

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

Хіміко-технологічний факультет

Кафедра технології електрохімічних виробництв

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ **Юрій ГЕРАСИМЕНКО**

«___» червня 2021 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія

**на тему: «Гальванічні покриття в машинобудуванні. Розробка технології
нанесення пластичного хромового покриття на латунні деталі»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ХЕ-71

Буряк Олександр Юрійович _____

Керівник: к.т.н., доц. Косогін Олексій Володимирович _____

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

Консультант з економічної частини: доц., к.т.н. Підлісна О. А. _____

Консультант з автоматизації: доц. Сазанов А.Ю. _____

Рецензент: _____

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

Студент _____

(підпис)

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 технологія та інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Юрій ГЕРАСИМЕНКО**

« ___ » червня 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Буряку Олександрю Юрійовичу

1. Тема проєкту *«Гальванічні покриття в машинобудуванні. Розробка технології нанесення пластичного хромового покриття на латунні деталі»*, керівник проєкту к.т.н., доц. Косогін Олександр Володимирович
Затверджені наказом університету від №1069-с від 26.04.2021
2. Термін подання студентом проєкту 12.06.2021 р.
3. Вихідні дані до проєкту Матеріали з практики. Зарубіжні та вітчизняні монографії та періодичні видання. Завдання з продуктивності 12000 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 хромування, екологічна безпека
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) 1) Креслення гальванічної ванни, 2) Схема автоматизації, 3) Схема технологічного процесу, 4) Очищення стічних вод, 5) Економічна частина

6. Консультанти розділів проєкту

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

7. Дата видачі завдання 1 квітня 2021 року _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Огляд літератури	13.04.21-15.04.21	
2	Написання теоретичної частини	16.04.21-25.04.21	
3	Написання технологічної частини	26.04.21-03.05.21	
4	Виконання розділу автоматизації	04.05. 21-10.05. 21	
5	Розрахунок економічної частини	11.05. 21-18.06. 21	
6	Написання екологічної частини і охорони праці	19.05. 21-23.05. 21	
7	Виконання графічної частини	24.05. 21-28.05. 21	
8	Написання висновків і заключне оформлення пояснювальної записки	29.06. 21-04.06. 21	
9	Кінцева перевірка диплому і його друк	05.06. 21-12.06. 21	

Студент

(підпис)

Олександр БУРЯК

Керівник проєкту

(підпис)

Олексій КОСОГІН

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту**

на тему: Гальванічні покриття в машинобудуванні. Розробка технології нанесення пластичного хромового покриття на латунні деталі.

Київ – 2021 року

РЕФЕРАТ

«Гальванічні покриття в машинобудуванні. Розробка технології нанесення пластичного хромового покриття на латунні деталі»

Буряк О.Ю.– Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», ХТФ, ХЕ–71
Дипломний проєкт, 2021 рік, кількість сторінок – 83, таблиць –18,
рисунків – 7 , джерел – 20.

У дипломному проєкті були розроблені технологічні процеси нанесення пластичного хромового покриття на латунні деталі. Хромування проводять в тетрахроматному електроліті за температури 18-24°C та катодної густини струму 60 А/дм².

В ході роботи проведено технологічні та техніко-економічні розрахунки, було запропоновано схему автоматичного регулювання процесу хромування та проаналізовано ризиковані фактори впливу, приведено заходи з охорони праці та техніки безпеки. Запропонована схема етапів обробки стічних вод.

Ключові слова: хромування, тетрахроматний електроліт, гальваніка, латунь, тетрахромат, технологічні розрахунки, баланс струму, баланс напруги, водоочистка, хромування латуні.

					ДП ХЕ7104.1450.000 ПЗ			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Буряк</i>				<i>Розробка технології нанесення пластичного хромового покриття на латунні деталі</i>	<i>Лист.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Перев.</i>	<i>Косогін</i>						5	82
<i>Н.контр.</i>					<i>«КПІ ім. Ігоря Сікорського», ХТФ, ХЕ–71</i>			
<i>Утв.</i>	<i>Герасименко</i>							

ABSTRACT

«Galvanic coatings in mechanical engineering,. Development of technology for applying plastic chrome coating on brass parts»

Buryak O.Y. - National Technical University of Ukraine

“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, CTF, HE-71

Diploma project, 2021. Number of pages – 83, tables - 18, pictures - 7 and literature – 20.

In that diploma project the technological process of applying a chrome coating on brass parts was developed. Chromium plating was done in a tetrachromate electrolyte at a temperature of 18-24 °C and a cathode current density of 60 A/dm². In the course of work technological and technical and economic calculations was discussed, the scheme of automatic regulation of chromium plating process were offered, dangerous factors of influence was analyzed and safety measures were resulted. The scheme of sewage regimen is offered.

Key words: chromium plating, tetrachromate electrolyte, electroplating, brass, tetrachromate, technological calculations, current balance, voltage balance, water treatment, brass chromium plating..

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		6

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. Технологічна частина.....	10
1.1 Характеристика латунної деталі	10
1.2 Вибір хромового покриття та їх види	11
1.3 Вибір операцій підготовки поверхні виробів перед нанесенням гальванічного покриття.....	12
1.4 Порівняльна характеристика електролітів та його вибір.....	Ошибка!
Закладка не определена.	
1.5 Приготування тетрахроматного електроліту.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.6 Вибір анодів	Ошибка! Закладка не определена.
1.7 Технологічна карта процесу.....	21
1.8 Контроль якості покриття.....	22
1.9 Види браку та неполадки при гальванічному хромуванні.....	24
1.10 Зняття недоброякісних хромових покриттів.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.11 Вибір і розрахунки обладнання для нанесення гальванічних покриттів .	25
1.11.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання	25
1.11.2 Визначення виробничої програми обладнання.....	26
1.11.3 Вибір виду обладнання для нанесення гальванічного покриття, розрахунок його кількості та габаритних розмірів.....	26
1.12 Технологічні розрахунки.....	31
1.12.1 Баланс струму на гальванічній ванні	31
1.12.2 Баланс напруги на електрохімічних ваннах.....	32
1.12.3 Вибір джерела струму для гальванічної ванни.....	33
1.12.4 Визначення джоулевої теплоти, складання балансу енергії.....	34
1.12.5 Тепловий розрахунок для гальванічних ванн	35

					ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1.12.6 Розрахунок витрат енергоносіїв для забезпечення теплового режиму..... 37

1.12.7 Розрахунок витрат матеріалів..... 38

РОЗДІЛ 2. Автоматичне регулювання параметрів гальванічного процесу пластичного хромування 45

2.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації..... 45

2.2 Опис розробленої схеми автоматизації..... 46

РОЗДІЛ 3. Економіко-організаційні розрахунки..... **Ошибка! Закладка не определена.**

3.1 Підприємство у промисловій структурі держави.... **Ошибка! Закладка не определена.**

3.2 Класифікація виробничих процесів..... **Ошибка! Закладка не определена.**

3.3 Оптимізація виду руху предметів праці..... **Ошибка! Закладка не определена.**

3.4 Чисельність персоналу та фонд заробітної плати.. **Ошибка! Закладка не определена.**

3.5 Вартість електроенергії та річних ОбФ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

3.6 Калькуляція на продукцію..... **Ошибка! Закладка не определена.**

3.7 Розрахунок техніко-економічних показників **Ошибка! Закладка не определена.**

РОЗДІЛ 4. Охорона праці 60

4.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проєктованому об'єкті. Заходи з охорони праці..... 60

4.1.1 Повітря робочої зони..... 60

4.1.2 Виробниче освітлення..... 64

4.1.3 Виробничий шум і вібрація 64

4.1.4 Електробезпека 65

4.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання..... 66

4.2 Пожежна безпека..... 67

РОЗДІЛ 5. Екологічна безпека гальванічного виробництва, очищення

					ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

стічних вод	71
<i>5.1 Призначення процесу очистки стічних вод.....</i>	<i>71</i>
<i>5.2 Очищення стічних вод від кислот, лугів та іонів важких металів</i>	<i>73</i>
ВИСНОВОК	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	76
ДОДАТОК А.....	78
ДОДАТОК Б	81
ДОДАТОК В.....	82

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		9

ВСТУП

У промислових галузях нанесення гальванічних покриттів займає важливу роль. Гальванічні покриття використовують для збереження деталей від корозії, а також надання функціональних властивостей: підвищеної поверхневої світловідбиваючої здатності, антифрикційних властивостей, твердості, зносостійкості тощо. За параметрами корозійної стійкості, чистотою, механічними властивостями та економічною доцільністю гальванічні покриття перевершують усі інші. Однією з переваг гальванічного нанесення покриттів є регулювання товщини покриття за рахунок зміни параметрів режиму, як час та густина струму електролізу.

Гальванічне хромове покриття відрізняється великою твердістю, міцністю та зносостійкістю, а також хімічною і термічною стійкістю, тому має широку область використання. Хромове покриття використовується як у декоративних цілях (воно не стає тьмянішим і не змінює свій колір навіть при нагріванні) так і для захисту від корозії та надання декоративного вигляду виробам.

Метою дипломного проекту є розробка технології нанесення пластичного хромового покриття на деталі з латуні продуктивністю 12 тис. м² на рік.

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						10
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 1. Технологічна частина

1.1 Характеристика латунної деталі

У дипломному проєкті розглядається осадження хромового покриття на латунну деталь. Дану деталь використовують у машинобудуванні для з'єднання трубопроводів, що широко використовуються в побуті та промисловості.

Деталь знаходиться у середовищі з підвищеною вологістю, має контакт з холодною водою та експлуатується з мінімальними механічними навантаженнями. Вона виконує з'єднувальну функцію трубопроводу з машиною і тому має бути стійкою до корозії. Деталь виготовлена з латуні (складу мідь 80%, цинк 20%), та виготовляється литтям з подальшою механічною обробкою, тому містить залишки мастил. В подальшому поступає на збирання запірних вентилів. Покриття має захищати від корозії, та мати молочний металічний колір. Площа деталі $0,0198\text{м}^2$, маса деталі $0,408\text{кг}$.

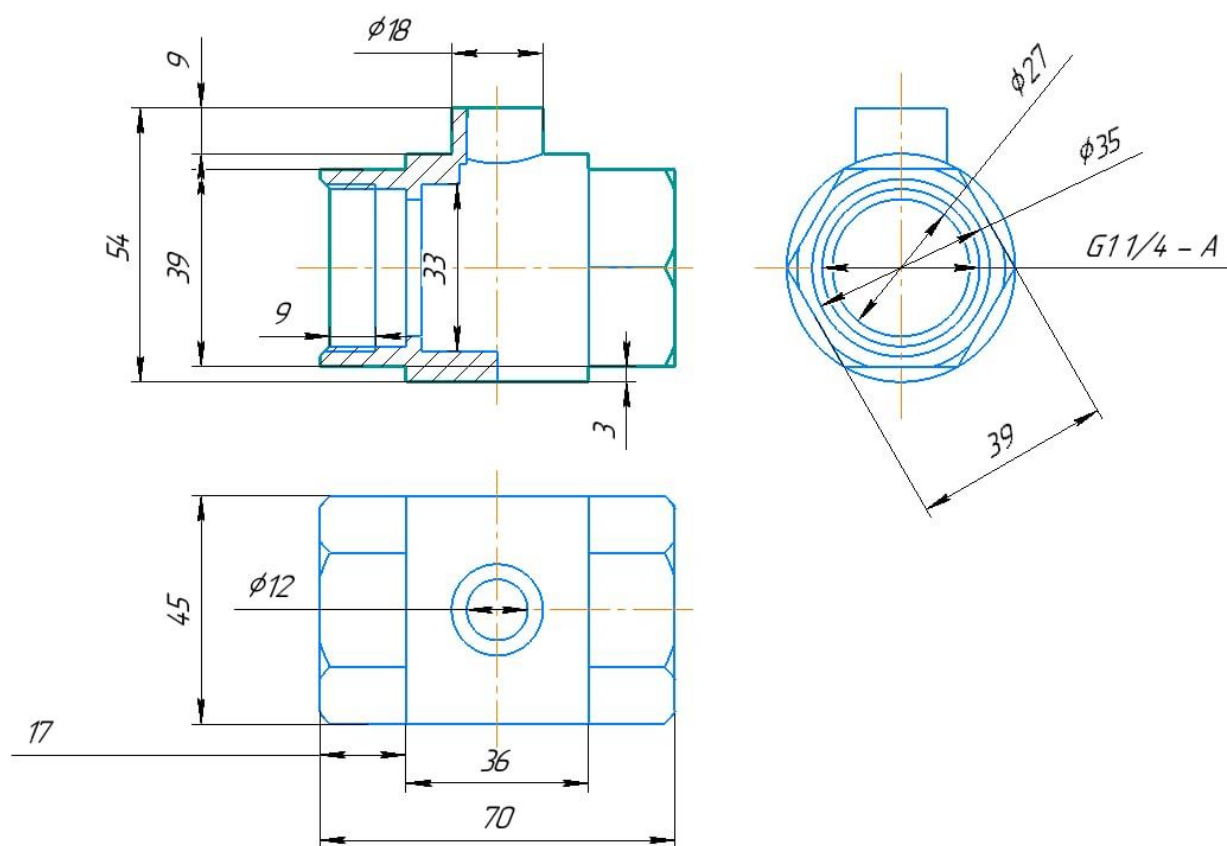


Рис. 1.1 Ескіз корпусу запорного крана з латуні

					ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

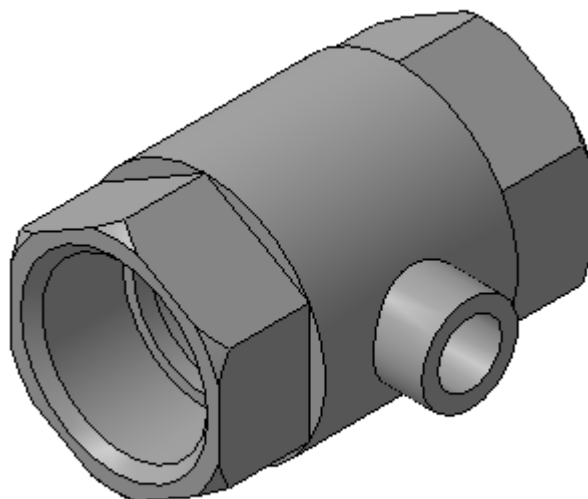


Рис.1.2 3D Ескіз корпусу запорного крана з латуні

1.2 Вибір хромового покриття та їх види

Хромові покриття підходять для поверхностей та деталей, які знаходяться в умовах агресивних середовищ та перепадах температур в якості захисно-декоративного та корозійно- стійкого покриттів.

Електрохімічно нанесений хром застосовують для підвищення зносостійкості деталей, поверхневої твердості, для захисту від корозії функціональних деталей зі сталі, міді та її сплавів, як латуні, а також в декоративному плані. Осадження саме пластичного покриття, яке має мінімальний коефіцієнт тертя не тільки надасть захист від корозії, але й підвищить зносостійкість деталі.

Покриття на деталі має бути в межах 15-20мкм для захисту від шкідливого впливу води і зовнішніх факторів, ідеальним варіантом для цього буде осаджувати покриття товщиною 20 мкм з тетрахроматного електроліту який дозволяє працювати без підігріву електроліту з високим показником розсіювальної здатності. Також цей електроліт надає можливість осаджувати покриття на вироби з латуні без проміжних

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						12
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

покриттів.

Виходячи з цього використання пластичного хромового покриття товщиною 20мкм буде доцільно в сантехніці, зокрема при виготовленні кранів для пральних та сушильних машин.

1.3 Вибір операцій підготовки поверхні виробів перед нанесенням гальванічного покриття

Перший етап підготовки поверхні – візуальний огляд прийманих деталей. Деталь, яка поступає на виробництво, зазвичай має жирові забруднення рослинного, тваринного походження або мінеральні масла.

Жири органічного походження при взаємодії з розчином лугу омиляються, утворюючи розчинні у воді мила. Мінеральні масла, які складаються з вуглеводневих сполук, можна видалити миючими засобами або органічними розчинниками.

Хімічне знежирення. Для усунення жирових забруднень необхідно провести знежирення деталей

Розчин хімічного знежирення, (г/л):

Тринатрій фосфат (ГОСТ 201-76)	–	30...70,
Натрію карбонат (ГОСТ 5100-76)	–	20...25,
Натрію гідроксид (ГОСТ 2263-79)	–	5...15,
Натрію силікат (ГОСТ 13078-81)	–	10...20.

Температура під час знежирення від 70 до 80 °С. Тривалість обробки не менше 20 хвилин.

Промивання в теплій проточній воді. Для фінального усунення жирів з покриття та видалення залишків розчину знежирення буде доцільним провести промивання у теплій проточній воді з температурою від 40 до 50 °С. Час промивання 60с.

Промивання в холодній проточній воді. Промивання проводять в проточній воді впродовж 2-3 хв з температурою 15...25 °С.

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Травлення. Після процесу видалення забруднень та жирових плівок мають бути видалені оксидні плівки, хімічні сполуки та іржа, які знаходяться на поверхні металу. Такі сполуки у надлишку перешкоджають осадженню гальванічних покриттів або послабляють адгезію.

Травлення проводять в розчині наступного складу (г/л):

H_2SO_4 - 800,

HNO_3 -100...110,

HCl - 2...5.

Температура під час травлення – 15-30°C, час обробки – 5-10 хв. [20]

Промивання в холодній проточній воді. Промивання проводять в проточній воді впродовж 2-3 хв з температурою 15...25 °С.

Активація. Активація це процес видалення з поверхні деталі тонкого шару оксидів, які могли утворитись між процесами підготовки поверхні металу.

Активацію проводять в розчині наступного складу (г/л):

HCl - 300...350

Температура під час активації 18-25°C, час обробки – 0,25...0,5.

Далі деталі промивають в холодній проточній воді. При активації відбувається незначне травлення верхнього шару металу та виявлення кристалічної структури металу, що збільшує адгезію.

Промивання в холодній проточній воді. Промивання проводять в проточній воді впродовж 1 хв з температурою 15...25 °С.

1.4 Порівняльна характеристика електролітів та його вибір

Головною складовою електролітів хромування є хромовий ангідрид. Внаслідок використання нерозчинних анодів витрата хромового ангідриду має постійно компенсуватися.

Низький вихід за струмом призводить до виділення значної кількості водню, який частково проникає в основний метал, викликаючи сильне наводнення, яке іноді призводить до відшарування покриттів або появи тріщин

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		14

в основному металі.

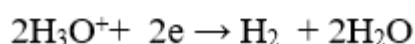
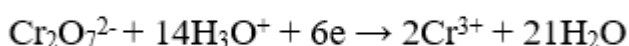
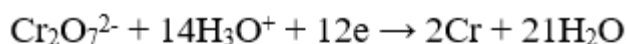
Стандартний електроліт хромування наступного складу, (г/л):

CrO_3 – 220 ...250,

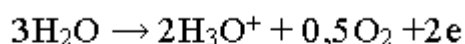
H_2SO_4 – 2,2 ...2,5

Електрохімічні процеси на електродах у стандартному електроліті:

Катодні процеси:



Анодні процеси:



Для забезпечення високої якості потрібен електроліт з високою розсіювальною властивістю, так як осадження проводиться на складнопрофільні деталі.

Види електролітів для електроосадження хромових покриттів:

- сульфатні;
- саморегулювальні;
- фторидні;
- тетрахроматні.

Сульфатні електроліти

Найрозповсюдженіший електроліт для осадження хрому складається з CrO_3 та H_2SO_4 при співвідношенні по масі між цими компонентами 100:1 (при такому співвідношенні компонентів в електроліті реалізується максимальний вихід хрому за струмом). Стандартний вміст CrO_3 150 – 300 г/л.

Перевага сульфатних електролітів – покриття найвищої твердості серед всіх інших електролітів. Найкращий за характеристикою твердості є розведений сульфатний електроліт.

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		15

Не дивлячись на отримання покриттів найвищої твердості серед всіх інших електролітів, недоліками цих електролітів є порівняно низький вихід за струмом та погана розсіювальна здатність, яка робить використання цього електроліту недоцільним для деталей, які розглядаються в даному проєкті.

Фторидні електроліти

Здебільшого ці електроліти використовуються при низьких температурах для осадження зносостійних покриттів.

Склад електроліту (г/л):

CrO_3 – 300-400

$\text{KF}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 8-12

Режим роботи: $T=20-30^\circ\text{C}$, $i_k=10\text{A}/\text{дм}^2$.

В них є багато позитивних якостей, як, наприклад, можливість ведення процесу за кімнатної температури, відносно високу розсіювальну здатність електроліту, меншу критичну густину струму та високий вихід за струмом.

Недоліками фторидних електролітів є відносно висока агресивність та формування шару фториду свинцю, яка має великий електричний опір. Покриття хрому з цього електроліту мають відносно низьку твердість.

Саморегулювальні електроліти.

Саморегулюючий електроліт відрізняється від універсального тим, що в нього вводять малорозчинні солі, як сульфат стронцію і кремнефторид калію в кількостях, які дещо підвищують їх розчинність в електроліті, завдяки чому концентрацію аніонів SO_4^{2-} можна підтримувати практично постійною. Саморегулюючі електроліти для хромування успішно використовуються для отримання комбінованих покриттів різного призначення. Температура електроліту підтримується в межах $55 - 65^\circ\text{C}$.

Саморегулюючий електроліт відрізняється більшою продуктивністю, але порівняно з сульфатними, має досить широкую зону блискучих опадів, має високу розсіювальну здатність. Позитивною властивістю цього

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		16

електроліту є також стабільність його роботи (автоматичне саморегулювання концентрації аніону SO_4), мала чутливість до забруднення залізом та іншими металами.

Як речовини, що забезпечують наявність в електроліті сторонніх аніонів, застосовуються такі сполуки як SrSO_4 , K_2SiF_6 , CaF_2 .

Склад саморегулюючого електроліту (г/л):

Хромовий ангідрид - 250...300,

Сульфат стронцію - 6,

Гексафторсилікат калію - 20

Режим роботи електроліту наступний: температура $50...70^\circ\text{C}$, $i_k=40...100 \text{ А/дм}^2$, вихід за струмом $V_c=18...20\%$.

Головним недоліком саморегулювальних електролітів є їх висока агресивність, дороговизна та покриття отримують з гіршими механічними характеристиками, ніж покриття, осаджувані з сульфатних електролітів.

Тетрахроматний електроліт

З даного електроліту отримують виключно захисно-декоративні покриття.

Тетрахроматний електроліт має наступний склад:

CrO_3 – 350-400 г / л

NaOH – 40-60 г / л

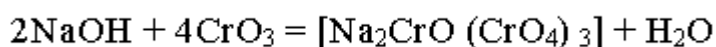
H_2SO_4 – 2,5-3,0 г / л

Електроліт використовується при температурі $15-24^\circ \text{C}$, так як тетраchromat при більш високій температурі нестійкий. В результаті зв'язування більшої частини хромової кислоти (у вільному вигляді залишається 80-100г/л) агресивність електроліту стрімко зменшується та в ньому дозволено безпосередньо хромувати без проміжного міднення і нікелювання виробу з латуні, цинкового сплаву і сталі, що дуже доречно у нашому випадку.

Можливість безпосередньо наносити хром з тетраchromатних

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						17
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

електролітів на сталь, латунь і цинкові сплави пояснюється тим, що в результаті нейтралізації хромової кислоти агресивність розчину помітно знижується. У електроліті утворюється тетрахромат натрію по реакції:



Для стандартного протікання процесу необхідно підтримувати певне співвідношення між концентрацією Cr^{6+} і Cr^{3+} . Це співвідношення регулюється кількістю введеного відновника.

Допустима густина струму в тетрахроматних електролітах становить 10-60 А/дм². Внаслідок високої густини струму електроліт сильно нагрівається, тому необхідно безперервно охолоджувати його, щоб температура не перевищувала 24 °С. Висока густина струму і низька температура забезпечують високий вихід за струмом (30%), який приблизно удвічі більше, ніж в стандартних або саморегулюючих електролітах. Швидкість осадження хрому в тетрахроматних електролітах доходить до 1 мкм /хв. А висока розсіювальна зданість елекроліту така, що без допоміжних анодів можна покривати поверхню виробів зі складним профілем.

Покриття мають рідку сітку тріщин і знижену пористість, внаслідок чого вони можуть, в порівняно тонких шарах, захищати основний метал від корозії.

Безпосереднє хромування в тетрахроматних електролітах має свої обмеження. За своєю твердості покриття поступаються отриманим зі звичайних або саморегулюючих електролітів і в шарах значної товщини розриваються. Отже, їх недоцільно використовувати для захисту деталей, що труться від механічного зносу. У той же час покриття виходять матовими і доведення їх механічним поліруванням до високого блиску, як це потрібно при захисно-декоративному хромуванні, пов'язане з великими фізичними зусиллями.

Оскільки передбачається нанесення покриття на деталі зі складною конфігурацією, які виготовлені з латуні буде доречно використовувати саме тетрахроматний електроліт складу $C_{\text{CrO}_3} = 400 \text{ г/л}$; $C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 3 \text{ г/л}$; $C_{\text{NaOH}} = 60 \text{ г/л}$.

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		18

Режим роботи електроліту наступний: $T=18-24^{\circ}\text{C}$, $V_T=30\%$, $i_k=60 \text{ А/дм}^2$

Час обробки деталей у ванні розраховуються за формулою:

$$\tau_m = \frac{\delta \cdot d_M \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{V_c \cdot K_e \cdot i_a} = \frac{20 \cdot 7,19 \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{0,3 \cdot 0,324 \cdot 60} = 14,79 \text{ (хв)}$$

Тетрахроматний електроліт має високу розсіювальну здатність та дозволяє безпосередньо хромувати без проміжного шару. До того вихід за струмом в цьому електроліті досягає 30% при температурі, не більше за 24°C .

1.5 Вибір електроліту хромування

Хромування електрохімічне. Нанесення «пластичного» безпористого хромового покриття забезпечить надійну корозійну стійкість. Колір покриття сірий. Покриття наносять з тетрахроматного електроліту хромування,

складу (г/л):

CrO_3 – 350-400

NaOH – 40-60

H_2SO_4 – 2,5-3,0

Електроліт використовується при температурі $15-24^{\circ}\text{C}$, $i_k=60\text{А/дм}^2$, $V_T=30\%$.

Після активації деталей хромування виробів з латуні протягом перших 1..2 хвилин густина струму має бути в 2..3 рази більше за рекомендовану величину густини струму, так званий «поштовху» струму після чого протягом 1..2 хвилин густину струму знижують до нормальної величини.

Для підтримання високого виходу за струмом розчин має постійно охолоджуватися, температура не повинна підійматися більше за 24°C .

1.6 Приготування тетрахроматного електроліту

Для приготування тетрахроматного електроліту спочатку розчиняють хромовий ангідрид і визначають в розчині вміст сульфатів. Розчин гідроксид натрію обережно доливають до розчину хромового ангідриду. В охолодженний розчин вводять сірчану кислоту.

Для коригування хромових електролітів готують концентрований розчин хромового ангідриду. При накопиченні в електроліті великих

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						19
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кількостей тривалентного хрому розчин опрацьовують постійним струмом 2-3 год. Аноди виготовляють зі свинцю, в якості катодів застосовують залізні стрижні. Анодна густина струму 1-1,5 А / дм², катодна повинна бути більше.

1.7 Вибір анодів

Застосовувати розчинні аноди в ваннах для хромування виявилось не практичним. Хромові аноди недоцільно застосовувати тому, що анодний вихід за струмом вище катодного. Крім того, в залежності від умов електролізу (температури та густини струму) хром переходить в розчин у вигляді іонів різної валентності та внаслідок крихкості самого металу аноди важко піддаються механічній обробці, в зв'язку з чим не завжди можна надати їм належну форму.

В гальванічних ваннах хромування рекомендують підтримувати співвідношення анодної та катодної поверхні в діапазоні від 1:2 до 2:3. Таке співвідношення анодних та катодних густин струму дозволяє встановити рівновагу при якій на аноді окислюється однакова кількість тривалентного хрому, який потрапляє с катодної зони

На свинцевих анодах, особливо при частих і тривалих перервах в роботі, утворюється твердий шар хромату свинцю (II). Цей шар створює значний опір проходженню струму і цим обумовлює підвищення робочої напруги. Щоб уникнути утворення такого шару рекомендується на ніч залишати аноди в воді, а для видалення шару можна застосовувати сталеву щітку або травлення в розчині соляної кислоти (1:1 до води, чи у 10% розчині гідроксиду натрію).

Великого поширення набули аноди зі сплаву свинцю з 6-8% Sb. Стійкість їх в хромовій кислоті вище, ніж чистого свинцю. Для хромування великих поверхонь застосовують свинцеві листи, просвердлені в декількох місцях для вільної циркуляції електроліту.

Товщина анодів в залежності від інших розмірів буває 3-12 мм, для цього дипломного проєкту обран максимальний розмір в 6мм.

Треба зберігати співвідношення анодної поверхні до катодної в межах від 1:2 до 2:3 через те, що чим більша поверхня анодів, тим краще окислюється

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		20

тривалентний хром.

У даному дипломному проєкті використовуються аноди зі сплаву свинцю, сурмою та оловом. Склад: 90 % Pb, 8 % Sb й 2 % Sn. Аноди мають пластинчатий вигляд. Під час експлуатації на аноді утворюється плівка оксиду свинцю темно-коричневого кольору, що погано проводить струм. По цій причині опір анода зростає та їх варто чистити один раз на місяць.

Для очистки анодів використовується розчин соляної кислоти з водою в співвідношенні 1:1 або у 10 % розчині їдкого натрія. Після чого аноди промиваються дистильованою водою, а залишкова оксидна плівка видаляється механічно, за допомогою металевих щіток.

1.8 Зняття недоброякісних хромових покриттів

Видалення неякісних хромових покриттів виконується або хімічним або електрохімічним способом. Хімічний спосіб - розчиненні дефектного шару покриття в хлоридній кислоті концентрації HCl 120 г/л за температурою розчину 25-35°C.

При електрохімічному - хромове покриття піддають анодному розчиненню в електролізі з гідроксидом натрію у кількості 150-200 г/л. Електроліз проводиться за такими параметрами: $t = 40 \dots 60^\circ\text{C}$, $i_a = 25 \text{ А/дм}^2$.

1.9 Вибір завершальних операцій

Промивання у ванні уловлювання. Після процесу електроосадження шару хрому на поверхність деталі її потрібно промивати у непроточній воді для уловлювання тетрахромового електроліту. Даний розчин використовується для поповнення хромової ванни або йде на утилізацію.

Промивання в холодній проточній воді. Промивання проводять в проточній воді впродовж 2-3 хв з температурою 15...25 °C. [2].

Висушування. Процес сушіння проводять у сушильній шафі. Деталі сушать гарячим повітрям при температурі 70-90 °C. Якщо температура менше 70 °C, сушіння виконують до повного видалення вологи.

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		21

Демонтаж. Проводять на монтажному столі - демонтують деталі з катодних штанг.

Контроль. Проводять перевірку стану поверхні деталей. Наявність вільних місць без покриття не допускається, колір шару хрому має бути сріблястий, матовий.

1.10 Технологічна карта процесу

Таблиця 1.7 – Технологічна карта процесу

№	Операція		Склад розчину і концентрація		Режим			Примітка
	Назва	Зміст	Назва хімічна формула	г/л	Час обробки, хв	t, °C	i, А/дм ²	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
010	Контроль	Перевірка поверхні 2-5% деталей						Контроль стану поверхні деталей за ГОСТ 9.301-86
020	Монтаж	Змонтувати деталі на пристосування, мідний гак						
030	Знежирення хімічне	Проводять в ванні хімічного знежирення.	Na ₃ PO ₄ Na ₂ CO ₃ NaOH Na ₂ SiO ₃	30...70 20...25 5...15 10...20	20 хв, до повного знежирення	70 ... 80		Контроль температури проводять на початку зміни потім через 4 год термометром спиртовим
040	Промивання	Промивають деталі в теплій проточній воді	Вода проточна		1	50 ... 60		Застосовують воду питну ГОСТ 2874-82
050	Промивання	Промивають деталі в холодній проточній воді	Вода проточна		0,25... 0,5	18 ... 25		Застосовують воду питну ГОСТ 2874-82
060	Травлення хімічне	Проводять травлення в розчині кислоти	H ₂ SO ₄ HNO ₃ HCl	800 100...110 2...5	10... 15	5... 10		Приготування і коректування електроліту проводити згідно ОСТ 107.460092.001-86

					ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
070	Промивання	Промивають деталі в холодній проточній воді	Вода питна		0,25... 0,5	18... 25		Застосовують воду питну ГОСТ 2874-82
080	Активация хімічна	Активувати в розчині кислоти	HCL	300...3 50	0,25... 0,5	18... 25		
090	Промивання	Промивають деталі в холодній проточній воді	Вода питна		0,25... 0,5	18... 25		Застосовують воду питну ГОСТ 2874-82
100	Хромування електрохімічне	Хромування в тетрахроматному електроліті	CrO ₃ H ₂ SO ₄ NaOH	350... 400 2,5...3,5	40... 60	15... 24	10 ... 60	На початку електролізу застосувати катодний «поштовх» струму в 1,5 рази більше робочого
110	Промивання у ванні вловлювання	Промивають деталі непроточною холодною водою	Вода деіонізована		0,25... 0,5	18... 25		Застосовують деіонізовану воду
120	Промивання	Промивають деталі холодною проточною водою	Вода водопровідна		0,25... 0,5	18... 25		Застосовують воду питну ГОСТ 2874-82
130	Сушіння	Сушать деталі гарячим повітрям в сушильній шафі			10... 20	70... 90		Сушити до повного видалення вологи
140	Демонтаж	Демонтують деталі з пристосування						
150	Контроль	Перевірка поверхні 100 % деталей.						Контроль стану поверхні деталей за ГОСТ 9.301-86

1.11 Контроль якості покриття

Якість хромового покриття повинно відповідати вимогам ГОСТ 9.301

- 94 Покриття металеві і неметалічні неорганічні. Візуально оцінюється стан

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>			Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				23

поверхні і фіксуються такі дефекти, як шишкуваті нарости, непокріті ділянки, відшаровування, подгара і плямистість.

Товщина покриття і пористість визначаються по ГОСТ 9.302 - 94 Покриття металеві і неметалічні неорганічні. Для перевірки товщини покриття відбираються від 0,1 до 1 % деталей з кожної партії, але не менше 3 деталей.

Зовнішній вигляд захисного хромового покриття матовий, молочний; покриття гладке, без вздуттів і без будь-яких зовнішніх ознак відшаровування.

Мінімальна товщина шару повинна відповідати технологічній документації. З огляду на те, що властивості хромового покриття істотно залежать від режиму хромування і недостатньо характеризуються зовнішнім виглядом покриття, доцільно проводити операційний контроль, звернувши особливу увагу на операцію анодного активування і режим хромування (густина струму і температуру електроліту).

На виробництві повинна бути встановлена оптимальна періодичність аналізу та коригування ванн, щоб при середньому завантаженні склад електроліту відповідав заданій рецептурі. Визначення товщини шару хрому рекомендується проводити приладами, заснованими на магнітному або електромагнітному методі.

Метод вихрових струмів для хромових покриттів не придатний. При цьому методі товщина покриття оцінюється по його опору, а у хромових покриттів вона залежить від режиму хромування.

Пористість хромового покриття визначається за допомогою метода занурення. При проведенні досліду виріб занурюють в наступний розчин:

$K_3[Fe(CN)_6]$.. 10 г/л

NaCl .. 20 г/л

Дослід проводять протягом 5 хв за температурою 18-30 °С.

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		24

Після чого рахують кількість синіх точок, що рівні кількості пор, їх підраховують на 1 см² поверхні. 3 пори

1.12 Види браку та неполадки при гальванічному хромуванні

Таблиця 1.9– Неполадки ванн хромування та способи їх усунення.

Тип неполадки	Причина	Методи виправлення
Погана адгезія	Погана підготовка поверхні нанесенням покриття; Низька густина струму	Переробити розчин знежирення та активації Підвищити густина струму
Матове; пригоріле покриття	Висока густина струму (за співвідношенням до температури) Завішування холодних деталей.	Установити правильний режим електролізу з потрібними пропорціями Обов'язково прогрівати деталі перед завішуванням у ванну.
Відсутність покриття у складнодоступних місцях деталі	Надлишок сульфатної кислоти	Понизити вміст сульфатної кислоти методом розведення електроліту водою й додавання хромового ангідриду.
Покриття лущиться	Неправильне розташування деталей у просторі ванни чи неправильне розташування захисних катодів	Встановити компоненти електролітичної ванни відносно один одного правильно
Покриття має темний колір	Забгато тривалентного хрому Мало сульфатної кислоти	Проробити електроліт струмом Додати сульфатну кислоту

Продовження таблиці 1.9

Відшаровування покриття	Неправильне співвідношення між температурою електроліту й густиною струму Погане знежирення Різке підвищення густини струму або зниження температури	Відрегулювати режим хромування Поліпшити підготовку виробів перед хромуванням Відрегулювати режим хромування
Зернистість або вздуття покриття	Погана підготовка перед хромуванням Забруднення електроліту твердими частинками Підвищений вміст тривалентного хрому	Поліпшити підготовку Профільтрувати електроліт Проробити ванну струмом
Темні смуги й крапки на покритті	Недостатній вміст сульфатної кислоти	Добавити кислоту

1.13 Вибір і розрахунки обладнання для нанесення гальванічних покриттів

1.13.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання

Проміжок часу, витрачений на роботу обладнання визначається за допомогою режиму роботи підприємства, технологічною схемою данного процесу та певними особливостями технічного обладнання.

Номінальний фонд часу роботи за рік технічного устаткування T_n при виробництві з урахуванням перервам обчислюють з кількості календарних днів на рік (365) з врахуванням вихідних (104) та святкових (11) днів, за п'ятиденним робочим тижні тривалістю 40 год. та двозмінній роботі складає приблизно:

$$T_n = ((365 - 104 - 11) \cdot \frac{40}{5} - 6) \cdot 2 = 3998 \text{ год}$$

Дійсний річний фонд часу роботи технічного устаткування T_d (год.)

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

вираховують, виходячи із T_n з урахуванням загальних річних витрат часу на гарантовані простої обладнання (K_{np}), що складають 2...10% в гальванічному виробництві. Приймаємо K_{np} за 5%, розрахунок набуває такого вигляду:

$$T_d = T_n - K_{np} \cdot T_n = 3988 - 0,05 \cdot 3988 = 3868 \text{ год}$$

1.13.2 Визначення виробничої програми обладнання

Для визначення виробничої програми на рік P_p виробниче завдання P_3 необхідно збільшити на величину виправного браку продукції, який знаходиться у діапазоні 0,5...3 % ($K_{бр} = 0,005...0,03$) від P_3 в одиницях, що затверджені для даного типу виробів:

$$P_p = P_3 + P_3 \cdot K_{бр}$$

$$P_p = 12000 + 12000 \cdot 0,03 = 12360 \text{ м}^2/\text{рік}$$

Виробнича програма на добу $P_{доб}$ становить:

$$P_{доб} = P_p / T_{доб}$$

$$P_{доб} = 12360 / 251 = 49,24 \text{ м}^2/\text{добу}$$

де $T_{доб}$ – кількість робочих днів на календарний рік.

Виробнича програма на годину $P_г$ визначається за наступним рівнянням:

$$P_г = P_p / T_г$$

$$P_г = 12360 / 3868 = 3,195 \text{ м}^2/\text{год}$$

1.13.3 Вибір типу обладнання для нанесення гальванічного покриття, розрахунок кількості обладнання та габаритних розмірів

Виходячи з розмірів даних виробів та характеристикою технологічного процесу обираємо вид обладнання. Нанесення покриття на деталі здійснюємо у гальванічних ваннах, обладнаних підвісними пристроями .

Для обчислення параметрів обладнання маємо вихідні дані:

- виробнича програма на рік: $12000 \text{ м}^2 \cdot \text{рік}^{-1}$;
- час, за який проходить обробка однієї підвіски з деталями з урахуванням затраченого часу на завантаження і вивантаження τ , хв;
- товщина покриття на виробі: 20 мкм;

					ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- габаритні розміри деталі та її площа: $l = 0,07$ м, $h = 0,054$ м, $w = 0,045$ м, $S = 0,0198$ м² згідно до ескізу деталі.

Тривалість процесу обробки завантажувальної одиниці (підвіски у випадку цього проектуемого виробництва) τ komponується із двох величин:

$$\tau = \tau_m + \tau_{об}$$

де τ_m – технологічний час (за які деталі оброблюються у ванні) обчислюється за формулою:

$$\tau_m = \frac{\delta \cdot d_M \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{B_c \cdot K_e \cdot i_k} = \frac{20 \cdot 7,19 \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{0,3 \cdot 0,324 \cdot 60} = 14,79 \text{ (хв)}$$

де $\delta = 20$ мкм – товщина покриття на деталі; $d_M = 7,19$ г/см³ – густина металу

покриття; $B_c = 0,3$ – вихід за струмом на катоді; $K_e = \frac{52}{6 \cdot 26,8} = 0,324$ г/(А·год) –

електрохімічний еквівалент хрому; $\tau_{об} = 2$ хв – час, за який необхідно провести завантаження деталей у електрохімічну ванну та їх вивантаження;

$i_k = 60$ А/дм² – середня катодна густина струму. Час електролізу 14,79 хв.

Виходячи з дійсного річного фонду часу роботи устаткування T_d та тривалості процесу обробки на одне завантаження ванни τ визначають сумарне значення оброблюваних завантажень n :

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

де $K_{об}$ – коефіцієнт, який ураховує затрати часу на перший запуск устаткування, завершальне вивантаження з ванни та на додаткові операції: для роботи в 1 зміну $K_{об} = 1,06 \dots 1,1$; у 2 зміни – $1,03 \dots 1,05$; у 3 зміни – $K_{об} = 1,02 \dots 1,04$, прийmemo 1,03, тоді:

$$n = \frac{3868 \cdot 60}{14,79 \cdot 1,03} = 15234 \text{ завантажень}$$

Тоді завантаження усіх ванн на один раз $Y_c, \text{ м}^2$:

$$Y_c = \frac{P_p}{n} = \frac{12360}{15234} = 0,811 \text{ (м}^2\text{)}$$

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						28
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після даних операцій розраховують кількість гальванічного устаткування та габаритні розміри на основі параметрів оброблюваних деталей та наявності гальванічного обладнання у цеху.

Обираємо стандартну ванну з поліпропілену, який має високі параметри хімічної стійкості, термостійкості, зносостійкості, механічної міцності та високим опором ударним навантаженням та задовольняє режим роботи з електролітом хромування, що є достатньо агресивним середовищем.

Пропіленові ванни виготовляють у виді блочних конструкцій (рис. 1.3), які уже укомплектовані ребрами жорсткості, тому допоміжна обв'язка не передбачена [8].

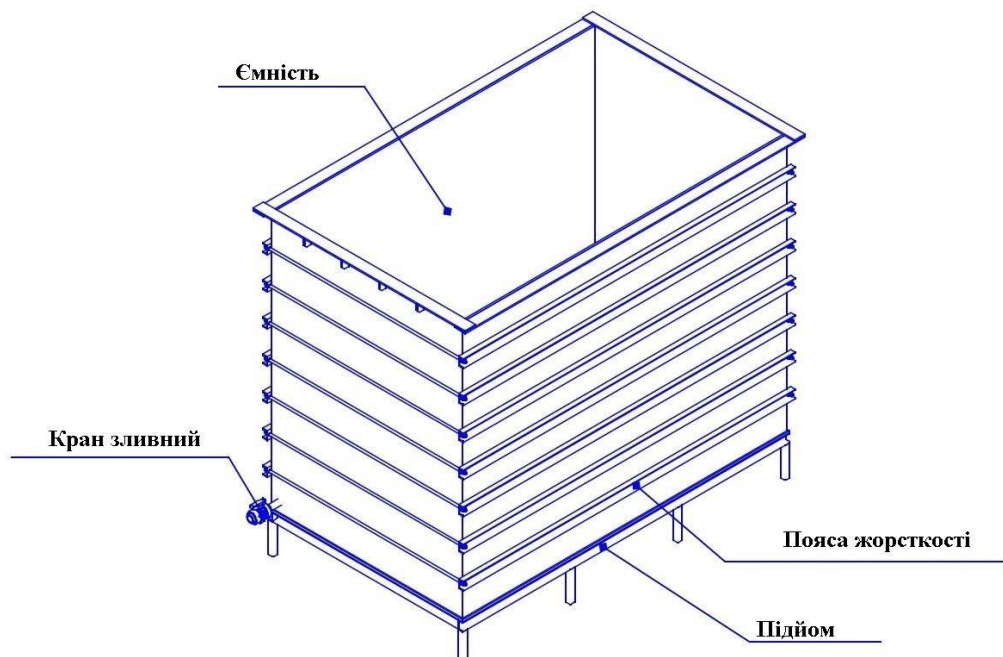


Рис 1.3 Гальванічна ванна із поліпропілену без системи охолодження

Розміри ванн, встановлених у цеху за місцем проходження практики відповідають наступним габаритам: $b=800\text{мм}$; $l=1200\text{мм}$; $h=800\text{мм}$.

Виходячи із даних габаритів ванни, обчислюємо довжину l_n та висоту h_n підвіски:

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

де l – внутрішня довжина ванни – 1 м; l_1 – відстань від кінця підвіски до

					ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

борту ванни (беремо у діапазоні 0,10...0,15 м).

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

$$h_n = 0,8 - 0,15 - 0,05 - 0,2 = 0,4 \text{ м}$$

де h – внутрішня висота ванни, яка дорівнює 0,8 м; h_1 – проміжок від дна ванни до найнижчої точки підвіски розміром 0,15 м; h_2 – відстань від найвищої точки підвіски до дзеркала електроліту, яку приймаємо за 0,05 м; $h_3 = 0,2$ м – відстань від дзеркала електроліту до найвищої точки ванни.

Визначивши фактичні розміри підвіски та знаючи фактичні розміри деталей, визначаємо кількість деталей n_d , яку можна розташувати на одну підвіску (між деталями повинні бути зазори, деталі не повинні екранувати одна одну).

$$n_d = 44 \text{ штуки}$$

Обчислємо сумарну площу деталей S_n , які завішують на одну підвіску (м^2):

$$S_n = S_d \cdot n_d = 0,0198 \cdot 44 = 0,8712 \text{ м}^2$$

де S_d – поверхня однієї деталі 0,0198 м^2 ;

n_d – кількість деталей на підвісці 44.

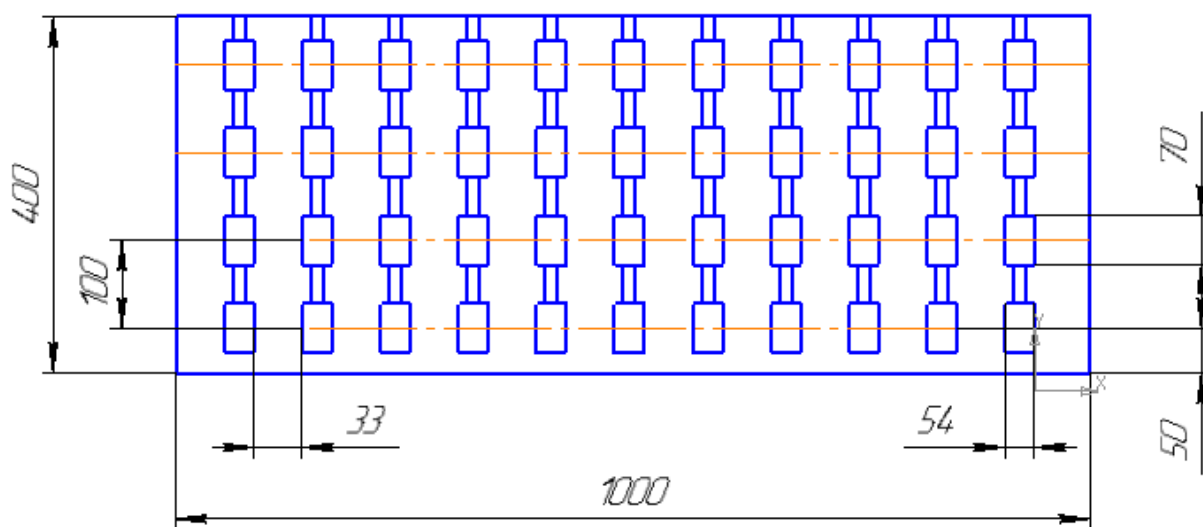


Рис. 1.4 Фактичне розташування деталей на підвісці

Визначаємо площу одиничного завантаження у ванну S_{03} , м^2 :

					ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$S_{03} = S_n \cdot N_n = 0,8712 \cdot 1 = 0,8712 \text{ м}^2$$

де N_n – кількість підвісок що одночасно завантажують у ванну. $N_n = 1$ у випадку використання підвіски рамкової конструкції для однопозиційної ванни.

Проводимо розрахунок відстані між анодом і найближчою точкою підвіски з деталями l_{a-k} та перевіряємо, чи відповідає вона стандартному значенню, яке повинно складати від 0,10 до 0,25м, що необхідно для забезпечення кращих умов осадження покриття.

$$l_{a-k} = \frac{B - B_n - 2 \cdot B_a - 2 \cdot B_1}{2} = \frac{0,8 - 0,07 - 2 \cdot 0,01 - 2 \cdot 0,15}{2} = 0,205 \approx 0,2 \text{ м}$$

де B – внутрішня ширина ванни, $B = 0,8$ м; B_n – товщина підвіски з деталями, $B_n = 0,07$ м; B_a – товщина анодів, $B_a = 0,06$ м; B_1 – проміжок між анодом і боковою стінкою ванни, прийmemo, $B_1 = 0,15$ м.

Використовуючи розраховану величину одноразового завантаження ванни S_{03} , проводимо розрахунок кількості ванн, необхідних для виконання виробничої програми на рік:

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

$$n_B = \frac{Y_c}{S_{03}} = \frac{0,811}{0,8712} = 0,93 \approx 1 \text{ ванна.}$$

Виходячи з розрахованої кількості ванн, обчислюємо річну продуктивність вибраного устаткування, P_p' :

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

$$P_p' = 0,93 \cdot 1 \cdot \frac{3868 \cdot 60}{14,79 \cdot 1,03} = 14168 \text{ м}^2/\text{рік}$$

та коефіцієнт завантаження устаткування:

$$K_{зав} = \frac{P_p}{P_p'} = \frac{12360}{14168} = 0,872.$$

При розрахунку технологічного устаткування рекомендується, знаходження величини $K_{зав}$ у діапазоні 0,8...0,95.

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						31
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.14 Технологічні розрахунки

1.14.1 Баланс струму на гальванічній ванні

При виборі джерела живлення необхідно визначити силу струму на гальванічній ванні. Сила струму I , A на ванні визначається як добуток величини технологічної густини струму на катоді I_k , A/m^2 на площу деталей завантаження на один раз S_{03} , m^2 :

$$I = K i_k S_{03}$$

де коефіцієнт K ураховує витрати електрики на осадження металу на контактах підвісного пристрою, вибирають його у межах $K = 1,03 \dots 1,15$ [9].

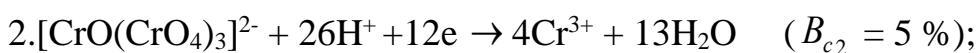
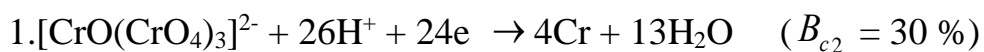
При розрахунках приймається верхнє допустиме значення катодної густини струму.

Сила струму на ванні хромування:

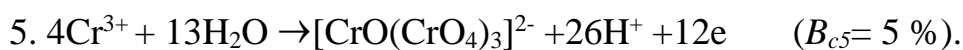
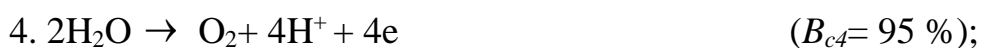
$$I = 1,13 \cdot 6000 \cdot 0,8712 = 5907 \text{ A}$$

У тетрахроматному електроліті хромування на електродах перебігають такі електрохімічні процеси:

на катоді:



на аноді:



Сила струму, що витрачається на кожну з реакцій: на катоді:

$$I_1 = \frac{I \cdot B_{c1}}{100} = \frac{5907 \cdot 30}{100} = 1772 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{I \cdot B_{c2}}{100} = \frac{5907 \cdot 5}{100} = 295 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{I \cdot B_{c3}}{100} = \frac{5907 \cdot 65}{100} = 3839 \text{ A}$$

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

на аноді:

$$I_4 = \frac{I \cdot B_{c4}}{100} = \frac{5907 \cdot 95}{100} = 5611 \text{ A}$$

$$I_5 = \frac{I \cdot B_{c5}}{100} = \frac{5907 \cdot 5}{100} = 295 \text{ A}$$

Результати розрахунків зводимо у таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 Баланс електрики ванни хромування на одну годину роботи

Надходження	Q, А·год	%	Витрати	Q, А·год	%		
На катоді: Від зовнішнього джерела струму	5907	100	Виділення хрому за Реакцією 1	1772	30		
			Відновлення Cr ⁶⁺ до Cr ³⁺ за реакцією 2			295	5
			Виділення водню за реакцією 3			3839	65
Разом	5907	100	Разом	5907	100		
На аноді: Від зовнішнього джерела струму	5907	100	Утворення кисню за Реакцією 4	5611	95		
			<u>Окислення Cr³⁺ до Cr⁶⁺</u> за реакцією 5	295	5		
Разом	5907	100	Разом	5907	100		

1.14.2 Баланс напруги на електрохімічних ваннах

Якщо площа більшої стінки ванни $S_s = 1,2 \cdot 0,8 = 0,96 \text{ м}^2$, то можливо обрати анод площадь якого становить $0,61 \text{ м}^2$ и загальна площа анодів складає $1,22 \text{ м}^2$

$$\text{Звідки } i_a = 5907 / 1,22 = 4842 \text{ А/м}^2;$$

Середня густина струму, що протікає через електроліт:

$$i_{cp} = \sqrt{i_k \cdot i_a} = \sqrt{6000 \cdot 4842} = 5390 \text{ А/м}^2$$

Різниця потенціалів між електродами під струмом:

$$E_a - E_k = 1,80 - (-0,8) = 2,6 \text{ В [20]}$$

Падіння напруги в електроліті становить:

$$\Delta U_{om} = \frac{K \cdot i_{cp} \cdot l_{a-k}}{\chi} = \frac{1,1 \cdot 5390 \cdot 0,2}{62} = 19,12 \text{ В}$$

Тоді напруга на ванні становить:

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$U = (E_a - E_k + \Delta U_{ом})/0,9 = (2,6 + 19,12)/0,9 = 24,2 \text{ В}$$

Сумарне падіння напруги на електродах та провідниках першого роду і контактах ванни:

$$\Delta U_1 + \Delta U_k = 0,1 \cdot U = 0,1 \cdot 24,2 = 2,42$$

Тоді мінімальна робоча напруга на джерелі струму $U_{дс}$ складає суму напруги на ванні U і падіння напруги на шинопроводах. Падіння напруги на шинопроводах приймають не більше ніж 10% $U_{дс}$. Тоді:

$$U_{дс} = 1,1 \cdot U$$

Отже мінімальна напруга джерела струму для ванни хромування становить:

$$U_{дс} = 1,1 \cdot U = 1,1 \cdot 24,2 = 26,64 \text{ В}$$

Отримані результати вносимо в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Баланс напруги на ванні хромування

Надходження	В	%	Витрати	В	%
Напруга на ванні	26,64	100	<u>Різниця електродних потенціалів під струмом $E_a - E_k$</u>	2,6	12
			Падіння напруги в електроліті $\Delta U_{ом}$	19,12	78
			Падіння напруги в електродах, контактах і провідниках $\Delta U_1 + U_k$	2,42	10
Разом	26,64	100	Разом	26,64	100

1.14.3 Вибір джерела струму для гальванічної ванни

Джерело постійного струму, яке задовольняє вимоги, обирають, виходячи із напруги на ванні та сили струму з подальшим урахуванням падіння напруги у шинопроводах. Коли для нарощування гальванічного покриття передбачається використання декількох ванн, то для кожної з них

вибирають відокремлений випрямний агрегат.

Виходячи із показників сили струму та напруги на ванні, було відібрано джерела постійного струму серії FlexKraft 24В/12000А, який має наступні параметри:

- номінальна напруга – 24 В;
- номінальний струм – 12000 А.

Далі розраховуємо коефіцієнт завантаження для випрямного агрегату

$$K = \frac{N_{дс}}{N_{пасп}} = \frac{128,653}{288} = 0,446$$

де $N_{дс}$ – потужність яка необхідна для виконання заданої програми,

$$N_{дс} = U \cdot I \cdot 10^{-3} = 24,2 \cdot 5907 \cdot 10^{-3} = 142,949 \text{ кВт};$$

$$N_{пасп} = \frac{12000 \cdot 24}{1000} = 288 \text{ кВт} - \text{паспортна потужність відібраного агрегату.}$$

1.14.4 Визначення джоулевої теплоти, складання балансу енергії

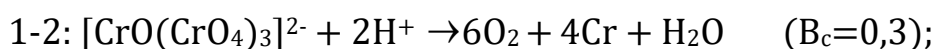
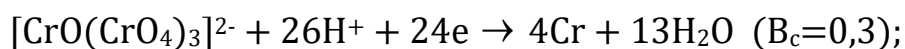
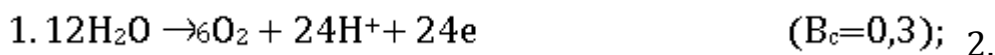
Електрична енергія $W_{заг}$, яка проходить через електролізер, перетворюється в хімічну енергію $W_{хім}$ та в джоулеву енергію. $W_{дж}$

$$W_{заг} = W_{хім} + W_{дж}.$$

Розраховуємо кількість джоулевої теплоти яка виділилася і складаємо баланс енергії за одну годину роботи електролізера при даних умовах: сила струму $I=5907 \text{ А}$; напруга на ванні $U=24,2 \text{ В}$; вихід за струмом для хрому $B_c=30\%$, виділення водню $B_c = 65\%$.

На аноді відбувається гідроліз $B_c = 0,95$ та окиснення іонів Cr^{3+} до $Cr_2O_7^{2-}$
 $B_c = 5\%$ струму.

Сумарні електрохімічні процеси, які перебігають у ванні хромування:



$$\Delta H^0_{к-са} = 2\Delta H^0_{NaOH} + 4\Delta H^0_{CrO_3} - \Delta H^0_{H_2O} =$$

					ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$= 2 \cdot (-426,35) + 4 \cdot (550,36) - (-286) = -2928,14 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta H^0_{1-2} = \Delta H^0_{\text{к-са}} + 2\Delta H^0_{\text{H}^+} - 6\Delta H^0_{\text{Cr}} - 4\Delta H^0_{\text{Cr}} - \Delta H^0_{\text{H}_2\text{O}} =$$

$$= -2928,14 + 2 \cdot (-813,99) - (-286) =$$

$$= -4270,12 \text{ кДж/моль}$$



$$\Delta H^0_{3-4} = \Delta H^0_{\text{H}_2\text{O}} - \Delta H^0_{\text{H}_2} - 0,5\Delta H^0_{\text{O}_2} = -286 - 0 - 0 = -286 \text{ кДж/моль}$$

Реакція утворення Cr^{3+} на катоді та реакція утворення комплексу з Cr^{3+} участі у аналітичному обміні не бере, так як вона є оборотною.

Зміна ентальпії для приведених реакцій :

$$W_{\text{дж}} = 3,6 \cdot I \cdot \tau \left(U + \frac{\Delta H^0_{1-2} \cdot B_{1-2}}{z_{1-2} \cdot F} + \frac{\Delta H^0_{3-4} \cdot B_{3-4}}{z_{3-4} \cdot F} \right) =$$

$$= 3,6 \cdot 5907 \cdot \frac{14.79}{60} \cdot \left(24,2 - \frac{4270,12 \cdot 0,3}{26 \cdot 96,5} - \frac{286 \cdot 0,65}{2 \cdot 96,5} \right) =$$

$$= 119130,9 \text{ кДж/год.}$$

$$W_{\text{зар}} = \frac{(24,2 \cdot 5907 \cdot 14.79 \cdot 3600 \cdot 10^{-3})}{60} = 126853,3 \text{ кДж/год.}$$

$$W_{\text{хім}} = W_{\text{зар}} - W_{\text{дж}} = 126853,3 - 119130,9 = 7722 \text{ кДж/год.}$$

Таблиця 1.4 Баланс енергії на ванні хромування

Находження	кДж	%	Витрати	кДж	%
Електрична енергія від джерела струму	126853,3	100	Джоулева теплота	119130,9	93
			Хімічна енергія	7722	7
Разом	126853,3	100	Разом	126853,3	100

1.14.5 Тепловий розрахунок для гальванічних ванн

Під час нарощування гальванічних покриттів виділяється велика кількість Джоулевої теплоти, яка можливо призведе до підняття температури електроліту за межі дозволеної температури. Метою розрахунків є визначення

максимально дозволеної температури, до якої можливо розігріється ванна за одну годину роботи. У цьому випадку передбачається, що вся джоулева теплота витрачається лише на розігрів ванни і не витрачається у навколишнє середовище.

Об'єм ванни визначається за формулою

$$V_B = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 0,762 \text{ м}^3$$

Маса ванни визначається наступним чином:

Густина поліпропілену $\rho_B = 0,925 \text{ г/см}^3$

Товщина стінок ванни 40мм

$$m_2 = (((1,2 \cdot 0,8) \cdot 40\text{мм}) + ((1,2 \cdot 0,8 \cdot 2) \cdot 40\text{мм}) + ((0,8 \cdot 0,8 \cdot 2) \cdot 40\text{мм})) \cdot 0,925 = 154\text{кг}$$

Максимально можливу температуру розігріву ванни t_k °С визначається за формулою:

$$t_k^\circ = 24 + \frac{W_{дж}}{V_1 \cdot C_1 \cdot d_1 + C_2 \cdot m_2 + C_3 \cdot m_3}$$

де $C_1 = 3465 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$ – теплоємність електроліту [11];

$d_1 = 1300 \text{ кг/м}^3$ – густина електроліту [12];

V_1 – об'єм електроліту, м^3 ;

$C_2 = 1700 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$ – теплоємність корпусу ванни [11];

$m_2 = 154 \text{ кг}$ – маса ванни;

C_3 – теплоємність анодів;

m_3 – маса анодів, кг.

$$V_1 = K_{зап} \cdot V_{ванн} = 0,8 \cdot (0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,2) = 0,61 \text{ м}^3;$$

де $K_{зап}$ – коефіцієнт заповнення ванни ($K_{зап} = 0,8$);

$$m_2 = \rho_a \cdot V_a$$

$$\rho_a = \frac{1}{\frac{0,9}{\rho_{Pb}} + \frac{0,08}{\rho_{Sb}} + \frac{0,02}{\rho_{Sn}}}$$

$$\rho_a = \frac{1}{\frac{0,9}{11340} + \frac{0,08}{6620} + \frac{0,02}{7280}} = 10616 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						37
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметри аноду вибирається так, щоб аноди помістились в електролізер та забезпечили необхідне співвідношення до катодної площі. Робоча площа одного аноду складає $0,61 \text{ м}^2$, об'єм – $0,007 \text{ м}^3$.

$$m_3 = 10616 \cdot 0,007 \cdot 2 = 148 \text{ кг} - \text{ маса анодів у ванні};$$

$$C_3 = \frac{C_{Pb} m_{Pb} + C_{Sb} m_{Sb} + C_{Sn} m_{Sn}}{m_3}$$

$$C_3 = \frac{C_{Pb} \cdot 0,9 m_3 + C_{Sb} \cdot 0,08 m_3 + C_{Sn} \cdot 0,02 m_3}{m_3}$$

$$C_3 = C_{Pb} \cdot 0,9 + C_{Sb} \cdot 0,08 + C_{Sn} \cdot 0,02$$

$$C_3 = 129,8 \cdot 0,9 + 302,4 \cdot 0,08 + 226,1 \cdot 0,02 = 145,5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} - \text{ теплоємність матеріалу}$$

анода;

$$t_k = 24 + \frac{119130,9}{0,61 \cdot 3465 \cdot 1330 + 1700 \cdot 154 + 145,5 \cdot 148} = 62,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Виходячи з обчислень, на розігрів електроліту за перші 15хв становить $38,5^\circ\text{C}$ и не відповідає робочий температурі процесу тому ванну потрібно постійно охолоджувати, та підтримувати робочу температуру не більше 24°C .

1.14.6 Розрахунок витрат енергоносіїв для забезпечення теплового режиму

Для забезпечення робочої температури ванни, електроліт необхідно охолоджувати.

Годинні витрати води на роботу ванни обчислюємо за наступною формулою:

$$G_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{охл}} = \frac{G_{\text{ел-жу}} \cdot C_{\text{ел-жу}} \cdot \Delta t_1}{C_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \Delta t_2}$$

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

де $G_{\text{ел-жу}} = 0,61 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$ - об'єм електроліту, який охолоджується;

$C_{\text{ел-жу}} = 3465 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ - теплоємність електроліту [11];

$\Delta t_1 = 38,5$ - температура, на яку нагрівається електроліт за 15 хв;

$C_{\text{H}_2\text{O}} = 4180 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ - теплоємність води [11];

$t_2 = 24 - 10 = 14$ °C

$\Delta t_2 = 14$ - температура, на яку нагріється теплоносії за 15хв.

Тоді:

$$G_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{охол}} = \left(\frac{0,61 \cdot 3465 \cdot 38,5}{4180 \cdot 14} \right) / 15 = 0,093 \text{ м}^3/\text{хв}$$

1.14.7 Розрахунок витрат матеріалів на технологічні операції

Розрахунок витрати матеріалів проводять з метою визначення потреб виробництва у вихідній сировині та матеріалах на рік для нанесення потрібного виду покриття.

Розрахунок витрат анодів. Розрахунок витрати анодів на перший запуск обладнання.

Розрахунок об'єму анодів:

товщина аноду дорівнює 5 мм.

$$m_a = 1,22 \text{ м}^2 \cdot 0,005 \text{ м} = 0,0061 \text{ м}^3$$

Витрати розчинних та нерозчинних анодів на запуск устаткування (кг) обчислюється за наступною формулою:

$$G_{\text{аз}} = n_a \cdot V_a \cdot d_a \cdot n_B,$$

де $n_a = 2$ - кількість анодних штанг у електролізері;

$d_a = 10616 \text{ кг/м}^3$ - густина матеріалу анодів;

V_a - об'єм анодів;

$n_B = 1$ - кількість ванн даного типу.

$$G_{\text{аз}} = 148 \text{ кг}$$

					ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Витрати нерозчинних анодів на виконання виробничої програми за рік. Данні витрати обумовлені технологічними витратами та відходами і визначаються за наступною формулою:

$$G_{\text{ан}} = S \cdot A_n \cdot 10^{-3}, \text{ кг},$$

де $S=12360 \text{ м}^2$ – площа нанесеного покриття при виконанні програми за рік
 $A_n=1,6 \text{ г/м}^2$ – норма витрат нерозчинних анодів [9].

$$G_{\text{аз}} = 12360 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} = 197,76 \text{ кг}.$$

Розрахунок витрат хімічних реактивів. Витрати хімічних реактивів на перший запуск устаткування. Витрати кожного з компонентів електроліту G_i (кг) визначається за наступною формулою:

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

де C_i – концентрація відповідного компонента електроліту, кг/м^3 ;

$V_B = 0,768 \text{ м}^3$ – об'єм ванни;

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

$n_B = 1$ – кількість ванн даного типу.

$C_{\text{CrO}_3} = 400 \text{ кг/м}^3$;

$C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 3 \text{ кг/м}^3$;

$C_{\text{NaOH}} = 60 \text{ кг/м}^3$.

$G_{\text{CrO}_3} = 400 \cdot 0,768 \cdot 0,8 \cdot 1 = 246 \text{ кг}$;

$G_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 3 \cdot 0,768 \cdot 0,8 \cdot 1 = 1,84 \text{ кг}$;

$G_{\text{NaOH}} = 60 \cdot 0,768 \cdot 0,8 \cdot 1 = 37 \text{ кг}$.

Витрати хімічних реактивів на виконання виробничої програми за рік. Розрахунок витрат кожного з компонентів обчислюється за формулою:

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

де $V_{\text{вт}}$, м^3 – сума об'єму електроліту, який витрачається при виконанні річної виробничої програми.

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						40
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величину $V_{вт}$ визначають за формулою:

$$V_{вт} = 1,15 \cdot S \cdot A_e,$$

де $S=12360 \text{ м}^2$ – сума поверхні деталей за річну обробку;

1,15 – враховує площу частини підвісок, яка занурюється;

$A_e = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{м}^2$ – норма витрат електроліту, що виноситься разом з деталями;

$$V_{вт} = 1,15 \cdot 12360 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} = 2,84 \text{ м}^3$$

$$G_{CrO_3} = 400 \cdot 2,84 = 1136 \text{ кг},$$

$$G_{H_2SO_4} = 3 \cdot 2,84 = 8,52 \text{ кг},$$

$$G_{NaOH} = 60 \cdot 2,84 = 170,4 \text{ кг}.$$

В процесі електроосадження хрому працюють із нерозчинними анодами, тому необхідно враховувати витрати хромового ангідриду на осадження металевого хрому на катоді з розрахунком $13,3 \cdot 10^{-3} \text{ кг } CrO_3$ на один м^2 поверхні при товщині шару хрому 1 мкм . Тоді, виходячи з того, що поверхня $S=12360 \text{ м}^2$ покривається хромом товщиною 20 мкм , необхідно:

$$G_{CrO_3} = 13,3 \cdot 10^{-3} \cdot 12360 \cdot 20 = 3287,7 \text{ кг}$$

Розрахунок витрат води. При реалізації річної програми виробництва вода витрачається на приготування електролітів та розчинів, на розкладання через електроліз, на випарування з поверхні електроліту та на промивні операції.

Витрати води на приготування електроліту. Данні витрати

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

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

де C_{H_2O} – вміст води на один 1 м^3 електроліту, $\text{кг} / \text{м}^3$;

$V_{заг}$ – сума витрат електроліту на виконання виробничої програми за рік, м^3 .

Величину C_{H_2O} можна визначити за формулою:

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

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

де $d_{ел} = 1,33 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ – густина електроліту [11];

C_1, C_2, \dots, C_n – вміст компонентів в електролітів, кг/м^3 .

$$C_{CrO_3} = 400 \text{ кг/м}^3;$$

$$C_{H_2SO_4} = 3 \text{ кг/м}^3;$$

$$C_{NaOH} = 60 \text{ кг/м}^3.$$

$$C_{H_2O} = 1,33 \cdot 10^3 - (400 + 3 + 60) = 867 \text{ кг/м}^3$$

Сумарні витрати електроліту знаходять за формулою:

$$V_{заг} = V_B \cdot K_{зан} \cdot n_B + V_{BT},$$

де $V_B = 0,768 \text{ м}^3$ – об'єм ванни;

$K_{зан} = 0,8$ – коефіцієнт заповнення ванни;

$n_B = 1$ – кількість ванн даного типу;

$V_{BT} = 2,84 \text{ м}^3$ – об'єм електроліту який виноситься з деталями.

$$V_{заг} = 0,768 \cdot 0,8 \cdot 1 + 2,84 = 3,454 \text{ м}^3.$$

Тоді: $G'_{H_2O} = 867 \cdot 3,454 = 2994 \text{ кг}$.

Витрати води на розкладання при електролізі. Витрати води на розкладання C''_{H_2O} (кг), розраховується за наступною формулою:

$$C''_{H_2O} = I \cdot \frac{18 \cdot \Gamma_d \cdot B'_c}{2 \cdot 26,8} \cdot 10^{-5} \cdot n_e,$$

де B'_c – вихід за струмом побічного процесу гідролізу, %.

$$C''_{H_2O} = 5907 \frac{18 \cdot 3868 \cdot 70 \cdot 1}{2 \cdot 26,8} 10^{-5} = 5391 \text{ кг}$$

.

Витрати води на винесення із газами. Витрати на винесення води з газами C'''_{H_2O} (кг), обчислюється за формулою:

$$C'''_{H_2O} = C'_{H_2O} \cdot V_z \cdot n_g,$$

де C'_{H_2O} – об'єм води, що виноситься із ванни одним 1 м^3 газів, кг/м^3 ;

					ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

V_2^t – сумарний об'єм вологого газу, який виділяється за температури електролізу, $м^3$.

Величину C'_{H_2O} обчислюємо за формулою:

$$C'_{H_2O} = 0,805 \cdot \frac{P_{H_2O}}{P_{\phi} - P_{H_2O}},$$

де $P_{H_2O} = 15,996 \text{ кПа}$ – парціальний тиск парів води за температури електролізу [12];

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

$$C'_{H_2O} = 0,805 \cdot \frac{15,996}{101,308 - 15,996} = 0,151 \text{ кг / м}^3$$

Для обчислення величини V_2^t для початку визначають об'єми водню і кисню, зведені до нормальних умов:

$$V_{H_2}^0 = 0,418 \cdot I \cdot T_{д} \cdot V_c^t \cdot n_{в} \cdot 10^{-5} = 0,418 \cdot 5907 \cdot 3868 \cdot 65 \cdot 1 \cdot 10^{-5} = 6208 \text{ м}^3,$$

$$V_{O_2}^0 = 0,209 \cdot I \cdot T_{д} \cdot V_c^t \cdot n_{в} \cdot 10^{-5} = 0,209 \cdot 5907 \cdot 3868 \cdot 95 \cdot 1 \cdot 10^{-5} = 4536 \text{ м}^3,$$

і загальний об'єм зведених до нормальних умов газів:

$$V_{\Gamma}^0 = V_{H_2}^0 + V_{O_2}^0 = 6208 + 4536 = 10745 \text{ м}^3.$$

Об'єм вологого газу за температури електролізу:

$$V_2^t = \frac{V_2^0 \cdot 1013 \cdot (273 + t_{ел})}{273 \cdot (P_{\phi} - P_{H_2O})},$$

де $t_{ел} = 24$ – температура електролізу,

тоді:

$$V_{\Gamma}^t = \frac{10745 \cdot 1013 \cdot (273 + 24)}{273 \cdot (1013,08 - 159,96)} = 13939 \text{ м}^3,$$

$$C'''_{H_2O} = 0,151 \cdot 13939 = 2105 \text{ кг}.$$

Витрати води на випаровування з поверхні електроліту. Витрат води на випаровування C''_{H_2O} (кг), обчислюємо за формулою:

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$C_{H_2O}^{IV} = \frac{45,6 \cdot K_B \cdot S_e \cdot (P_{H_2O} - P_n) \cdot T_d \cdot n_B}{P_B},$$

де 45,6 – коефіцієнт пропорційності, кг/(м² · час);

$K_B = 0,86$ – коефіцієнт, величина якого залежить від швидкості руху повітря над дзеркалом електроліту;

$S_e = 0,96 \text{ м}^2$ – поверхня дзеркала електроліту;

$n_B = 1$ – кількість ванн;

P_n – парціальний тиск водяної пари за параметрами навколишнього середовища, Па.

Величину P_n визначають за формулою:

$$P_n = \frac{P_s \cdot \varphi}{100},$$

де $P_s = 2337 \text{ Па}$ – тиск насиченої водяної пари за температури навколишнього середовища повітря;

$\varphi = 70 \%$ – вологість повітря в умовах цеху.

$$P_n = \frac{2337 \cdot 70}{100} = 1636 \text{ Па},$$

тоді:

$$C_{H_2O}^{IV} = \frac{45,6 \cdot K_B \cdot S_e \cdot (P_{H_2O} - P_n) \cdot T_d \cdot n_B}{P_B} =$$

$$= \frac{45,6 \cdot 0,86 \cdot 0,96 \cdot (159,96 - 16,36) \cdot 5907 \cdot 1}{1013,08} = 31522 \text{ кг},$$

Витрати води на промивні операції. Під час технологічного процесу підготовки заданої поверхні і нарощування гальванічного покриття неретельний процес промивання деталей може являтися причиною поганої адгезії покриття по відношенню до металу основи, появою дефектів на покритті як появи плям та інших видів браку. З іншої, другої сторони економічні та екологічні проблеми вимагають доцільного використання

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

водних ресурсів.

Витрати води для промивання виробів у залежить від кількості ступенів промивання. При промиванні способом занурення (триступеневому промиванні), погодинну витрату води ${}_3V_{год}$ визначають за формулою:

$${}_3V_{год} = A_e \cdot \sqrt[3]{K} \cdot P_e, \text{ дм}^3 / \text{год},$$

де $A_e = 0,2, \text{ дм}^3 / \text{м}^2$ – норми виносу розчину із ванни поверхнею деталей;

$P_e = 3,195 \text{ м}^2 / \text{год}$ – виробнича програма ванни за годину;

K – критерій фінального промивання деталей.

Його визначають за допомогою співвідношення:

$$K = \frac{C_0}{C_k},$$

Критерій промивання для хромового ангідриду розраховуємо за металом.

$$C_{0(CrO_3)} = \frac{C_{CrO_3}}{M_{CrO_3}} \cdot A_{Cr} = \frac{400}{100} \cdot 52 = 208 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3},$$

де $C_{CrO_3} = 208 \text{ кг/м}^3$ – концентрація хромового ангідриду у ванні, після якої проводиться промивання, в перерахунку на Cr^{6+} ;

$C_k = 0,01 \text{ г/дм}^3$ – гранично дозволена концентрація основного компонента у воді після процесу промивання.

У випадку, якщо перед промиванням деталей здійснюють уловлювання електроліту, то для подальшого розрахунку витрат води використовують коефіцієнт рівний 0,4:

$$K = \frac{C_0}{C_k} = \frac{208}{0,01} \cdot 0,4 = 8320;$$

$$V_{\text{сум}} = 0,2 \cdot \sqrt{8320} \cdot 3,195 = 52,28 \frac{\text{дм}^3}{\text{год}}.$$

Узагальнені витрати води на промивання при виконанні виробничої програми визначаються як, дм^3 :

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						45
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{год}} \cdot T_{\text{д}} \cdot 1,5,$$

де коефіцієнт 1,5 враховує припустиме падіння тиску води у водопровідній мережі.

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{год}} \cdot T_{\text{д}} \cdot 1,5 = 52,28 \cdot 3868 \cdot 1,5 = 338,1 \text{ м}^3$$

Сумарні витрати води на весь процес хромування складають:

$$\sum V(\text{H}_2\text{O}) = 2994 + 4990 + 1947,3 + 31522 + 338174 = 385423,6 = 385 \text{ м}^3.$$

РОЗДІЛ 2. Автоматичне регулювання параметрів гальванічного процесу пластичного хромування

2.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації

Висока швидкість та складність проходження технологічних процесів в хімічній промисловості, строге дотримання режиму, а також великий ризик як зі сторони вогнебезпечності, вибухонебезпечності та токсичності середовища зумовлює високі вимоги щодо питань автоматизації підготовчих та електрохімічних процесів. Автоматизація керування та технічних процесів використовують для забезпечення належної якості сировини, технологій, економічного припинення монтажу та скорочення штату.

Основні параметри автоматичних ліній є:

- рН електроліту;
- рівень електроліту;
- концентрація компонентів в електроліті;
- температура;
- напруга і струм.

Метою автоматизації даного виробництва є нанесення пластичного хромового шару на латунні деталі із заданими властивостями покриття.

Для задоволення цих параметрів передбачається впровадження автоматичного контролю рівня електроліту у ванні хромування, контроль температури електроліту, контроль вмісту основного реагенту, контроль рН розчину, контроль густини струму та напруги на ванні за допомогою контурів регулювання.

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		46

Необхідний контроль за протіканням струму та перепадами напруги для запобігання короткого замикання системи.

Електроліз проводиться при 15...24°C. Температуру вимірюють різними термометрами. При електролізі склад та об'єм електроліту може змінюватися внаслідок процесів та режимів ванн. Це впливає на вихід за струмом, виникнення небезпечних надзвичайних ситуацій та на якість покриття. Для запобігання цього ми вводимо систему автоматичного підтримування складу електриоліту та його рівня щодо ванни.

Також є необхідність контролювати рН електроліту (1раз/день) та вносити корегування добавками кислоти чи лугу. рН має бути в межах 2...2,5.

Таблиця 2.1 – Параметри регулювання процесу нанесення покриття

№ п/п	Назва стадії процесу, місце заміру параметру	Назва параметру, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму	Вимоги до схеми автоматизації
1	Стадія нанесення хромового покриття, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	температура	15...24 °C	контроль, регулювання
2	Стадія нанесення хромового покриття, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	рівень	0,8 м	контроль, регулювання
3	Стадія нанесення хромового покриття, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	рН	2...2,5	контроль, регулювання
4	Стадія нанесення хромового покриття, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	Концентрація CrO ₃	350 г/л	контроль, регулювання
5	Ванна для нанесення хромового покриття	Сила струму та напруга	8678,45 А; 22,2 В	контроль, регулювання

2.2 Опис розробленої схеми автоматизації

Опис схеми процесу

Для контролю температури в автоматизації термометр опору з

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

кабельним виводом. (позначення 1 – 1) та Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (позначення 1 – 2), блок регулятора електричного механізму (1–3) та виконавчий механізму (1 – 4), який запускається з пульта-керувача.

З рівнеміру (2 – 1) сигнал подається на автоматичний показувальний реєструвальний прилад, який приводить в дію механізм виконавчий однообертвий (2 – 3). Так само працює контур 4.

Для контролю рівня електроліту у ванні застосовується передавальний перетворювач рівня з пневматичним вихідним сигналом (позначення 2 – 1, 4 – 1). Цей прилад створений для безперервного перетворення рівня рідини в пневматичний сигнал дистанційної передачі.

Для контролю рН ми будемо використовувати чутливий елемент рН–метра (позначення 3 – 1), а також перетворювач високоомний (позначення 3 – 2).

Для контролю сили струму та напруги в ванні передбачений контур, який складається з випрямного агрегату (5 – 1, 5 – 2), та пульта дистанційного керування напругою та силою струму. (5 – 3).

Вся інформація виводиться на щит керування (1 2, 2 – 2, 3 – 3, 4 – 2)

Висновок: в даному дипломному проекті було складено схему автоматизації яка дозволяє контролювати, регулювати і сигналізувати наступні параметри: температуру 15...24 °С, рівень електроліту в ванні, силу струму та напругу, рН електроліту. Дана схема є основним технічним документом, яка визначає функціональну структуру окремих вузлів автоматичного контролю і регулювання технологічного процесу та оснащення об'єкта керування приладами і засобами автоматизації.

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

РОЗДІЛ 3. Економіко-організаційні розрахунки

В даній роботі всі розрахунки приведені для цеху який належить підприємству.

Для розрахування собівартості нанесення пластичного хромового покриття з тетрахроматного електроліту потрібно розрахувати техніко-економічні показники цеху.

Після розрахунку техніко- економічних показників, можна буде зробити висновки, чи доцільним є побудова цеху хромування на підприємстві.

3.1 Підприємство у промисловій структурі держави

Підприємство до якого належить цех ТОВ «Електрохром», займається нанесенням хромового покриття на деталі.

Мета діяльності - задоволення потреб фізичних та юридичних осіб, а саме заводів по виробництві корпусу крану, магазинів продажу кранів та інших споживачів у якісному хромовому покритті, а також покриття хромом продуктів які виробляє саме підприємство та як наслідок отримання прибутку.

КВЕД: Клас 25.61 – «Оброблення металів та нанесення покриття на метали».

Класифікаційні ознаки підприємства до якого належить цех:

- 1) Форма власності – приватна.
- 2) Форма реєстрації – юридична (в даному випадку володіння підприємства є одноосібним
- 3) За масштабом виробництва – велике;
- 4) За структурою виробництва – вузькоспеціалізоване;
- 5) За ресурсами – енегромістке та матеріаломістке;
- 6) За потужністю – середнє;
- 7) За чисельністю персоналу – мале;
- 8) За режимом роботи протягом року – позасезонне;
- 9) За призначенням продукції – товари побутового та промислового призначення.

					ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

3.3 Оптимізація виду руху предметів праці

Річна потужність цеху, з врахування виправного браку деталей становить $P_p = 12360 \text{ м}^2/\text{рік}$.

Нанесення хромового покриття складається з наступних операцій (таблиця 3.1.)

Таблиця 3.1 – Операції нанесення захисного хромового покриття

Назва операції	Тривалість виконання, хв.
Контроль	5
Монтаж	10
Знежирення хімічне	20
Промивання тепле	0,5
Травлення хімічне	20
Промивання тепле	0,25
Промивання холодне	0,5
Активация хімічна	1
Промивання тепле	0,5
Хромування електрохімічне	15
Промивання у ванні уловлювання	1
Промивання тепле	0,5
Промивання холодне	10
Сушіння	10
Демонтаж	5
Разом	99,25

Річна програма становить 12360 м². Звідки добова програма складає:

$$P_{\text{доб}} = \frac{P_p}{T_{\text{доб}}} = \frac{12360}{250} = 49,44 \frac{\text{м}^2}{\text{доба}}$$

де $T_{\text{доб}}$ – кількість робочих днів у 2021 календарному році, P_p – річна виробнича програма підприємства з урахуванням можливого браку

Годинна виробнича програма:

$$T_d = ((365 - 104 - 11) \cdot \frac{40}{5} - 6) \cdot 2 = 3998 \text{ рік}$$

$$P_r = \frac{P_p}{T_d} = \frac{12360}{3998} = 3,092 \text{ м}^2/\text{год.}$$

де T_d – дійсний фонд роботи підприємства,

Розрахуємо випуск для різних ВРПП.

Послідовний ВРПП

Планова кількість завантажень за один день становить:

$$N_{\text{планові}} = \frac{P_{\text{доб}}}{P_{\text{одиничний}}} = \frac{49,44}{0,8316} = 59,45 \text{ разів} = 60 \text{ раз}$$

0,8316 площа одиничної заправки

$$N_{\text{завант реальні}} = \frac{T_{\text{в.ц. посл}}}{\sum_{i=1}^{15} t_i} = \frac{16 \cdot 60}{99,25} = 9 \text{ разів}$$

Одразу можна зробити висновок, що з такою продуктивністю цеху, потрібно будувати 7 електрохімічних ліній, що є не вигідним вкладенням коштів та часу. Але все ж для наглядності розрахуємо річний показник:

Кількість виготовленої продукції за рік становить:

$$V_{\text{посл}}^{\text{Річ}} = 9 \cdot 250 \cdot 0,8316 = 1871,1 \text{ м}^2$$

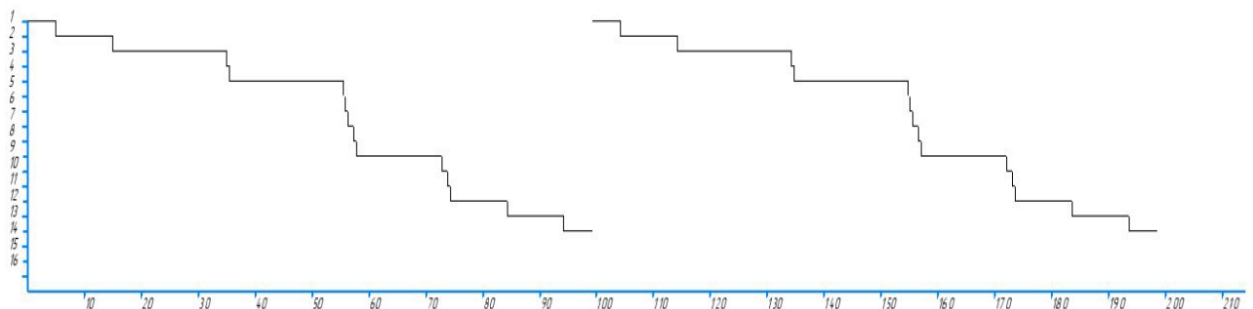


Рис.3.1 – Графік послідовного ВРПП

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

З розрахунку та можна зробити висновок, що послідовне ВРПП економічно недоцільне.

Паралельний ВРПП

Кількість завантажень за день становить:

$$N_{\text{завант}} = \frac{T_{\text{в.ц.}}^{\text{пар}} + t_{\text{max}} - \sum_{i=1}^{15} t_i}{t_{\text{max}}} = \frac{16 \cdot 60 + 20 - 99,25}{20} = 44 \text{ раз}$$

Кількість виготовленої продукції за рік становить:

$$V_{\text{пар}}^{\text{річ}} = 44 \cdot 250 \cdot 0,8316 = 9147,6 \text{ м}^2$$

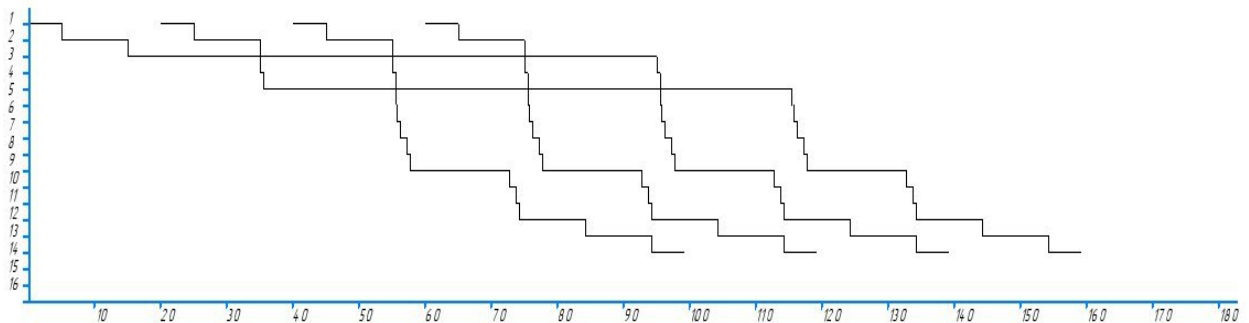


Рис.3.2 – Графік послідовного ВРПП

Синхронізований ВРПП

В синхронізованому ВРПП кожна наступна операція виконується з ритмом R

$$R = \frac{T_{\text{в.ц.}} - \sum_{i=1}^{15} t_i}{N_{\text{планові}}} = \frac{16 \cdot 60 - 99,25}{60} = 14,34 \text{ хв, заокруглимо значення до 14 хв}$$

$$N_{\text{завант}} = \frac{T_{\text{в.ц.}}^{\text{синх}} + R - \sum_{i=1}^{15} t_i}{R} = \frac{16 \cdot 60 + 14 - 99,25}{14} = 62,5 \text{ разів}$$

$$= 62 \text{ разів,}$$

$$V_{\text{синх}}^{\text{річ}} = 62 \cdot 250 \cdot 0,8316 = 12889,8 \text{ м}^2$$

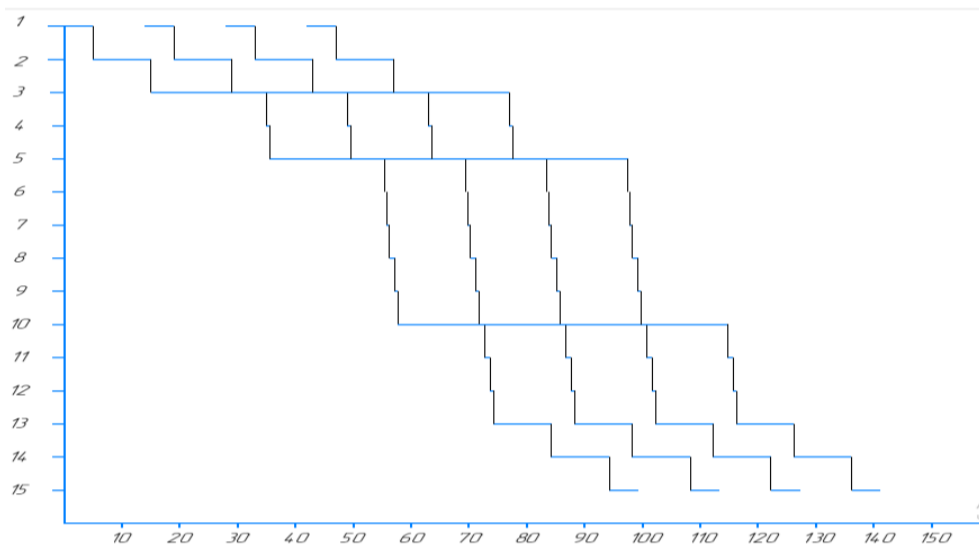


Рис.3.3 – Графік синхронізованого ВРПП

Проаналізувавши отримані дані видно, що найбільш економічно вигідним є синхронізований ВРПП, який забезпечує достатню продуктивність за робочий день, при цьому не використовуючи велику кількість обладнання

З технологічних розрахунків наведених в пункті 1.3.3 виходить що кількість ванн хромування складає 1 шт, то загальна кількість ванн для даного цеху складає;

- 2 ванни хімічного знежирення
- 2 ванни промивання у теплій воді
- 2 ванни промивання у холодній воді
- 2 ванни травлення
- 1 ванна активації
- 2 ванна хромування
- 1 ванна уловлювання
- 1 сушильна камера.

Загальна кількість ванн складає 13 одиниць.

3.4 Чисельність персоналу та фонд заробітної плати

До складу робочого персоналу входять:

- лаборант, що відповідальний за вхідний контроль та якість виробів;
- гальваніки – вони виконують усі основні операції, слідкують за процесами які відбуваються у ваннах та ведуть контроль роботи апаратури.
- вантажник - виконує монтаж та демонтаж корпусів кранів;

Чисельність персоналу явочна.

Для виконання денної норми робіт на підприємстві достатньо 4 працівника на зміну: 1 вантажник, 2 гальваніка та 1 лаборант.

$$Ч_{\text{яв.}} = 4 \text{ осіб.}$$

Таблиця 3.2 – Кількість персоналу

<i>Посада</i>	<i>Кількість осіб</i>
Гальванік	4
Лаборант	2
Вантажник	2
Всього	8

Режим роботи: робочий день для зміни складає 8 годин, підприємство працює в 2 зміни з 6.00 до 22.00[16].

Чисельність за списком персоналу становить:

$$Ч_{\text{сп.}} = Ч_{\text{яв.}} \cdot K_{\text{пер.}} = Ч_{\text{яв.}} \cdot \frac{T_{\text{підп.}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац.}}^{\text{рік}}} = 4 \cdot \frac{\frac{16}{24} \cdot 251}{\frac{8}{24} \cdot 251} = 8 \text{ осіб}$$

, де $T_{\text{підп.}}^{\text{рік}}$ – кількість годин які працює підприємство за рік/год/рік, $T_{\text{прац.}}^{\text{рік}}$ – кількість годин які працює працівник за рік.

Отже на виробництві працює 2 бригади.

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		54

Графік змінності підприємства

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

Таблиця 3.3 – Графік змінності підприємства

Дні Прац.	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд
Техн. 1	1	1	1	1	1	В	В	1	1	1	1	1	В	В	1	1	1	1	1	В	В
Бриг. 1	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2	2	В	В	1	1	1	1	1	В	В
Бриг. 2	2	2	2	2	2	В	В	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2	2	В	В

1 – перша зміна , 2 – друга зміна, В – вихідний день.

Таблиця 3.4 – Фонд заробітної плати підприємства

Посада	Кількість осіб	Тарифний розряд	Заробітна плата, грн	
			За день	За рік
Гальванік	4	15	450,55	113088,05
Лаборант	2	10	336,16	84376,16
Вантажник	2	4	223,52	56103,52
Всього	8			253567,73

Фонд оплати праці:

$$\text{ФОП} = \text{ЗП} \cdot \text{Н} = 253567,76 \cdot 1,22 = 309352,631 \text{ грн/рік.},$$

де Н – нарахування в пенсійний фонд, складає 22%

3.5 Вартість електроенергії та річних ОбФ

1кВт електроенергії для підприємства 2 класу енергоспоживачів складає 2,27 грн/кВт.

Тому за рік витрати на електроенергію складатимуть:

Таким чином річні витрати на електроенергію складатимуть :

$$W_{\text{ел}} = (t * n_{\text{д}} * W_{\text{обл}}) * \text{Ц} = (16 \cdot 250 \cdot 121,846) \cdot 2,27 = 1110787,13 \text{ грн/рік}$$

, де $W_{\text{заг}}$ – загальна кількість електроенергії на підтримання теплового

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

режиму(див. розділ 1.4.6.), t – час роботи підприємства, n_d – кількість робочих днів у році, $W_{обл}$ – потужність обладнання електролізера за годину(див. розділ 1.4.3), $Ц$ – ціна на електроенергію.

Розрахунок вартості сировини і матеріалів базується на їх витратах розрахованих вище.

Результати розрахунків наведені в таблиці 3.5.

Найменування	Ціна	Витрата на рік	Вартість, грн
CrO_3	293 грн/кг	1465 кг	429245
H_2SO_4	13 грн/кг	10,9 кг	133,9
$NaOH$	90 грн/кг	218,4 кг	19656
Електрика	2,27 кВт/ч	489333 кВт	1110787,13
Вода	27,3 грн/м ³	378 м ³	10319,4
Всього			1570146,93

Таблиця 3.5 – Вартість сировини для річної програми

3.2 Класифікація виробничих процесів

Виробничі процеси поділяються на:

- основні
- допоміжні
- бічні
- підсобні

До головних процесів даного виробництва відноситься:

– монтаж корпусів кранів на підвіски, знежирення, травлення, активація деталей і промивка, хромування сушіння.

Допоміжні процеси – транспортування сировини, енергозбереження, обслуговування і ремонт обладнання в цеху, контроль якості деталі, корегування електроліту.

Підсобні – закупка реагентів.

Бічні – очистка стічних вод.

3.6 Калькуляція на продукцію

Загальна кількість обладнання, що необхідна для технологічного процесу приведена в таблиці 3.6:

Таблиця 3.6 – Розрахунок вартості придбання та монтажу нового обладнання

№	Назва обладнання	Кількість одиниць	Загальна вартість, грн
1	Ванна хімічного знежирення	2	18000
2	Ванна хімічного травлення	2	18000
3	Ванна активації	1	9000
4	Ванна хромування	2	30000
5	Ванна уловлювання	1	12500
6	Ванна холодної промивки	2	9500
7	Ванна гарячої промивки	2	9500
8	Сушильна камера	1	11000
9	Джерело живлення	1	35000
10	Будівлі і споруди	1	400000
11	Трубопроводи	-	70000
12	Нематеріальні активи	-	20000
Загальна вартість			642500

Розрахуємо амортизацію оборотних фондів:

Амортизація будівель та споруд:

$$A_{\text{буд}} = \frac{H_A^{\text{буд}}}{T_{\text{екс}}} = \frac{400000}{10} = 40000 \text{ грн/рік}$$

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

Амортизація обладнання:

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$A_{\text{обл}} = \frac{H_A^{\text{обл}}}{T_{\text{екс}}} = \frac{18000 \cdot 2 + 9000 + 9500 \cdot 2 + 11000 + 35000 + 30000}{5}$$

$$= 30500 \text{ грн/рік}$$

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

Амортизація трубопроводів:

$$A_{\text{тр}} = \frac{H_A^{\text{тр}}}{T_{\text{екс}}} = \frac{70000}{15} = 4666,7 \text{ грн/рік}$$

де $H_A^{\text{тр}}$ - вартість трубопроводів.

Амортизація нематеріальних активів:

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

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

Всього:

$$A = 40000 + 30500 + 4666,7 + 1666,7 = 76833,4 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Вартість оборотних засобів підприємства:

$$\text{Обз} = V_{\text{сир}} + V_{\text{ел}} + \text{ФОП} = 1570146,93 + 253567,73 = 1817471,26 \text{ грн/рік.}$$

, де $V_{\text{сир}}$ – вартість сировини, $V_{\text{ел}}$ – вартість електроенергії, ФОП – фонд оплати праці підприємства.

3.7 Розрахунок техніко-економічних показників

Річна виробнича собівартість продукції :

$$C_{\text{п}} = \text{Обз} + A = 1817471,26 + 76833,4 = 1894304,66 \text{ грн/рік.}$$

Цехова собівартість одиниці продукції:

$$C_{\text{ц}} = C_{\text{п}} \cdot 1,2 = 1894304,66 \cdot 1,2 = 2273165,59 \text{ грн/рік}$$

Де 1,2 коефіцієнт який враховує витрати на контроль, та непередбачені ситуації

Заводська собівартість одиниці продукції:

$$C_{\text{з}} = C_{\text{ц}} \cdot 1,8 = 2273165,59 \cdot 1,8 = 4091698,07 \text{ грн/рік}$$

Де 1,8 це витрати на утримання всього підприємства, яка припадає на

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						58
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

даний цех

$$C = \frac{C_3}{P_p} = \frac{4091698,07}{12360} = 331,05 \text{ грн/м}^2$$

Прибуток:

$$\Pi = \text{Ц} - C = 400 - 331,05 = 68,95 \text{ грн/м}^2$$

де Ц – ціна на готовий продукт.

Рентабельність виробництва:

$$P = \frac{\Pi}{C} = \frac{68,95}{331,05} \cdot 100\% = 20,83 \%$$

Капіталовкладення:

$$K = 063 \cdot 1,2 \cdot 1,8 + 0\Phi = 1817471,26 \cdot 1,2 \cdot 1,8 + 642500 \\ = 4568237,92 \text{ грн}$$

Період повернення капіталовкладень:

$$T = \frac{K}{C_3} = \frac{4568237,92}{4091698,07} = 1,116 \text{ року}$$

Ефективність підприємства:

$$E = \frac{1}{T} = \frac{1}{1,28} = 0,896$$

Фондовіддача:

$$\Phi = \frac{\text{Ц} \cdot P_p}{0\Phi} = \frac{400 \cdot 12360}{642500} = 7,695 \text{ грн/грн}$$

Фондоємність:

$$\Phi\epsilon = \frac{1}{\Phi} = \frac{1}{7,695} = 0,13 \text{ грн/грн}$$

Висновок: У розділі економіко – організаційних розрахунків були розраховані основні техніко-економічні показники цеху з отримання хромового покриття на корпус деталі та повна собівартість продукції.

Собівартість дорівнює 331,05 грн/м², період повернення капіталовкладень становить 1,116 роки, рентабельність складає 20,83 %.

Отже, результати, які отримали аргументують доцільність хромування

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		59

латунних деталей.

3.8 Обґрунтування економічної вигідності

В даній дипломній роботі використовується тетрахроматний електроліт хромування, який по своїм властивостям декілька ключових факторів його використання.

1. Температура осадження 15-24 °С, що при розрахунку витрат води суттєво зменшує випаровування води (аналоги мають температуру процесу до 80°С)
2. Густина струму 60 А/дм², порівняно з аналогами є не самою великою, але має вихід за струмом 30%, що означає найбільшу швидкість осадження в мкм/год.
3. Тетрахроматний електроліт є один з найменш агресивних електролітів, що суттєво спрощує очистку та утилізацію відходів.

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						60
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 4. Охорона праці

При відтворенні технологічної частини проекту, в процесі електрохімічного осадження хромового покриття, що здійснювався в цеху для нанесення покриттів, застосовуються токсичні, хімічно агресивні, шкідливі, пожежо- і вибухонебезпечні речовини й матеріали; передбачено використання багатьох видів енергії, а саме: електричної, теплової енергії та механічної.

Проект виконано з дотриманням всіх норм охорони праці. В цьому розділі на основі аналізу негативних виробничих факторів розроблено заходи, спрямовані на створення безпечних умов для праці та забезпечення пожежної безпеки цеху.

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

4.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042 – 99, роботи в цеху віднесено до категорії робіт середньої тяжкості Пб [17].

Таблиця 4.1 Санітарні вимоги до параметрів мікроклімату

ПР	Категорія робіт	Т, °С				Відносна вологість %		Швидкість руху, м/с		
		оптимальна	допустима				оптимальна	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж	Оптимальна, не більш ніж	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних	оптимальна	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж	Оптимальна, не більш ніж	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж			
Холодний	Середньої тяжкості – Пб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	До 0,4
Теплий		20-22	27	29	15	15	40-60	70 (при 25°С)	0,3	0,2-0,5

Таблиця 4.2 Санітарна характеристика відтворюваного цеху

Ванна травлення і ванна активації	Ванна хромування	Ванна хромування	Ванна хромування електрохімічного зне-	1	Назва виробничої ділянки, лабораторії, установки
НСІ Пролів, випаровування	CrO ₃ Випаровування	H ₂ SO ₄ Випаровування з поверх по електроліту	NaOH Випаровування з поверх по розчину	2	Шкідливі речовини, що виділяються. Причини їх виділення
Подразнює верхні дихальні шляхи, викликає хімічні опіки	Подразнює верхні дихальні шляхи.	Подразнює, вражає верхні дихальні шляхи.	Подразнює, при попаданні на шкіру, слизові оболонки, очі, утворюються сильні	3	Група шкідливої речовини. Характеристика шкідливого впливу
2	5	5	2	4	Група шкідливої речовини у повітрі шкідливої зони, м/мг
3	2	2	2	5	Клас небезпечності шкідливої
Респіратор класу А, захисні окуляри, халат	Респіратор, халат для захисту одягу, гумові рукавиці, захисні окуляри	Респіратор, халат для захисту одягу, гумові рукавиці, тісно прилягаючі захисні окуляри	Захисні окуляри, гумові рукавички, прорезинений хімічностійкий одяг	6	Засоби індивідуального захисту
Промити великою кількістю води, 2% розчином соди	При потрапінні на шкіру – промити великою кількістю води	При потрапінні на шкіру – промити великою кількістю води	Промити великою кількістю води, потім слабким розчином оцтової кислоти (5%-ім)	7	Засоби долікарської допомоги
Нефелометричний з хлоратом калію УГ-	ХЖ-130 хроматограф рідинний	ХЖ-130 хроматограф рідинний	ХГА «АГАТ»	8	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони
IV	IV	IV	IV	9	Клас виробництва згідно СН-245-71
3б	3б	3б	3а	10	Санітарна група технологічного процесу згідно СНП 2.09.04-87

ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ

Арк.

62

Змін. Арк. № докум. Підпис Дата

В проектованому цеху здійснюється низка заходів для нормалізації умов праці за допомогою автоматизації важких та трудомістких робіт, раціонального розміщення компонентів, агрегатів, комунікації та інших джерел, що можуть бути потенційно небезпечними на робочому місці.

Рекомендуються засоби індивідуального захисту, а саме спецодяг і взуття типу «П» та респіратори. Два рази на місяць з пиломіром проводиться контроль вмісту в повітрі цеху шкідливих речовин.

Передбачено методи очищення повітря в гальванічному цеху за рахунок встановлення загальнообмінної та витяжної систем вентиляції.

Їхня продуктивність розрахована з можливості циркуляції повітря між приміщеннями та складами.

Також на виробництві встановлено аварійну вентиляцію, яка вмикається датчиками газосигналізаторів, які налаштовані на ГДК токсичних речовин і реалізується витяжною вентиляцією Повітрообмін аварійної вентиляції 8 ч^{-1} включаючи роботу [17].

Ванни для знежирення, травлення, активації та осадження покриття у цеху обладнано бортовими відсмоктувачами.

Розрахунок системи місцевої механічної вентиляції

В якості вентиляції ванн, для уловлювання шкідливих виділень з поверхні розчинів, в цеху запроваджені двосторонні бортові відсмоктувачі.

Відповідно до технологічної схеми установка бортових відсмоктувачів необхідна на ваннах, з поверхні яких можливе виділення шкідливих і небезпечних речовин. Виділення таких речовин можливе при електрохімічному знежиренні ($t = 80 \pm 10^{\circ}\text{C}$) та електроосадженні хромових покриттів.

Об'єм повітря, що відсмоктується через бортові відсмоктувачі, розраховуються за формулою:

$$L_{\text{омс}} = 3600 \cdot a \cdot b \cdot K_3 \cdot K_1 \cdot \sqrt{(t_p - t_n) \cdot n \cdot b^3}, \text{ м}^3 / \text{год}$$

де a - довжина ванни (0,8 м); b - ширина ванни (0,8 м); t_p - температура розчину; t_n - температура навколишнього середовища; K_3 - коефіцієнт запасу

					ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(1,5); $K_t = (1 + \frac{b}{8 \cdot a})^2$ - коефіцієнт запасу для двохстороннього бортового відсмоктувача; b – безрозмірна характеристика (1/15 для двохстороннього бортового відсмоктувача); n – кількість прямих кутів між границями потоку повітря ($n = 3$ для вільного розташування ванн).

Процес	$t_p, ^\circ C$	$t_n, ^\circ C$	K_t	Кількість ванн, шт	$L_{отс}, M^3/год$
Знежирення (NaOH)	80	19	1,114	1	1941,7
Травлення(HCl)	20	19	1,114	1	248,6
Активация(HCl)	20	19	1,114	1	248,6
Хромування	20	19	1,114	1	243,5
Разом					2692,6

Таблиця 5.3 Коефіцієнти і результати розрахунків витрат повітря

Розрахуємо втрати тиску у трубопроводах:

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

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

Для трубопроводу діаметром 560 мм, та швидкості руху повітря 1,5 м/с значення $R = 0,005 \text{ кг/м}^2$ та довжиною в 22м.

Втрати на місцевих опорах

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

Місцеві опори:

- витяжна шахта з зонтом $\xi = 1,85$ при $h/d = 0,22$;
- коліна з закругленими кромками $\xi = 0,3$ при $r/d_c = 0,3; \alpha = 90^\circ$;
- дросельний клапан $\xi = 118$ при $\alpha = 90^\circ$;
- відбір з колектору $\xi = 0,5$;
- фільтр $\xi = 148$.

$$Z = 3691 \text{ кг/м}^2,$$

$$P = \sum (0,005 \cdot 25 + 3691) = 3816 \text{ кг/м}^2.$$

Характеризуючись витратами повітря та витратами тиску обрано вентилятор Ц4-70 №4 А4095 2а, потужність якого 0,5 кВт, частота обертів

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						64
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1400 об/хв. Двигун А02-11-6 постачається у купі з вентилятором. [17].

4.1.2 Виробниче освітлення

На виробництві передбачено встановлення систем різного освітлення. Система природного освітлення – виконана шляхом сполучення верхнього та бокового освітлення. Штучне освітлення – аналогічно.

Таблиця 4.4 Норми освітленості і КПО цеху згідно ДБН В.2.5-28:2018

Розряд і під-розряд зорової роботи	Освітленість, лк		КПО, %	
	Штучне		Природне	Суміщене
	Комбіноване	Загальне	Верхнє і бічне	Верхнє і бічне
IVв	450	200	4 і 2	2,5 і 1
VIIIа	–	150	2,5 і 1	1,5 і 0,6

Для освітлення цеху застосовуються лампи типу ЛБ–40(G13) та ЛБ–60(G13). Також виробничі та складові зони оснащені аварійним та евакуаційним світильниками прямого типу "Альфа". Для контролю рівня освітленості в приміщеннях застосовують люксметри типу Ю–117 з періодичністю 1 раз/рік заміни чи ремонту ламп. При аварійному освітленні встановлена мінімальна освітленість, яка являє собою 5 % від нормованої, але не менше 2 лк. На випадок евакуації для робітників передбачено освітлення на підлозі основних проходів, сходах та виходів не менше 0,5 лк, на відкритих майданчиках – не менше 0,2 лк [18].

4.1.3 Виробничий шум і вібрація

Епіцентром вібрації та шуму в цеху є автооператори, вентилятори, електродвигуни, компресори та інші механізми. Рівень шуму на виробництві сягає 70...80 дБА за даними лабораторних вимірів, що задовольняє допустимий рівень (80 дБА), згідно ДСН 3.3.6.037–99.

Утримування рівня шуму у допустимих межах досягається ізоляцією джерел шуму засобами звукоізоляції і звукопоглинання, такими як перегородки і кожухи, які перешкоджають розповсюдження шуму; використовуються глушники, які встановлені на повітроводах; обробкою стін звукопоглинаючими матеріалами; використанням звукоізоляції генераторів шуму; використанням

					ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

індивідуальних засобів захисту (навушники, тампони з ультратонкого волокна, беруші, шлеми та каски); архітектурно-планувальним методом: встановленням відстані від стіни до обладнання з робочої сторони лінії 1,5 м, з неробочої 1,2...1,5 м; площа виробничого приміщення на одного працюючого не менше 4,5 м²; мінімальна висота приміщення 5 м.

В виробництві передбачено вимірювання рівня шуму і його контролю за допомогою приладу Delta OHM HD 2110L [19].

4.1.4 Електробезпека

Цех нанесення гальванічних покриттів належить до особливо небезпечних приміщень за ризиком ураження електричним струмом, оскільки має хімічно активне середовище, яке руйнує електроізоляцію струмоведучих частин електрообладнання.

Адміністрація гальванічного цеху зобов'язана ознайомити робітника з основними вимогами техніки безпеки та електробезпеки в даному цеху, зі світловою і звуковою сигналізацією, яка використовується в цеху, вказати правила переміщення по території цеху і на всьому підприємстві.

Електричні прилади цеху підключені до трифазної чотирьохпровідної електричної мережі перемінного струму 380/220В із глухозаземленою нейтраллю. Згідно ГОСТ 12.1.038–92, припустимий рівень напруги дотику (U_{∂}) та струму, який проходить через людину (I_{π}) при стандартному режиму роботи електричного устаткування, рівні:

$$U_{\partial} = 2 \text{ В, а } I_{\pi} = 0,3 \text{ мА;}$$

при аварійному:

$$U_{\partial} = 36 \text{ В, а } I_{\pi} = 6 \text{ мА.}$$

Стандартним є відбування на однофазний дотик людини до електромережі. Сила струму, що проходить через людину, виражається як:

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

де U_{ϕ} — 220 – фазна напруга, В; $R_{\pi} = 3000$ – загальний опір тіла людини,

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						66
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ом;

$R_0 = 4$ – опір робочого заземлення нейтралі, Ом.

$$I_{\text{л}} = 220 / (3000 + 4) = 73 \cdot 10^{-3} \text{ А} = 73 \text{ мА}$$

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

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

Для забезпечення безпеки працівників при роботі з електромережею забезпечено наступні способи та засоби: занулення електрообладнання, захисне відключення установок, вирівнювання потенціалів, мала напруга живлення ручних електроінструментів, електроізоляція струмопровідних частин, електричне розділення мереж, огороження від небезпечних ділянок, блокування, сигналізація, знаки безпеки, попереджувальні знаки. Безпека експлуатації при нормальному режимі електроустановок забезпечується наступним чином: ізоляцією струмоведучих частин (опір ізоляції не менше 0,5 МОм), недоступністю струмопровідних частин, малою напругою.

Рекомендовано наступні способи запобігання ураження електричним струмом: застосування ламп напругою не вище 12В, електроінструменти більш високої напруги повинні мати подвійну ізоляцію, гумові рукавиці, інструмент з струмоізолюваними рукоятками, струмошукачі, гумові підставки [20].

4.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

Відповідно до ГОСТ 12.3.002-2014, безпека виробничих процесів протягом повного циклу функціонування забезпечується за допомогою підтримки допустимого рівня ризику виникнення небезпечних ситуацій і досягається шляхом застосування таких методів праці, за яких:

- 1) виключено безпосередній контакт працюючих з шкідливими і небезпечними виробничими факторами, як при нормальному (призначеному) протягом виробничого процесу, так і в аварійних ситуаціях;
- 2) ризик аварій знижено до мінімального рівня;
- 3) під час аварійних ситуацій ризику впливу, що виникли у зв'язку з

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						67
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

аварійною ситуацією і по її причини шкідливих і небезпечних виробничих факторів не перевищує допустимий;

4) дотримується підвищення рівня захисту працюючих і суворе дотримання ними вимог безпеки праці;

5) застосовується безпечне виробниче обладнання, що забезпечує високий рівень безпеки працівників які працюють при монтажі та демонтажі обладнання;

6) виконано раціональне розміщення виробничого обладнання, раціональну організацію робочих місць і трудового процесу, дотримуються вимоги ергономіки і технічної естетики до виробничого обладнання та ергономічних вимог до організації робочих місць і трудового процесу;

7) дотримання оптимальних режимів праці та відпочинку, високої виробничої, технологічної та трудової дисципліни;

8) застосування способів зберігання і транспортування вихідних матеріалів, сировини, заготовок, комплектуючих виробів (вузлів, елементів), готової продукції та відходів виробництва, що відповідають вимогам безпеки;

9) передбачено професійний відбір та професійне навчання працівників, інструктажі, стажування, періодична перевірка їхніх знань щодо вимог охорони праці та навичок щодо безпечного виконання праці;

10) передбачено ефективні методи і засоби моніторингу безпеки процесу і окремих його операцій, стану будівель і споруд, роботи виробничого обладнання, справності інструментів, засобів індивідуального та колективного захисту [20].

4.2 Пожежна безпека

В цеху є можливість виникнення пожежі за рахунок перевантаження електроустаткування або утворення займистої суміші водню з повітрям. Причинами можуть бути коротке замикання між шинами або електродами, розряди електрики або пошкодження в наслідок удару по обладнанні і

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		68

електропроводі. Крім того можливий удар блискавки в об'єкти які мають високий потенціал через металічні структури в цеху.

В гальванічному цеху використовуються негорюча сировина та матеріали в гарячому стані, використання яких на гальванічних стадіях призводить до виділення тепла, іскор і полум'я; горючі газу, рідини і тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо. Відповідно до ГОСТ 12.01.004-91, приміщення гальванічного цеху за пожежною безпекою відноситься до категорії «Г». Ступінь вогнестійкості рівний 4, межа вогнестійкості будівель: зовнішні стіни 0,25, внутрішні несучі стіни 0,25.

Основними факторами пожежі для людей, які працюють в гальванічному цеху, є висока температура повітря і обладнання, токсичні продукти горіння, дим, низький вміст кисню в повітрі, на ділянках знежирення деталей від мінеральних масел, де застосовується бензин під час протирання деталей щітками або серветками, змоченими бензином, виникає статична електрика, що дає іскри, що може призвести до виникнення пожежі при наявності в повітрі парів бензину.

При підвищенні вологості в цеху, утворення пари кислот і лугів відбувається швидке зношення ізоляції деталей під струмом та електромережі, яке внаслідок може викликати короткі замикання та загоряння проводів. Для запобігання пожеж проводиться профілактичний ремонт електрообладнання цеху.

Згідно ГОСТ 1201.004-91, приймаємо такі заходи для забезпечення пожежної безпеки.

Технічні та експлуатаційні заходи, передбачені проектом:

- 1) Проводиться контроль справності захисної апаратури електрообладнання;
- 2) контролюється стан ізоляції;
- 3) дотримується правильна технологія і правила експлуатації.

Для забезпечення пожежної безпеки прийнято наступні організаційні

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		69

заходи:

- 1) Дотримання правил пожежної безпеки персоналом цеху.
- 2) Використання постів з вогнегасниками і інструментами, що знаходяться в постійній готовності.

Використовуються засоби пожежної сигналізації (НПБ 22-96) і систем оповіщення про пожежу (НПБ 104-03). На будівлі цеху встановлена система блискавковідводу (відповідно до СН 305 – 77), що складається з блискавкоприймача, заземлювача і струмопровідника. Тип вертикальний стрижньовий: $H = 100\text{м}$, висота його зони захисту під землею $H_0 = 0,92 \cdot 100 = 92\text{ м}$. Радіус зони захисту на рівні землі $r_0 = 1,5 \cdot 100 = 150\text{ м}$.

Показники пожежо– та вибухонебезпечності речовин і матеріалів для процесу хромування занесені до таблиці 4.5. [22].

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		70

Таблиця 4.5 Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин і матеріалів

Ізоляція	Поміст	Гальванічна ванна		Назва дільниці	Показники пожежо- та вибухонебезпечності	Межа запалення	Вибухонебезпечні суміші з повітрям											
		H ₂	N ₂				Речовини, що мають об'єм у виробництві ГОСТ	Агрегатний стан речовини в нормальних умовах	Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання	% об'ємних	мг/м ³	Категорія	Група			
Текстоліт	Дерево, гума			Вінпласт														
ТВ	ТВ	Газ	ТВ	ТВ														
Важкогорюча	Горюча	Легкогорюча	Важкозаймисті	Горючість, займистість														
-	170	132	-		Температура спалаху													
358	400	324	580		Температура займання													
358	400	57,5	580		Температура самозаймання													
-	-	47,5	-		% об'ємних													
-	-	45-82,5	-		мг/м ³													
-	-	2с	-		Категорія													
-	-	T1	-		Група													
Вогнегасники рідинні, вуглекислий, СУБ-7, пісок, піна	Вода	Інертний газ	Вода, піна	Вогнегасні засоби														
В	В	В	В	Категорія призначення за ЗНП 24-86														
02	02	02	02	Клас призначення і зовнішніх установок згідно з ПУЕ														
2Б	2Б	2Б	2Б	Категорія об'єкта і тип зони захисту і влаштуванню блискавкозахисту згідно з БН														

РОЗДІЛ 5. Екологічна безпека гальванічного виробництва, очищення стічних вод

5.1 Призначення процесу очищення стічних вод

На підприємствах гальванотехнічних цехів в технологічних процесах утворюються стічні води, забруднені солями важких металів. Ці речовини є токсичними для водних організмів і рослин, а в більш високих концентраціях і для людини. Тому стічні води, що володіють високою токсичністю, не можуть бути скинуті у відкриті водойми без відповідної обробки. У даному дипломному проєкті такими речовинами виступають сполуки Cr^{6+} (ГДК 0,05 мг/л).

Промислове очищення стічних вод від іонів хрому може відбуватися різними способами:

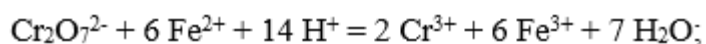
- 1) модифікаціями реагентного методу;
- 2) іонообмінними методами;
- 3) електрохімічними методами;
- 4) очищення ультрафільтрацією або гіперфільтрацією;
- 5) сорбційним методом.

Найбільшого поширення знешкодження хромовмістних стічних вод набули саме електрокоагуляційний та модифікаційно-реагентний методи.

Обробка токсичних стічних вод з йонами хрому реагентними методами здійснюється в два етапи:

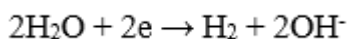
- 1-й етап – відновлення у тривалентну форму;
- 2-й етап – зв'язування Cr^{3+} у гідроксид.

При протіканні гальванічних стоків через гальванічну ванну зі сталевими електродами під дією постійного струму відбувається процес анодного розчинення сталевих електродів, по цій причині в розчин переходять іони Fe^{2+} , які відновлюють іони хрому до Cr^{3+} та часткова нейтралізація їх токсичності за реакцією:



					ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						72
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Паралельно процесу відновлення хрому під дією електричного струму відбувається процес відновлення води на катоді:



гідроксид іони OH^- які утворилися, які реагують з іонами заліза Fe^{3+} та хрому Cr^{3+} з утворенням малорозчинних гідроксидів - гальванічного шламу:



де розчинність $\text{Fe}(\text{OH})_3$ становить $0,03725 \text{ г/дм}^3$, а $\text{Cr}(\text{OH})_3$ $0,00816 \text{ г/дм}^3$.

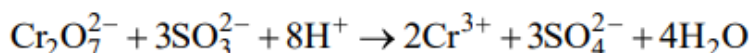
Після електрокоагуляційної обробки хромовмісні стічні води змішуються із кислими та лужними стоками та нейтралізуються.

За потреби додаткового очищення стічних вод застосовують реагентний метод.

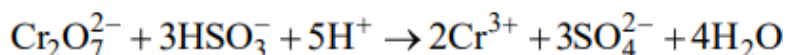
В якості реагентів-відновників найчастіше використовують натрієві солі сірчистої кислоти - сульфит (Na_2SO_3), гідросульфит (NaHSO_3), піросульфит (піросернистоокислого натрій, метабісульфіт натрію) ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), а також тиосульфат натрію ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$).

Відновлення Cr (VI) до Cr (III) відбувається в кислому середовищі за реакціями:

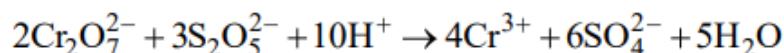
відновлення сульфитом натрію



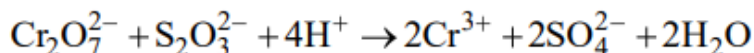
відновлення бісульфітом натрію



відновлення піросульфат натрію



відновлення тиосульфатом натрію



Найбільша швидкість відновлення Cr (VI) до Cr (III) солями сірчаної

					ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

кислоти спостерігається в кислому середовищі при рН 2 - 2,8.

До недоліків цих способів можна віднести:

- можливість окислювання відновника при його зберіганні, що ускладнює його правильне дозування і призводить до підвищеного його витрат;
- відновлення проводять в кислому середовищі, що потребує додаткових витрат кислоти на підкислення.

Після цього стічні води пропускають через ряд фільтрів:

- 1) механічний фільтр,
- 2) фільтр активованого вугілля,
- 3) зворотній осмос.

Очищена вода після всіх операції повертається на виробництво і використовується повторно [20].

5.2 Очищення стічних вод від кислот, лугів та іонів важких металів

Загальна схема очистки стічних вод представлена на рис. 5.1.

Промивні води, відпрацьовані електроліти та реагенти після процесів осадження шару металу, знежирення та травлення можуть утворювати різні групи кислих, лужних та тих які містять іони важких металів стічних вод. В стічних водах вміст катіонів важких металів приблизно однаковий: Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} та ін.

Лужні води характеризуються рН 10...12. Кислі води з вмістом різних кислот з рН 2 до 5. Концентрація іонів важких металів може сягати приблизно до 100 мг/дм³ для Cu^{2+} і Zn^{2+} та до 1,5 мг/дм³ для Fe^{2+} і Fe^{3+} .

При змішуванні стічних вод технологічних ліній відбувається попередня часткова нейтралізація. Для повторного використання або зливання стічних вод в міську каналізацію проводять доведення рН середовища до припустимого нейтрального 6,5 - 8,5. Нейтралізація та очищення стоків з іонами важких металів можуть бути досягненні різними способами очищення, наприклад нанофільтрацією та іоннообмінним способом.

					ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

При використанні методу іонного обміну отримана якість очищення дозволяє використовувати очищені води в оборотному циклі. Метод передбачає обмін між іонами в розчині і іонами на поверхні твердої фази - іоніту. Як іоніти найчастіше використовують синтетичні іонообмінні смоли. За допомогою іонного обміну проводиться глибоке очищення забруднених стоків від іонів важких металів: Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, Hg, Cd і ціанідів.

Основним недоліком методу іонного обміну є вторинне забруднення стічних вод після відновлення, коли виникає необхідність їх знешкодження.



Рис. 5.1 Схема очищення стічних вод від іонів важких металів

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

ВИСНОВОК

Розроблено технологію отримання хромового покриття на латунні деталі, продуктивністю 12000 м²/рік.

Розраховано параметри енергії, напруги, електрики, баланси струму. На основі технологічних потреб обрано джерело живлення, визначено параметри пристроїв для нагрівання ванн, так як і витрати реактивів, матеріалів і води для виконання річної виробничої програми.

В частині з автоматизацією виробництва дипломного проєкту було запропоновано схему автоматизації. Ціль була досягнута за рахунок автоматичного контролю температури, рівня електроліту та рН. Також було вказано систему, за яким працює схема постійної очистки.

Розраховано техніко-економічна частина гальванічного виробництва. Показники собівартості 1 м² покриття складає 152,72 грн, прибуток – 67,28 грн, рентабельність підприємства – 43,4 %, капіталовкладення – 2426971,26 грн, а термін їх повернення – 1,28 року.

Розглянувши усі небезпечні і критично важливі фактори на виробництві, було розроблено системи захистів з охорони праці, такі як захист від шуму, вібрації, виробничого освітлення та ураження електрообладнанням з пожежною безпекою згідно ГОСТ та нормам виробничого освітлення, вібрації та ураження електричним струмом, пожежної безпеки. Також підібрані заходи індивідуального захисту для робітників.

Запропоновано практичну схему очищення стічних вод. У даній технологічній схемі відбувається очищення води від йонів хрому.

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		76

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вайнер Я. В., Дасоян М. А. Технология электрохимических покрытий. – 1972.
2. Ажогин Ф. Ф. и др. Гальванотехника: справ. изд //Металлургия. – 1987.
3. Шлугер М. А. Гальванические покрытия в машиностроении. Справочник в 2-х томах / Шлугер М. А. – М.: «Машиностроение», 1985 – Т. 1, 1985 – 240 с.
4. Дасоян М. А. Технология электрохимических покрытий: Учеб. Для средних специальных учебных заведений/ Дасоян М. А., Пальмская И. Я.,Сахарова Е. В. –Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 391с.
5. 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.
6. Прикладная электрохимия. Учеб для вузов./Под ред. докт. техн. наук проф. А. П. Томилова. – 3-е изд., перераб. – М.: Химия, 1984. –520 с
7. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту освітньо-кваліфікаційний рівень “бакалавр”. Напряом 6.0916 “Хімічна технологія та інженерія”. Професійна спрямованість “Технічна електрохімія”. Розділ “Гальванотехніка” / Уклад. Л.А. Яцюк, В.П. Чвірук, В.Ф.Панасенко, Т.І. Мотрошнюк, О.В. Лінючева, О.І. Букет. – К: НТУУ "КПІ", 2006. – 49 с.
8. Беленький М. А. Электроосаждение металлических покрытий. Справ. изд./ М. А. Беленький, А. Ф. Иванов.– М.: Метталургия, 1985. – 288 с.
9. Метод, вказівки до викон. розділу «Охорона праці» в дипломних проектах і роботах бакалаврів / Уклад.: Н.А. Праховнік, Ю.О. Полукаров, Л.О. Мітюк - К.: НТУУ «КПІ», 2017. - 31 с.
- 10.Справочник химика. – Т.3. – М.–Л.: Химия, 1964. – 705 с.

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		77

11. Лукінюк, М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами [у 2 кн.]. Кн. 1. Методи та технічні засоби автоматичного контролю хіміко-технологічних процесів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки «Хімічна технологія та інженерія» / М. В. Лукінюк ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 4,46 Мбайт). – Київ : Політехніка, 2012. – 336 с.
12. Гамбург Ю.Д. Гальванические покрытия. Справочник по применению – Москва: Издательство «Техносфера», 2006 – 216 с.
13. Прикладная электрохимия. Учеб для вузов./Под ред. докт. техн. Наук проф. А. П. Томилова. – 3-е изд., перераб. – М.: Химия, 1984. –520 с
14. Розділ “Гальванотехніка” / Уклад. Л.А. Яцюк, В.П. Чвірук, В.Ф.Панасенко, Т.І. Мотронюк, О.В. Лінючева, О.І. Букет. – К: НТУУ "КПІ", 2006. – 49 с.
15. Екологічна безпека гальванотехніки [конспект лекцій під ред. доц., к.т.н Фроленкової С.В] Київ, 2019.
16. Економіка, організація та управління хімічними підприємствами [конспект лекцій під ред. доц., к.т.н Підлісної О.А.] Київ, 2019.
17. Ямпольский А.М., Ильин В.А. Караткий справочник гальванотехника. – Л.: Машиностроение, 1981.– 269 с.
18. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство / под ред. В.Н.Кудрявцева. – М.: Глобус, 2002.- 352 с.
19. Краткий справочник физико-химических величин. Издание девятое / Под ред. А.А. Равделя и А. М. Пономаревой. – Спб.:Специальная Литература, 1998. – 232 с.
20. Гальванические покрытия в машиностроении. Справочник . В 2-х томах/Под ред. М.А. Шлугера. -М.: Машиностроение, 1985 – Т.1. 1985 240с., ил.

					<i>ДП ХЕ7104.1450.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		78

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

По- зиція на схемі	Назва параметру	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметру	Місце монтажу	Назва та характеристика	Тип моделі	Кіль- кість	Завод- виробник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 – 1	Температура	Електроліт, електролітична ванна	15-24 °С	Електролітична ванна	Термометр опору з кабельним выводом. Робочий діапазон температур -50...+150 °С. Вихідний сигнал 4...20 мА. Сталь 12Х18Н10Т. Умовний тиск 10МПа.	ДТС 024	1	ВАТ «ОВЕН» м. Москва
1 – 2 2 – 2 3 – 3 4 – 2				Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад {із блоком добування квадратного кореня} {з пристроєм сигналізації} {з функцією перетворення електричного сигналу в пневматичний}; вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50 П, 100 П, 50 М, 100 М	ДИСК- 250ДД	4	ЗАТ «Промислова група», м. Челябінськ
1 – 3	Температура	Електроліт, електролітична ванна	15-24 °С	Щит керування	Регулятор електричний пропорційно-інтегрально- диференціальний	ФР0095	1	
1 – 4	Температура			Електролітична ванна	Насос циркуляційний, Уроб = 230 В, Pmax =2,3 кВт		1	

Продовження таблиці А.1

2 – 1 4 – 1	Рівень	Електролітична ванна, баки живлення	0,8 м	Електролітична ванна, бак	Поплавковий датчик рівня Вихідний сигнал: 4...20 мА Межа похибки: 0,7-2,5%. Діапазон температур -60 ... +125 °С.	ПДУИ.4 000	2	ВАТ «ОВЕН» м. Москва
2 – 3				Трубопровід	Механізм виконавчий електричний однооберто-вий: 6,3 – номінальний обертовий момент на ви-хідному валу, Н·м; 12,5 -номінальний час повно-го ходу вихідного валу, с; 0,25 – номінальний повний хід вихідного валу, об	МЭО6,3 /12,5- 0,25-99	1	Севанский завод електричних виконавчих механізмів, м. Севан
3 – 1	pH	Електроліт, електролітична ванна	2-2,5	Електролітична ванна	Чутливий елемент рН-метра заглибного виконання; діапазон температур: 0 – 100 °С, з тиском у діапазоні 0,025 – 0,6 МПа	ДПг-4М	1	Гомельський завод вимірювальних приладів, м. Гомель
3 – 2	pH	Електроліт, електролітична ванна	2-2,5	Місцевий	Перетворювач високоомний, Івих = 0 – 5 мА	П-201	1	Гомель-ський завод вимірювальних приладів, м. Гомель
5 – 1 5 – 2	Сила струму, напруга	Електроліт, електролітична ванна	8678,45 А; 22,2 В	Місцевий	Агрегат випрямний для гальванічних ванн, Іmax = 400 А, Umax = 24 В	ТЕ 1- 400/24Т	1	ООО "Электротропроект" м. Москва
5 – 3	Сила струму, напруга	Електроліт, електролітична ванна	8678,45 А; 22,2 В	Місцевий	Пульти дистанційного керування для випрямного агрегату ТЕ 1-400/24Т	ПДУ ТЕ1	1	ООО "Электротропроект" м. Москва

Продовження таблиці А.1

HL1				Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна із зеленим інди-катором («ПУСК»), Uжив = 220 В, 50/60 Гц, d = 27 мм, сила світла 20 мКд	СКЛ - 11 - 3 - 2 - 220	5	ВАТ «Кашинський завод елек-троапарату-ри», м. Москва
HL2				Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна із червоним інди-катором («СТОП»), Uжив = 220 В, 50/60 Гц, d = 27 мм, сила світла 20 мКд	СКЛ - 11 - К - 2 - 220	5	ВАТ «Кашинський завод елек-троапарату-ри», м. Москва

ДОДАТОК В

Цех гальванічних покриттів

Паспорт якості № _____

від _____

На: гальванічне хромове покриття

Виробник: _____

Партія № _____ від _____

Маса нетто _____ кг

Список проведених досліджень згідно ГОСТ 9.301-86. Для контролю покриття відбираються від кожної партії від 0,1 до 1 % деталей, але не менше 3 одиниць.

Результати досліджень:

№	Параметр	Метод дослідження	Стандарт	Досліджений
1	Вигляд			
2	Товщина покриття			
3	Пористість			
4	Зчеплення			
5	Корозійна стійкість			

Дослідження провів головний технолог підрозділу, дійсність даних підтверджую:

(ПБ)

« ____ » _____ р. _____ (підпис)