864	224640
Гальванік	2	14	2.42	87,12	696,96	181209,6
Лаборант	2	12	2.12	76,32	610,56	158745,6
Всього	6				4343,04	1 129 190,4

Примітка. Тарифна ставка однієї години роботи для працівника цеху першого розряду становить 36 грн.

Тоді нарахування на ЗП:

$$H = 0,22 \cdot 1\,129\,190,4 = 248\,421,9 \text{ грн/рік}$$

Амортизація основних фондів:

1. Амортизація будівель та споруд:

$$A_{\text{обл}} = \frac{H_a^{\text{буд}}}{T_{\text{ек}}} = \frac{450000}{20} = 22500 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

2. Амортизація обладнання:

$$A_{\text{обл}} = \frac{H_a^{\text{обл}}}{T_{\text{ек}}} = \frac{233000}{5} = 46600 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

3. Амортизація нематеріальний активів:

$$A_{\text{нм.а.}} = \frac{H_a^{\text{нм.а.}}}{T_{\text{ек}}} = \frac{29000}{12} = 2416,67 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

4. Амортизація трубопроводів:

$$A_{\text{тр}} = \frac{H_a^{\text{тр}}}{T_{\text{ек}}} = \frac{68000}{15} = 4533,3 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

5. Всього:

$$A = 22500 + 46600 + 2416,67 + 4533,3 = 76049,97 \text{ грн/рік}$$

3.4 Вартість електроенергії та річних оборотних фондів

Потрібно розрахувати затрати на електроенергію, беручи до уваги, що 1кВт електроенергії для підприємства становить від 8 грн/кВт

Отже, на рік споживання енергії витрати сягають:

$$V_{\text{ел}} = W_{\text{сумм}} \cdot \text{Ц}$$

$$V_{\text{ел}} = 1\,758\,535,95 \cdot 8 = 14\,068\,287,6 \text{ грн/рік}$$

Де Ц – ціна за 1кВт споживаної енергії, обираємо середнє значення 8 грн/кВт; W – сумарні витрати електричної енергії на виконання річної виробничої програми, яка обрахована в розділі 2.6.

Таблиця 3.6 Річні оборотні фонди виробництва

					Лист
Найменування					Вартість, грн
Хлорид цинку					12495
Борна кислота					14345,1
ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ					54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Хлорид калію	15 грн/кг	71,4	1071
Колсид К-250 С2х	10 грн/кг	42	420
Колсид К-250 Б	1 грн/кг	2,1	2,1
Вода, грн/м ³	29,6 грн/м ³	155,43	4600,7
Електроенергія, грн/МВт	8 грн/кВт	36296,832	2034133,75
Всього			2 067 064,65

$$B_{\text{вод}} = 155,43 \cdot 29,6 = 4600,7 \text{ грн/рік}$$

3.5 Техніко-економічні показники

Вартість оборотних засобів підприємства:

$$O63 = B_{\text{сир}} + B_{\text{зар}} + H = 2067064,65 + 1129190,4 + 248421,9 = 3444676,95 \text{ грн/рік}$$

Річна виробнича собівартість продукції:

$$C_{\text{п}} = O63 + A = 3444676,95 + 76049,97 = 3520726,92 \text{ грн/рік}$$

Цехова собівартість одиниці продукції:

$$C_{\text{ц}} = C_{\text{п}} \cdot 1,2 = 3520726,92 \cdot 1,2 = 4224872,30 \text{ грн/рік}$$

Заводська собівартість одиниці продукції:

$$C_3 = C_{\text{ц}} \cdot 1,8 = 4224872,30 \cdot 1,8 = 7604770,14 \text{ грн/рік}$$

Де 1,8 це витрата на обслуговування всього гальванічного підприємства, яка припадає на даний цех:

$$C = \frac{C_3}{P_p} = \frac{7604770,14}{18360} = 414,2 \text{ грн/м}^2$$

1. Враховуючи, що ціна готового продукту становить $C=400$ грн/м², тоді прибуток:

$$П = C - C = 484,50 - 414,2 = 70,3 \text{ грн/м}^2$$

2. Рентабельність виробництва:

$$P = \frac{П}{C} \cdot 100 = \frac{70,3}{414,2} \cdot 100\% = 17\%$$

3. Капіталовкладення:

$$K = O63 + OF = 3444676,95 + 780000 = 4224676,95 \text{ грн}$$

4. Період повернення капіталовкладення:

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$T = \frac{K}{C_3} = \frac{4224676,95}{7\,604770,14} = 0,6 \text{ року}$$

5. Ефективність підприємства:

$$E = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,6} = 1,7$$

6. Фондовіддача:

$$\Phi = \frac{Ц \cdot P_p}{OF} = \frac{484,50 \cdot 18360}{780000} = 11,4 \text{ грн/грн}$$

7. Фондоємність:

$$\Phi E = \frac{1}{\Phi} = \frac{1}{11,4} = 0,09 \text{ грн/грн}$$

Тож висновком процесу у розділі економіко – організаційних розрахунків було прораховано основні техніко-економічні параметри цеху з набуття цинкового покриття на основу деталі та повна собівартість виробу. З нього ми дізналися собівартість нашого продукту, яка становить 414,2 грн/м², період повернення капіталовкладення очікується 0,6 року, а рентабельність становитиме 17% .

Тож, результати які були розраховані в даному економічному розділі підтверджують доцільність гальванічного підприємства з цинкового покриття.

3.6 Індивідуальне завдання

Організація процесів контролю якості на хімічному підприємстві

Рівень якості - це кількісна характеристика ступеня відповідності певного виду продукції вимогам та очікуванням споживачів порівняно з базовими показниками за фіксованих умов споживання.

Контроль якості продукції - це процес, спрямований на перевірку відповідності продукції та виробничих процесів вимогам нормативно-технічної документації та стандартам, порівняння зі зразками-еталонами, забезпечення стабільності виробничого процесу та запобігання постачанню недоброякісних матеріалів та енергоносіїв. Крім того, цей процес передбачає виявлення дефектів на ранніх етапах виготовлення та запобігання випуску недоброякісної продукції.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічний контроль охоплює перевірку відповідності продукції або процесу технічним вимогам до якості на всіх етапах виготовлення. Це включає перевірку виробничих умов та чинників, що впливають на якість продукції.

Кожне підприємство в будь-якій сфері діяльності повинно мати відділ контролю, оскільки існують тисячі прикладів катастроф на підприємствах, які сталися через недбалість персоналу. Особливо важливо це для хімічних підприємств, які працюють з небезпечними речовинами, що можуть завдати шкоди як людству, так і природі. Часто причиною таких інцидентів є неправильний вибір інгредієнтів, використання несправних обладнань та недостатня ознайомленість персоналу з правилами безпеки.

Відділ контролю має на меті запобігання таким ситуаціям. Він забезпечує постійний нагляд за процесами виробництва, встановлення відповідності вимогам нормативно-технічної документації та забезпечення стабільності виробничого процесу. Також, відділ контролю здійснює перевірку стану обладнання та дотримання персоналом правил техніки безпеки. Це важливо, оскільки навіть якщо на підприємстві все виглядає належним чином, недбалість може призвести до випуску продукції, яка не має очікуваного ефекту для покупців.

Отже, відділ контролю відіграє критичну роль у забезпеченні безпеки на підприємстві та гарантує відповідність якості продукції встановленим нормам та вимогам.

Тому вирішенням даної проблеми необхідно додати до персоналу гальванічного підприємства, окрім технологів, лаборантів та гальваніків, відділ по контролю якості. Тому слід до кожної бригади додати ще хоча б по одному експерту контролю якості, який буде слідкувати за готовим товаром, за виробництвом товару, на розчині для виробництва. Так як найбільший ризик може з'явитися саме через не якісно придбаний вихідний матеріал, так як на виході можемо отримати не якісне покриття і не буде товарного вигляду. Щоб такого не сталося і всі вироби або хоча б більшість виробів мали

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

товарний вигляд необхідний експерт який буде перевіряти вихідний продукт на оригінальність без підробок.

Щодо саме гальванічного цинкувального цеху необхідно кілька видів контролю якості, які будуть гарантувати високу якість продукції на виході.

Деякі з видів, наприклад:

- Контроль якості сировини: Вміщує у себе перевірку якості використовуваного цинкового покриття, якість розчинів для знежирення, травлення, пасивації, освітлення та найголовніше якість електроліту, які будуть експлуатуватися в процесі електроосадження цинку.
- Контроль процесу електроосадження цинку на поверхні деталей: Вміщує перевірку критеріїв процесу. Необхідний контроль температури розчину, так як в процесі температура може підніматися; контроль часу занурення; контроль напруги та струму, так як їм також властива зміна під час процесу електроосадження; контроль рН електроліту.
- Контроль якості нанесеного покриття: необхідно дослідити чи покриті деталі якісно; рівномірно; в однаковій товщині покриття; чи немає адгезії до поверхні та чи не присутні дефекти, які могли утворитися під час гальванічного процесу.
- Необхідно проводити контроль до корозійної стійкості у різних середовищах.

Суб'єкти контролю на гальванічному виробництві можуть включати:

- Відділ технічного контролю якості гарантує регулярний контроль показників гальванічного процесу та надає пропозиції щодо вдосконалення.
- Лабораторія якості працює з аналізом деталей, аналізом фізичних властивостей та хімічних властивостей електроосадженого покриття деталі та в кінці надає оцінку за вимогою стандартів.
- Оператори слідкують за критеріями процесу цинкування та регулюють робочі показники та з'ясовують імовірні проблеми в ході процесу

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Менеджмент якості забезпечує управління якістю та забезпечую ресурси якості для продукції.

Щодо працевлаштування двох експертів з контрою якості на першу та другу зміну на кожен бригаду у гальванічне підприємство – може порушити економіку підприємства. Так як цех розрахований на дві бригади, в кожній якій з них по три особи. Якщо збільшити кількість працівників, необхідно також і розраховувати на те, що потрібно більше грошей вкладати на заробітну плату для кожного з експертів контролю якості. Щоб не втратилась економіка підприємства, можемо роботу експерта надати технологу та збільшити йому заробітну плату на місяць.

Таблиця 3.6.1 – Порівняльна таблиця №1

Посада	Кількість осіб	Тарифний розряд	Тарифний коефіцієнт	Тарифна ставка, грн/год	Заробітна плата, грн	
					За день	За рік
Головний технолог	2	20	3,64	131,04	1048,32	272 563,2
Гальванік	2	14	2.42	87,12	696,96	181209,6
Лаборант	2	12	2.12	76,32	610,56	158745,6
Всього	6				4711,68	1225036,8

Таблиця 3.6.2 – Порівняльна таблиця №2

Посада	Кількість осіб	Тарифний розряд	Тарифний коефіцієнт	Тарифна ставка, грн/год	Заробітна плата, грн	
					За день	За рік
Головний технолог	2	17	3	108	864	224640
Гальванік	2	14	2.42	87,12	696,96	181209,6
Лаборант	2	12	2.12	76,32	610,56	158745,6
Експерт контролю якості	2	17	3	108	864	224640
Всього	8				6071,04	1 578 470,4

Як бачимо для гальванічного цинкувального покриття вигідніше підвищити технолога та надати йому у обов'язки роботу експерта з контролю якості, ніж наймати ще двох працівників окремих та оплачувати їм окремо кожному заробітну плату.

Висновок: необхідно дотримуватися правил контролю якості, щоб на виході не пішла вся партія у брак через неякісний вихідний матеріал – необхідно підвищити у тарифному розряді технологів у кожній з бригад щоб вони виконували додатково обов’язки експертів з контролю якості.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

У гальванічному виробництві стічні води містять різноманітні складні речовини, включаючи сполуки хрому (VI), кислоти та луги. Кислі стічні води виникають під час процесів травлення, електроосадження покриття основного металу та промивання деталей. Вони переважно містять хлоридну кислоту, нітратну кислоту та металеві солі, які утворюються в результаті травлення та промивання. Лужні стічні води утворюються під час процесу знежирення електрохімічного та також містять сполуки хрому (VI) валентності після процесу пасивації.

В даному розділі потрібно проаналізувати та забезпечити екологічну безпеку гальванічного виробництва. Потрібно навести та описати схему очищення стічних вод, яку потрібно обирати відповідно до складу стоків та їхньої кількості. Потрібно навести метод очищення стічних вод, навести схему очищення від сполук Cr (VI) та іонів важких металів.

4.1 Класифікація стічних вод

Метод обробки змінюється залежно від стану та природи домішок, які присутні у стічних водах підприємства. Наприклад, грубі частинки можна відділити механічно, за допомогою методів фільтрації, відстоювання або центрифугування. Вибір фільтруючих матеріалів залежить від розміру дисперсних частинок у забрудненому середовищі.

Додатково до розміру частинок, метод обробки також залежить від їх кількісного вмісту, або концентрації. Зазвичай, основним показником забруднення є склад забруднюючих речовин.

У процесі нанесення цинкового покриття, кислі стічні води утворюються під час промивання після операцій травлення, освітлення та пасивації. Вони містять переважно хлоридну та нітратну кислоти, сполуки заліза та інших металів, що розчиняються під час процесу травлення.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час нанесення цинкового покриття утворюються лужні стічні води під час процесу промивання, який виконується після знежирення поверхні деталі.

Очищення стічних вод з кислотними та лужними компонентами передбачає направлення їх у спеціальний реактор нейтралізації, де відбувається часткова нейтралізація кислот і лугів.

Нейтралізацію стічних вод проводять у спеціалізованих ємностях, де додають потрібну кількість лужних реагентів до стоків. Для досягнення ефективності нейтралізації необхідно рівномірно розподілити реагенти у стічних водах. Після нейтралізації стічні води можуть бути відведені до каналізаційної системи або перекачані на очисні споруди для подальшої обробки.

Кислотні та лужні стічні води направляються до резервуару-усереднювача з метою взаємної нейтралізації стоків. Туди ж направляються стічні води, що містять хром, після відновлення хрому. В результаті усереднення стічних вод за їх складом отримують стоки стійкого складу, які подаються на очисні споруди.

Очищення хромвмісних стічних вод здійснюється реагентним методом, який базується на процесі відновлення хрому зі сполук +6 до сполук +3, а потім осаджені сполуки хрому +3 у вигляді осаду, який легко видаляється. В ролі реагентів-відновників використовуються натрієві солі, такі як сульфід натрію Na_2SO_3 , гідросульфід натрію NaHSO_3 , метабісульфіт натрію $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ і дитіоніт натрію $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$. Ці солі додаються до стічних вод у вигляді 10% водних розчинів.

Після процесу відновлення, стічні води підлягають лужному обробленню з метою вилучення відновлених іонів Cr^{3+} у вигляді осаду.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

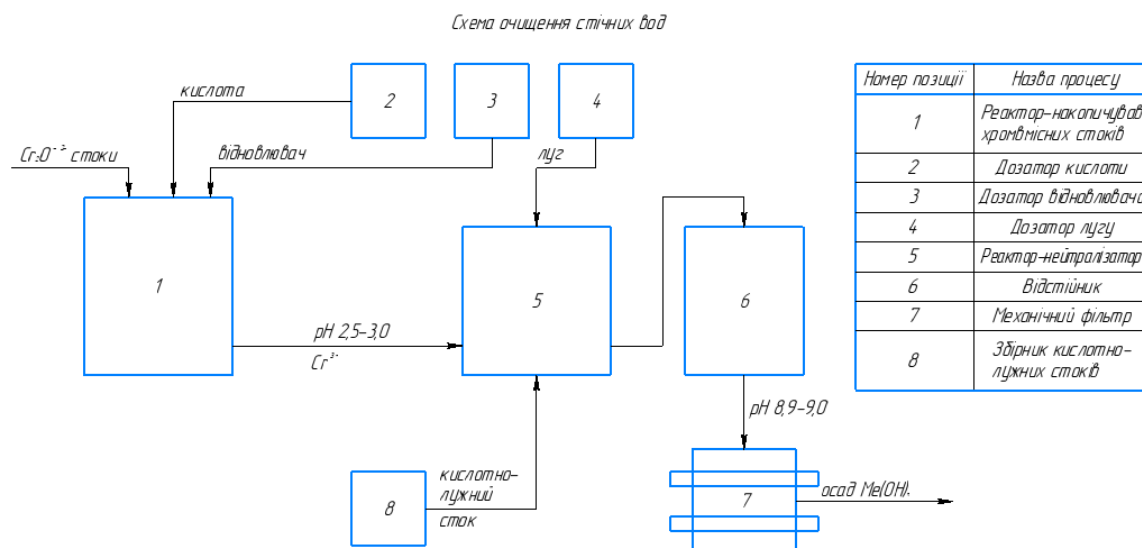


Рис. 4.1.1 – Принципова схема реагентного очищення стічних вод

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Основними складовими технологічної частини проєкту розглядається, що у виробничому проєкті присутні небезпечні речовини, матеріали та вибухо-пожежонебезпечні речовини, різні типи енергії, а саме енергія: хімічних реакцій, електрична, теплова, механічна, стислого газу.

Внутрішньоцеховий транспорт включає скребков конвеєри, пневмотранспортні системи, шнеки, під'ємно-транспортні механізми та інші засоби керування.

В даному розділі охорони праці на основі небезпечних факторів цеху, які проєктуються, було ідеєю створити цех з нормальними і безпечними умовами праці, де буде надійна пожежна безпека та виробнича санітарія.

5.1 Виявлення та аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на об'єкті, що проєктується. Заходи з охорони праці

5.1.1 Повітря робочої зони

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99, робота на об'єкті яка проєктується відносять до категорії середньої тяжкості Пб. Санітарні норми параметрів мікроклімату для категорії Пб представлені в таблиці 5.1.1.1

Таблиця 5.1.1.1 Санітарні норми параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
		Оптимальна	Оптимальна	Оптимальна
Холодний	П б	17-19	40-60	0.2
Теплий	П б	20-22	40-60	0.3

В таблиці 5.1.1.2 подано у скороченому вигляді санітарну характеристику виробничих приміщень цеху, який проєктується.

Таблиця 5.1.1.2 – Стисла санітарна характеристика цеху, яка проектується

Назва виробничої ділянки	Основний компонент	Ванна цинкування	Ванна травлення	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Шкідливі речовини, що виділяються та причини виділення	Хлорид калію	Хлорид цинку	Хлоридна кислота										
Група шкідливої речовини та її вплив	Безпечний	Хімічні опіки, подразнення дихальних шляхів, токсично для водних організмів.	Подразнює верхні дихальні шляхи, викликає хімічні опіки										
ГДК, мг/м ³	5	1	1										
Клас небезпеки шкідливої речовини	3	2	2										
Засоби індивідуального озахисту	Нітрилова гума, відкриті захисні окуляри зі щитками, респіратор	Використовувати нітрилові рукавиці, спецодяг, засоби захисту обличчя та очей	Гумові рукавички, захисний халат, респіратор РПГ-67, захисні окуляри ОП-1										
Засоби долікарняної допомоги	При потра- плянні на шкіру або очі промити проточною водою. При потраплянні у шлунок – випити води (2 стакани).	При потраплянні на шкіру або в очі промити великою кількістю води. При потраплянні у шлунок випити води та звернутися до лікаря	Промити місце ураження проточною водою, нейтралізувати розчином питної соди, звернутися до лікаря										
Методи контролю вмісту шкідливих речовин	Експрес-метод. Метод неперервної автоматичної реєстрації.	Поляррограф ПУ-1 і аналізатор типу ІВА-3.	Експрес-метод. Метод неперервної автоматичної реєстрації										
Клас підприємства	I	II	IV										
Санітарна група	-	-	36										

Знежирення електрохімічне	NaOH Випаровування з поверхні розчину	Пошкоджує очі, слизові оболонки, викликає хімічні опіки шкіри.	0,5	2	Пошкоджує очі, слизові оболонки, викликає хімічні опіки шкіри.	Промити великою кількістю води, потім слабким розчином оцтової кислоти (5%-им)	ХГА «АГАТ»	IV	3а
---------------------------	--	--	-----	---	--	--	------------	----	----

Для того щоб розробити нормалізацію повітря робочої зони цеху потрібно наступні критерії:

1. Герметизація технологічного обладнання.
2. Теплоізоляція обладнання, температура зовнішніх стін якого, перевищує 24 °С, або є меншою за 10 °С.
3. Необхідно персонал забезпечити засобами індивідуального захисту, так як робочий персонал тісно пов'язаний з обслуговуванням обладнання. Необхідно надати протигази марки «В» фільтруючого типу. Якщо стався аварійний випадок необхідно надати киснево-ізолюючий прилад типу «КИП-8».
4. Контроль параметрів вмісту шкідливих речовин у повітрі потрібно контролювати відділом аналітичної лабораторії, щоб у разі виникнення – сповістити персонал та надати необхідний захист.
5. Санітарно-гігієнічні умови мають бути забезпечені нормальною кількістю вентиляцій у приміщенні, використання аспірації на робочих ділянках, де є значні викиди шкідливих речовин та вибухонебезпечних, які можуть спричинити шкоду здоров'ю працівникам. Необхідно встановити обладнання кондиціонування приміщення задля підтримки нормальної температури та вологості приміщення. Для того щоб приміщення провітрювалося необхідно це організувати за допомогою віконних отворів, квартирок.

Проектування повітряного душу

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

На робочій платформі $d_p = 1$ м потрібно підтримувати швидкість повітря $v_p = 3$ м/с і температуру $t_p = 22$ °С. Температура навколишнього середовища становить $t_{p-3} = 30$ °С. Способом адіабатичного охолодження зовнішнього потоку повітря можна отримати температуру повітря $t_{охл} = 21$ °С. Вірогідна мінімальний інтервал від вихідного перерізу душового патрубку до робочої локації $x = 2$ м. Обрати потрібну для душування витрату повітря.

1. Відношення різниці температур становить:

$$P_T = \frac{t_{p-3} - t_p}{t_{p-3} - t_0} = \frac{30 - 22}{30 - (21 + 1,5)} = 1,06.$$

$$P_T > 1$$

2. Ухвалюємо для установки душовий патрубок ППД і за таблицею («Коефіцієнти m і n для розрахунку душових патрубків») знаходимо $n=4,5$ і $m=6,3$.

3. Площа вихідного перерізу становить:

$$F_0 = \left(\frac{x}{0,8m} \right)^2 = \left(\frac{2}{0,8 \cdot 6,3} \right)^2 = 16 \text{ м}^2$$

4. Швидкість руху повітря, яке виникло з душового патрубку становить:

$$v_0 = \frac{v_p}{0,7} = \frac{3}{0,7} = 4,3 \text{ м/с}.$$

5. Температура повітря, яке виникло з душового патрубку становить:

$$t_0 = t_{p-3} - \frac{(t_{p-3} - t_p) \cdot x}{0,6\sqrt{F_0}} = 30 - \frac{(30 - 22) \cdot x}{0,6 \cdot 4,5\sqrt{0,16}} = 15^\circ\text{C}.$$

6. Витрати повітря, яке надається скрізь душовий патрубок буде становити:

$$L = 0,16 \cdot 4,3 \cdot 3600 = 2500 \text{ м}^3/\text{с}.$$

5.1.2 Виробниче освітлення

Даний проєкт в собі вміщає різні типи освітлення, а саме: штучне, природне, суміщене освітлення. Система природного освітлення – комбінована. Дана система освітлення в собі вміщає верхнє та бічне

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

освітлення. Проєкт передбачає використання декількох систем: штучне робоче, аварійне, евакуаційний, ремонтний і охоронне освітлення.

Норми освітлення, КПО згідно ДБН В.2.5 – 28:2018, наведені в таблиці 5.1.2.1.

Таблиця 5.1.2.1 – Норми освітлення

Розряд і підрозряд зорової роботи	Освітленість, лк		КПО, %	
	Штучне		Природне	Суміщене
	Комбінована	Загальне	Верхнє і бічне	Верхнє і бічне
IVб	500	200	4 і 1,5	2,4 і 0,9

Для того щоб освітити виробничий цех необхідно придбати газорозрядні лампи низького тиску (типу ЛБ, ЛДЦ, ЛД) і високого тиску (типу ДРЛ). Якщо брати місцеве освітлене то тоді передбачено брати аварійне та евакуаційне освітлення, а саме лампи типу прямого типу. Для того щоб контролювати освітленість та вимірювати освітленість в приміщеннях виробництва потрібно використовувати люксмери типу Ю-117 з періодом одного разу на рік та вразі ремонту освітлювальних установок і в разі заміни ламп в цеху. При аварійному освітлені мінімальна освітленість має складати 5% від нормованої, та не має бути менше ніж 2 лк.

Згідно СН 181-70, для того щоб підвищити рівномірність розподілу потоку світла необхідно пофарбувати стіни цеху та стелю у світлі кольору, а саме: салатовий, білий, світло-жовті кольори, молочні, бірюзові. Виробниче обладнання повинно фарбуватись у світло-зелені кольори, якщо беремо до уваги рухомі частини – буде фарбуватися у світло-жовті кольори, відкриті механізми мають бути пофарбовані у яскраво-червоні кольори, але не ядовитого відтінку, задля того щоб не різало око працівникам цеху.

5.1.3 Виробничий шум та вібрація

Основними джерелами шуму та вібрації на виробництві є дані пристрої: двигуни систем вентиляції, рух автооператора, робота систем охолодження,

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

генератори постійного струму, випрямлячі змінного струму та допоміжні електроприводи.

Допустимий рівень на шубу на виробництві сягає не більше 80 дБА, згідно ДСН 3.3.6.037-99. Рівень шуму на даному виробництві складає в проміжку від 76 до 92 дБА за даними лабораторних вимірів, що перевищує рівень допустимого звуку на виробництві.

Задля того щоб зменшити рівень шуму на виробництві необхідно застосувати: необхідно придбати звукопоглинаючих пористих матеріалів, тобто потрібно розробити акустичну обробку приміщень; зменшення шуму ще у джерелі їх утворення ретельним балансуванням; також у нагоді будуть індивідуальні засоби захисту, а саме беруши, навушники, тампони з ебоніту та гуми; ізолювати джерело шуму засобом звукоізоляції або ж звукопоглинаючими елементами (перегородки); використання глушників.

Контроль рівню шуму та вібрацій передбачений шумомір ВШВ – 003 та шумо-вібровимірвальний комплекс ШВК-1.

5.1.4 Електробезпека

Даний гальванічний цех який оснащений електричним струмом відноситься за ступенем небезпеки ураження людей відноситься до особливо небезпечних приміщень, так як в ньому наявне хімічно активне середовище, руйнуючого електроізоляцію та струмоведучих частин електрообладнання цеху.

Можливе ураження тіла людини електричним струмом може виникнути в результаті дотику до струмоведучих елементів, які опинилися без наявності ізоляції і під напругою. Також ураження струмом можливе кроковою напругою та скрізь електродугу.

В гальванічному цеху найбільшими джерелами ураження є: трансформаторна підстанція, гальванічні ванни для гальванічного покриття, електрохімічного знежирення, ванни уловлювання, шини скрізь які підводять струм до ван.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гранично допустимі значення струму, що можуть проходити через тіло людини, та напругу дотику, згідно ДСТУ ГОСТ 12.1.038:2008, наведено у таблиці 5.1.4.1.

Таблиця 5.1.4.1 – Гранично допустимі значення струму, що можуть проходити скрізь тіло людини, та напруга дотику.

Режим	Значення $I_{\text{ч}}$, мА	Значення $U_{\text{пр}}$, В
Нормальний режим роботи ($t < 10$ с)	0,3	2
Аварійний режим роботи ($t < 1$ с)	6	36

Задля того щоб забезпечити персоналу надійну електробезпеку необхідно дотримуватися наступних застережень, а саме: захисне відключення установок, вирівнювання потенціалів, мала напруга живлення електроінструментів, знаки безпеки, блокування, плакати/знаки попередження про небезпеку струму.

Даний проєкт оснащений також індивідуальним захистом працівників, тобто щоб кожен працівник мав при собі захисні гумові рукавиці, гумові ізолюючі підставки, струмошукачі. Також необхідно проводити інструктаж з техніки безпеки для працівників цеху. Крім того, якщо наявні дроби або обладнання без ізоляції на струмовідводах необхідно такий інвентар зберігати в окремому спеціальному ящику, що закривають суцільними огороженнями.

5.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання

Відповідно до дипломного проєкту оптимізація охорони праці, здійснюється методами і засобами інженерної охорони праці. Є дві групи методів забезпечення безпеки праці для працівників, а саме:

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Відсутність контакту люди з небезпечними виробничими факторами шляхом автоматизації
2. Згідно з характеристиками до виробничого процесу з характеристиками людини, які гарантують адаптацію, природні захисні властивості організму до умов довкілля

Якщо до уваги беремо обслуговування гальванічних ван, тоді в даній ситуації потрібно звернути увагу на температуру, так як може бути висока температура яка тільки збільшується. У процесі можливі наступні наслідки від нормального протікання процесу: потрапляння гарячого електроліту на поверхню дерев'яного мосту; отримання опіків внаслідок дотику до ванни. Якщо беремо до уваги машину,, там можуть бути такі негативні наслідки які відхиляються від норм: необережне поводження з автооператорною лінією, машинами штамповки деталей, де є відкриті обертові частини, що рухаються. Існує отримання опіків також внаслідок необережності, якщо розлився розчин з вмістом кислоти (наприклад соляна кислота) або їдких лугів (наприклад гідроксид натрію).

Тому при роботі буде забезпечуватися дотримання наступних правил норм праці:

1. Процес буде вестися та дотриманням правил технологічного режиму.
2. Процес буде проводитися за функціонуючою вентиляцією.
3. Весь персонал при роботі процесу буде працювати у спецодязі.
4. Необхідні вказуючи знаки/плакати які будуть попереджувати про ймовірну небезпеку того чи іншого пункту процесу.
5. Необхідно придбати огорожувальні пристрої, що перешкоджають проходження люди в якесь небезпечне місце.
6. Попереджувальні сигналізації, що будуть сповіщати про ймовірну небезпеку та на якому місці ця небезпека саме буде розміщуватися і при необхідності будуть відключати цю ділянку небезпеки.
7. Швидкість руку транспорту не має перевищувати 5 км/год;
8. Всі вантажні механізми будуть під періодичним технічним оглядам.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Пожежна безпека

Також ймовірно виникнення загоряння так як можливе перевантаження електроустаткування, утворення вибухонебезпечної суміші водню з повітрям або ж відсутність ізоляції на електрообладнанні або дротах, розряди статичної електрики,. Відсутність ізоляції може призвести до короткого замикання, а надалі і до загорання. До пожежонебезпечних місць у гальванічному цеху відносять розташування, де є: сушильна шафа, лабораторні столи.

Також ймовірно прямого удару блискавки в об'єкт та заносу високих потенціалів скрізь підземні та наземні металічні комунікації. Або ж ймовірно попадання ракети в об'єкт і спричинити руйнування та пожежу.

Задля попередження захисту ізоляції використовують гофрований металевий кожух із нержавіючої сталі, від дії хімічних речовин. Проводи потрібно прокласти у пластиковому захисному кожуху. Також щоб запобігти короткого замикання маємо використовувати спеціальні запобіжники, які у разі замикання будуть роз'єднувати коло. Попередження перегріву проводів можна завдяки збільшенням площі опору контактів. Задля того щоб запобігти прямого попадання блискавки у об'єкт потрібно на цеху встановити громовідведення, яка в разі чого буде на себе брати удар замість об'єкту. Задля того щоб вберегти персонал від прямого попадання ракети або іншої авіаційно-військової зброї необхідно зробити надійне укриття і в разі повітряної тривоги щоб персонал гальванічного підприємства спустився в укриття.

За ОНТП 24-86 приміщення цеху за пожежною безпекою відносять до категорії В.

Якщо пожежі не уникнути запобіжними методами, тоді обов'язково потрібно обладнати місця протипожежними щитами з набором засобів гасіння, це можуть бути: пінні вогнегасники, ящики з піском для гасіння або ж обладнання з пожежними кранами- елемент внутрішнього пожежного водопроводу.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідно встановити охоронно-пожежну сигналізацію.

назва, ділянка, приміщення	Речовини, що мають обіг у виробн.	Агрегатний стан речов. в норм. умовах	Горючість, займистість	Показники пожежо- і вибухо-небезпечності, °С	Межа запа-лення	Вибухо-небезпе-чні суміші з повітрям	Вогнегасні засоби	приміщення за НАПБ Б.03.002-2007 приміщення /зона/ і зовнішніх установок	захисту і влаштуванню
----------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------	------------------------	--	-----------------	--------------------------------------	-------------------	--	-----------------------

В разі виникнення вже пожежі необхідно оголосити евакуацію та весь персонал провести через аварійний вихід з цеху.

Таблиця 5.2.1 – Показники пожеже- та вибухонебезпечності речовин.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

				Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання	% об'ємних	мг/м ³	Категорія	Група				
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Гальванічна ванна	H ₂	Г.	Легко гор.	132	324	57,5	47,5	45 - 82,5	II а	T1	Інертний газ	В	II	IIА
	Соляна кислота	Р.	Незаймист.	-	-	-	-	-	II а	T1	-	В	II-I	
Поміст	Дерево, гума	Т.	Легко гор.	170	190 - 230	270 - 280	-	-	II а	T3	Вода, піна	Б	II-Па	IIА
Ізоляція	Текстоліт	Тв.	Важкого рюча	-	358	358	-	-	II а	T2	Вогнегасники рідинні	В	II	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ

Лист

74

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

Основним завданням технологічного процесу гальванічного цинкування, норм технологічного процесу, апаратурного опрацювання є забезпечення автоматизації виробництва:

- Контроль рН електроліту
- Контроль та регулювання температури електроліту
- Контроль сили струму та напруги при процесі електроосадження
- Контроль втрати електроліту на вході в гальванічну ванну електроліту та виході з гальванічної ванни
- Контроль рівня розчину електроліту в гальванічній ванні

При процесі електроосадження гальванічного цинкового покриття може змінюватись рівень електроліту в гальванічній ванні. Цей випадок можливий через його випаровування, під час вивантаження деталей з ванни, при виділенні газів. Зміна рівня електроліту впливає на ефективність та якість процесу, на швидкість процесу та температуру електроліту. Саме через наведені вище критерії потрібно слідкувати та за причини коригувати встановлений об'єм розчину.

При процесі електролізу може бути зміна рН електроліту. При зміні рН може на виході утворитися погіршеної якості цинкове покриття. Зміна рН може вплинути на розподіл товщини покриття по поверхні деталі. Занадто кислий або занадто лужний розчин може спричинити неправильну адгезію цинкового покриття або спричинити інші дефекти деталі. Тому задля уникнення цієї проблеми слід спостерігати та корегувати рівень рН за потреби.

Також слід звернути увагу на температуру електроліту. Процес гальванічного цинкування ведеться в межах 15...30 °C. Зміна температури електроліту може призвести до зміни якості покриття. Зміна температури може вплинути на швидкість або гальмування, дивлячись чи піднялась чи впала температура,

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електрохімічних реакцій що призведе до нерівномірності товщини покриття деталі.

Таблиця 1 – Параметри контролю та керування виробництвом

№	Назва стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Назва контрольованого чи регульованого параметра	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Резервуар розчину електроліту	Рівень	-	Контроль та регулювання
2	Трубопровід на вході в резервуар розчину електроліту	Витрата	-	Контроль
3	Гальванічна ванна	Рівень	-	Контроль та регулювання
4	Гальванічна ванна	pH	4,5...5,5	Контроль
5	Гальванічна ванна	Температура	15...30 °C	Контроль та регулювання
6	Трубопровід на виході з гальванічної ванни	Витрата	-	Контроль
7	Гальванічна ванна	Сила струму та напруга	I = 98,7 А; U = 3,7 В	Контроль та регулювання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ

Лист

76

6.1 ОПИС РОЗРОБЛЕНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Для того щоб керувати та регулювати станом рівня електроліту в резервуарі розчину був створений контур (1), який містить радарний безконтактний рівнемір (1-1), автоматичний показник та реєстратор (1-2), мікропроцесорний регулюючий пристрій (1-3), сідельний клапан (1-4).

Для того щоб керувати постачанням розчину електроліту в трубопроводі на вході для цього маємо контур (2), який відповідає за даний процес. В ньому міститься: електромагнітний витратомір (2-1), автоматичний показник та реєстратор (2-2).

Для того щоб зберігався сталий рівень електроліту в гальванічній ванні за контроль та регулювання відповідає контур (3), який містить: радарний безконтактний рівнемір (3-1), автоматичний показник та реєстратор (3-2), мікропроцесорний регулюючий пристрій (3-3), сідельний клапан (3-4).

Для того щоб корегувати рівень рН електроліту за контроль та регулювання відповідає клапан (4), який в собі містить: чутливий датчик рН (4-1), перетворювач високоомний (4-2), автоматичний показник та реєстратор з пристроєм сигналізації (4-3).

Для того щоб корегувати в разі потреби температуру електроліту за контроль та регулювання відповідає контур (5), який об'єднує в собі: термоперетворювач опору (5-1), автоматичний показник та реєструвальний мікропроцесорний регулюючий пристрій (5-2), регулятор електронний пропорційно-інтегральний (5-3), підсилювач потужності аналоговий (5-4).

Для того щоб слідкувати витратами електроліту на виході з гальванічної ванни за контроль відповідає клапан (6), який включає: електромагнітний витратомір (6-1), автоматичний показник та реєстратор (6-2).

Задля корегування в разі потреби сили струму та напруги відповідає за контроль контур (7), який в себе включає: агрегат випрямного для

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гальванічних ван (7-1), пульт дистанційного керування для випрямного агрегату (7-2)

Для того щоб дистанційно керувати електроприводом насосу застосовують: кнопковий пост управління «SB1» та «SB2», нереверсивний магнітний пускач «МП1» з кнопкою запобіжного вимикання «SA1», лампи сигнальні зеленого кольору («ПУСК») «HL3», лампи сигнальні червоного кольору («СТОП») «HL4».

Специфікацію устаткування, виробів і матеріалів наведено в додатку А.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У даному дипломному проєкті було проведено дослідження процесу гальванічного захисного цинкування деталей простої конфігурації з використанням хлоридного електроліту цинкування. Основною метою проєкту було вивчення впливу різних параметрів процесу на якість та ефективність захисного цинкування.

Під час дослідження були визначені оптимальні значення таких параметрів, як концентрація хлоридного електроліту, температура, густина струму, час цинкування та інші.

Експериментальні результати показали, що за допомогою гальванічного захисного цинкування можна досягти високої якості захисного покриття на деталях простої конфігурації. Цинкове покриття має високу стійкість до корозії і забезпечує ефективний захист від зовнішніх факторів.

У дипломному проєкті були проведені конструктивні розрахунки гальванічної ванни. Здійснено технологічні розрахунки балансу електрики, балансу напруги, балансу енергії, теплові розрахунки ванни, розрахунок витрат матеріалів та води.

Була запропонована схема автоматичного регулювання параметрів процесу гальванічного цинкування, а саме: рН електроліту, сила струму та напруги, температури та рівня електроліту. Також були проведені економічні розрахунки процесу.

Було запропоновано схему очищення стічних вод, яке відбувається реагентним методом.

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: У 2 кн. Кн. 2. Керування хіміко-технологічними процесами [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом: «Хімічна технологія та інженерія» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 336 с.
2. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту з гальванотехніки освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр”. Напрямок 6.091600 “Хімічна технологія та інженерія”. Професійна спрямованість “Технічна електрохімія”. / Уклад. Л.А. Яцюк, В.П. Чвірук, В.Ф. Панасенко, Т.І. Мотронюк, О.В. Лінючева, О.І. Букет. – К: НТУУ "КПІ", 2019. – 54 с.
3. Гальванотехніка. Проектування гальванічних виробництв: навч. посіб. / О.В. Лінючева, Л.А. Яцюк, Т.І. Мотронюк, О.І. Букет, С.В. Фроленкова – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 147 с.
4. 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.
5. 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.
6. ДСН 3.3.6.042 – 99 Санітарні норми мікроклімату виборочних приміщень.
7. Лукінюк М.В. Технологічні вимірювання та прилади [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М.В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. - 436 с.
8. Мотронюк Т.І. Технології нанесення гальванічних покриттів : консп. лек. Київ : НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського
9. <https://obrobka.pp.ua/2059-kontrol-mcnost-zcheplennya-pokritt-z-osnovoyu.html> (Електронний Інтернет ресурс / Заголовок з домашньої

					ДП ХЕ9118.1450.000 ПЗ	Лист
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сторінки: «Обробка.pp.ua Обробка дерева і металу»/доступ вільний/
дата відвідування – 07.06.23.)

10. Лукінюк, М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами [у 2 кн.]. Кн. 1. Методи та технічні засоби автоматичного контролю хіміко-технологічних процесів: 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. – Київ : Політехніка, 2012. – 336 с.
11. Ткаченко Т.П. Економіка, організація та управління хімічними підприємствами : консп. лек. Київ : НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського
12. Підлісна О.А. Економіка підприємств : консп. лек. Київ : НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського
13. Метод., вказівки до викон. розділу «Охорона праці» в дипломних проєктах і роботах бакалаврів. / Уклад.: Н.А. Праховнік, Ю.О. Полукаров, Л.О. Мітюк – К.: НТУУ «КПІ», 2021.. - 32 с.
14. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0764-19#Text>(Електронний Інтернет ресурс / Заголовок з домашньої сторінки: «Верховна рада України. Законодавство України»/доступ вільний/ дата відвідування – 06.06.23.)
15. ДСН 3.3.6.037—Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку
16. ДБНВ 2.5-28-06 «Природне і штучне освітлення»

Додаток А

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	Код	Завод-виробник	Кількість	Маса одиниці, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
УСТАТКУВАННЯ ТА ПРИЛАДИ										
1-1	Рівень	Розчин електrolіту	–	Резервуар розчину електrolіту	Радарний безконтактний рівнемір, $L_{\max} = 0,6 \dots 30$ м, температура (-190)... 200 °C, $I_{\text{вих}} = 4 \dots 20$ мА, максимальна похибка $0,1$ %.	ECLIPSE 700	-	MAGNETROL, м. Іллінойс, США	2 од.	-
3-1	– // –	Розчин електrolіту	–	Гальванічна ванна						-
1-2, 3-2	– // –	– // –	– // –	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; входні сигнали: $0 \dots 5$ В, $0 \dots 10$ В, $0 \dots 5$ мА, $4 \dots 20$ мА, $0 \dots 20$ мА; клас точності $0,5$.	Graph T-IRS 30	-	ICS SCHNEIDER MESSTECHNIK GmbH, м. Бергфельде, Німеччина	2 од.	-
1-3, 3-3	– // –	– // –	– // –	Щит керування	Регулятор мікропроцесорний. Реалізує дво- та трипозиційне регулювання. Кількість входів: аналогових – 2 ($0 \dots 5$ мА, $0(4) \dots 20$ мА, $0 \dots 10$ В), максимальна похибка АЦП $\pm 0,2$ %; кількість виходів: дискретних або імпульсних – 4, аналогових – 1 ($0 \dots 5$ мА, $0(4) \dots 20$ мА), максимальна похибка ЦАП $\pm 0,5$ %	МК-21	-	БАТ «Підприємство «МІКРОЛ»», м. Івано-Франківськ	2 од.	-
1-4, 3-4	– // –	– // –	– // –	Трубопровід	Регулювальний сидельний клапан з 2- і 3 ходовим виконанням. Температура регульованого середовища: GV2: $+2 \dots +94$ °C, тиск – до 16 бар; корпус литий латунний, характери-	GV2	-	ТзОВ "Кам'янець-Подільський електро-механічний завод", м. Кам'янець-Подільський	2 од.	-

Продовження додатку А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
					стика рівнопропорційна. Електропривод EVA2: напруга живлення 24 В. Ступінь захисту: IP 40. Температура довкілля: 2...55 °С, гранична вологість 90 %. Керувальний сигнал: 0...10 В або 4...20 мА		-			-
2-1	Витрата	Розчин електrolіту	–	Трубопровід	Витратомір електромагнітний; електроди – сплав хастеллой, D _{тр} = 15...2000 мм; температура вимірюваного середовища (-40)...80 °С, тиск – до 40 МПа; максимальна швидкість потоку 10м/с; гранично-допустима основна похибка ±0,2 %; I _{вих} = 4...20 мА	MAG-C	-	Siemens, м.Мюнхен, Німеччина	2 од.	-
6-1	– // –	Розчин електrolіту	–	Трубопровід	максимальна швидкість потоку 10м/с; гранично-допустима основна похибка ±0,2 %; I _{вих} = 4...20 мА					-
2-2, 6-2	– // –	– // –	– // –	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; входні сигнали: 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА, 0...20 мА; клас точності 0,5.	Graph T-IRS 30	-	ICS SCHNEIDER MESSTECHNIK GmbH, м. Бергфельде, Німеччина	2 од.	-
4-1	pH	Розчин електrolіту	4,5...5,5	Гальванічна ванна	Чутливий елемент pH-метра. Температура робочого середовища: 0...140 °С; границі вимірювання: 0...14; максимальний тиск 10 бар. Матеріал: 1.4435 (нержавіюча сталь).	Unifit CPA442	-	Endress + Hauser, м. Райнах, Швейцарія	1 од.	-
4-2	– // –	– // –	– // –	Місцевий	Перетворювач високоомний; вхід Memosens; I _{вих} = 0/4...20 мА; цифрова індикація результатів; до 4 лінійних виходів струму	Liquiline CM44	-	Endress + Hauser, м. Райнах, Швейцарія	1 од.	-
4-3	– // –	– // –	– // –	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; входні сигнали: 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА, 0...20 мА; клас	Graph T-IRS 30	-	ICS SCHNEIDER MESSTECHNIK GmbH, м. Бергфельде, Німеччина	1 од.	-

Продовження додатку А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
					точності 0,5.		-			
5-1	Темпе- ратура	Розчин елек- троліту	15...30 °С	Гальва- нічна ванна	Термоперетворювач опору плати- новий НСХ 100П, діапазон вимі- рювання (-50)...60 °С, допустимий тиск P _y = 0,4 МПа	ТСП-1288	-	НВО «Електротермія», м. Луцьк	1 од.	-
5-2	- // -	- // -	- // -	Щит ке- рування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; вхідні сигнали: 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА, 0...20 мА; клас точності 0,5.	Graph T- IRS 30	-	ICS SCHNEIDER MESSTECHNIK GmbH, м. Бергфельде, Німеч- чина	1 од.	-
5-3	- // -	- // -	- // -	Щит ке- рування	Регулятор електронний пропорцій- но-інтегральний; I _{вих} = 0...5 мА; інтерфейс RS-485	РП2-Т	-	Підприємство «МІКРОЛ», м. Івано-Франківськ	1 од.	-
5-4	- // -	- // -	- // -	Місцевий	Підсилювач потужності аналого- вий (призначений для керування потужністю електронагрівників); I _{вх} = 0...5 мА; U _{вх} = 0...10 В; пере- творює сигнал у вихідну потуж- ність у режимі фазоімпульсного керування.	У13Н	-	ТОВ «Промприбор», м. Харків	1 од.	-
7-1	Сила струму та напруга	Електроліт, гальванічна ванна	I = 98.7 А; U = 3,7 В	Електро- ди	Агрегат випрямний для гальваніч- них ван, I _{max} = 100 А, U _{max} = 15 В; ступінь захисту IP24.	SMART GVI 15/100	-	ТОВ «НВП» АХАТ- МЕТАЛ, м. Харків	1 од.	-
7-2	Сила струму та напруга	Електроліт, гальванічна ванна	I = 98.7 А; U = 3,7 В	Місце- вий	Пульт дистанційного керування для випрямного агрегату SMART GVI 15/100	RS485	-	ТОВ «НВП» АХАТ- МЕТАЛ, м. Харків	1 од.	-
ЕЛЕКТРОАПАРАТИ										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SB1, SB2	-	-	-	Щит ке- рування	Пост управління кнопочний, кі- лькість елементів управління – 2; номінальна напруга ізоляції (за змінного струму частотою 50/60 Гц) 660 В, номінальний	ПКУ 15- 21-131 У3	-	ЗАТ «Променергоав- томатика», м. Київ	1 од.	-

Продовження додатку А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
					тепловий струм 10 А; температура довкілля від (-40) °С до 40 °С, відносна вологість повітря 98 %, комутаційна зносостійкість 1 000 000 циклів		-			-
МП1	—	—	—	Місцевий	Магнітний пускач, реверсивний, для дистанційного пуску, зупинки електричних виконавчих механізмів; керувальний сигнал $U_{вх} = 24 \pm 6$ В, $U_{жив} = 220$ В, 50/60 Гц, $W_{жив} = 10$ В·А	ПММ 1/16	-	ТОВ «ПРОМФАКТОР», м. Кривий Ріг	1 од.	-
SA1	—	—	—	Місцевий	Кнопка запобіжного вимикання; номінальна робоча напруга: змінна (частота 50/60 Гц) 660 В, постійна – 440 В, номінальний тепловий струм – 10 А	КМЕ-5111 УЗ	-	ТОВ «Кам'янець-Подільський електромеханічний завод»	1 од.	-
HL1, HL3	—	—	—	Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна із зеленим індикатором («ПУСК»), $U_{жив} = 220$ В, 50/60 Гц, $d = 27$ мм, сила світла 20 мКд	ЛС 47-1	-	«ІЕК Україна», м. Вишневе	1 од.	-
HL2, HL4	—	—	—	Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна із червоним індикатором («СТОП»), $U_{жив} = 220$ В, 50/60 Гц, $d = 27$ мм, сила світла 20 мКд	ЛС 47-2	-	«ІЕК Україна», м. Вишневе	1 од.	-

Перв. застосуцтв.		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки	
						Документація			
		A4			ДП ХЕ9118.1450.000	Пояснювальна записка	83		
		A1			ДП ХЕ9118.1450.001 СК	Складальне креслення	1		
						Складальні одиниці			
				1	ХЕ9118.1450.001 - 01	Корпус	1		
				2	ХЕ9118.1450.001 - 02	Опора - уловлювач катода	2		
				3	ХЕ9118.1450.001 - 03	Опора анодна	4		
						Відсмоктувач дортоний	2		
						Деталі			
				4	ХЕ9118.1450.001 - 04	Штанга катода	1		
				5	ХЕ9118.1450.001 - 05	Штанга анодна	2		
						Стандартні вироби			
				6	ХЕ9118.1450.001 - 06	Гвинт М16 ГОСТ 22034 - 76	12		
					ДП ХЕ9101.1450.001 СК				
		Змін.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			
		Розроб.	Байко І.В.				Лім.	Лист	Листів
		Перев.	Мотронюк Т.І.						1
		Н.контр.	Букет О.І.				НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" ХТФ, ХЕ-91		
		Затв.	Касагін О.В.						
інв. № ориг.		Ванна гальванічна Складальне креслення							