

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

Хіміко-технологічний факультет

Кафедра технології електрохімічних виробництв

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедри

_____ Олександр БУКЕТ

«_____» __06_2022__ р

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

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

спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»

**на тему: «Гальванічні покриття в харчовій промисловості. Розробка
технології олов'янування сталевих виробів»**

Виконав :

студент (-ка) Струневича Ігоря Олеговича

1V курсу, групи ХЕ-82

Керівник:

Доцент, к.т.н.

Фроленкова Світлана Василівна

Консультант з

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

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

Автоматизація: Сазонов Артем Юрійович доц., к.т.н.

Рецензент: Толстопалова Наталія Михайлівна

доц. кафедри ТНР,В та ЗХТ, к.т.н., доц.

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

Студент (-ка) _____

Київ – 2022 року

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

Кафедра технології електрохімічних виробництв

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 161 «Хімічні технології та інженерія»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Олександр БУКЕТ

«__»__06____2022__р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Струневичу Ігорю Олеговичу

1. Тема проєкту **«Гальванічні покриття в харчовій промисловості. Розробка технології олов'янування сталевих виробів»**, керівник проєкту Фроленкова Світлана Василівна, Доцент каф.ТЕХВ, к.т.н., доц., затверджені наказом по університету від «__»_____2022__р. №_____

2. Термін подання студентом проєкту 15 червня 2022року _____

3. Вихідні дані до проєкту Матеріали з практики. Зарубіжні та вітчизняні монографії та періодичні видання. Продуктивність 13 тис.м²/рік.

4. Зміст пояснювальної записки Складання технологічної карти,розрахунок балансів струму, напруги, енергії, обґрунтування та вибір покриття, розрахунок організаційно–економічних показників,заходи охорони праці, схема автоматизації процесу нанесення покриття, екологічна безпека.

5. Перелік графічного матеріалу 1.Креслення гальванічної ванни, 2.Схема технологічного процесу, 3.Схема автоматизації, 4.Економічна частина, 5.Схема очищення стічних вод.

6. Консультанти розділів проєкту*

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

7. Дата видачі завдання 28 квітня 2022року_____

Календарний план

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

Студент

Ігор СТРУНЕВИЧ

Керівник

Світлана ФРОЛЕНКОВА

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

[illegible]

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту на тему:
«Гальванічні покриття в харчовій промисловості.
Розробка технології олов'янування сталевих виробів»

Київ – 2022 року

РЕФЕРАТ

«Гальванічні покриття в харчовій промисловості. Розробка технології олов'янування сталевих виробів».

Струневич І.О. – Київ: «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», ХТФ, ХЕ–82.

Дипломний проєкт, 2022 рік, кількість сторінок –78, таблиць –15, рисунків–10, джерел –20.

У даному проєкті розроблено технологічний процес нанесення декоративно-захисного олов'яного покриття на сталеві деталі із сульфатного електроліту. На основі порівняння описів властивостей електролітів для лудіння запропоновано оптимальний склад розчину та режим електролізу. Проведені розрахунки: кількість ванн для виконання річної програми, баланси струму та напруги, баланс енергії. Для проведення технологічного за розрахованими необхідними параметрами здійснено вибір джерела струму.

Для очищення стічних вод, що утворюються в технологічному процесі, запропоновано використовувати реагентний метод. Також проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів в гальванічному цеху відповідно до вимог охорони праці.

Розраховано вартість операцій контролю якості. В проєкті розроблено схему автоматизації параметрів процесу лудіння: рівень, об'ємна швидкість перекачування, рН електроліту, напруга та сила струму на гальванічній ванні.

Ключові слова: олов'янування, знежирення, травлення, катод, анод, густина струму, гальванічна ванна, джерело струму

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Galvanic coverings are in food industry. Development of technology of tinning of steel details.

Strunevych I. – Kyiv: NTUU “KPI”, CTF, XE-82.

Diploma project. Number of pages–78, tables–15, pictures–10, sources–20, 2022.

In this work the technological process of causing is developed decorative and protective tin coverage from a sulfate electrolyte on steel details. On the basis of comparison of descriptions of electrolytes for a tinning optimum composition of electrolyte and mode of electrolysis is offered. Calculations are conducted: amount of baths for implementation of the annual program, balances of current and tension, balance of energy. The choice of source of current is carried out for the lead through of technological process. The chart of cleaning of flow waters is offered by a reagent method. The analysis of harmful and dangerous factors is conducted in galvanic workshop. The cost of operations of quantity control is expected. Automated parameters of tinning process: level, volume speed of pumping, pH – to the electrolyte, tension and amperage.

Keywords: tinning, degreasing, digestion, cathode, anode, current density, galvanic bath, source of current.

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ

1. Зміст

1.1. Вибір виду та товщини гальванічного покриття характеристика виробів на які наноситься покриття

1.2. Вибір технологічного процесу

1.2.1. Обґрунтування вибору технологічного процесу

1.2.2. Підготовка поверхні перед нанесенням гальванічного покриття

1.2.3. Вибір електроліту для нанесення гальванічного покриття

1.2.4. Вибір і обґрунтування завершальних операцій

1.2.5. Контроль якості гальванічного покриття

1.2.5.1. Контроль зовнішнього вигляду покриття

1.2.5.2. Контроль товщини покриття

1.2.5.3. Контроль міцності зчеплення

1.2.5.4. Видалення недоброякісних покриттів

1.2.6. Карта технологічного процесу нанесення гальванічного покриття

1.2.6.1. Схема технологічного процесу блискучого лудіння

1.2.6.2. Карта технологічного процесу блискучого лудіння

2. Технологічні розрахунки

2.1. Визначення дійсного часу роботи обладнання

2.2. Визначення виробничої програми обладнання

2.3. Вибір виду обладнання для нанесення гальванічного покриття, розрахунок його кількостей та габаритних розмірів

2.4. Баланс сили струму на гальванічній ванні

2.5. Баланс напруги на гальванічній ванні

2.6. Вибір джерела струму для гальванічної ванни

2.7. Визначення джоулевої теплоти, складання балансу енергії

2.8. Тепловий баланс ванни

2.9. Розрахунок витрат матеріалів

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.9.1. Розрахунок витрат розчинних анодів на виконання річної програми

2.9.2. Розрахунок витрати хімічних реактивів

2.9.3. Розрахунок витрати води

3. Екологічна безпека гальванічного виробництва. Очищення стічних вод

4. Організаційно-економічна частина

4.1. Організація контролю якості на підприємстві

4.2. Розробка паспорту якості продукції

5. Автоматизація процесу нанесення гальванічного покриття

5.1. Аналіз технологічного процесу лудіння як об'єкта автоматизації

5.2. Опис розробленої схеми керування

5.3. Висновки щодо виконання поставлених задач автоматизації

6. Охорона праці

Висновки

Перелік Посилань

Додатки

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Олов'яні гальванічні покриття набули широкого застосування в багатьох різних галузях промисловості. Зумовлено це рядом їх специфічних властивостей. Олово проявляє високу корозійну стійкість в мінеральних та органічних кислотах, а продукти його розчинення є нешкідливими для людського організму. Також метал має надзвичайно високу пластичність та здатність до паяння, тому використовується як складова великої кількості різноманітних припоїв.

Гальванічні олов'яні покриття застосовуються при: виробництві білої (консервної) жерсті для виготовлення упаковок харчової продукції; забезпеченні технологічних операцій: вальцювання, штамповки, витягування (нанесення високоякісного олов'яного покриття значно підвищує ефективність таких операцій); для створення окремого шару або композиції, що підвищує здатність до паяння деталей приладів та радіоапаратури; для надання поверхні деталей, що працюють в умовах тертя, антифрикційних властивостей; з метою захисту кабелів від впливу сірки, що знаходиться в ізоляційному шарі гуми; для місцевого захисту сталевих виробів від азотування; для герметизації різьбових з'єднань; при декоративній обробці виробів текстурованим олов'яним покриттям типу «кристаліт»; з метою захисту від корозії посуду та виробів для зберігання та оброблення харчових продуктів.

Метою даного дипломного проєкту є розробка технологічного процесу гальванічного нанесення блискучого олов'яного покриття на сталеві деталі, для подальшого їх монтажу в пристроях, які застосовуються в харчовій промисловості.

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Вибір виду та товщини гальванічного покриття характеристика виробів на які наноситься покриття

Гальванічне блискуче олов'яне покриття наноситься на сталеві трубні елементи – прохідники, які застосовуються при монтажі різних трубопроводів. Виріб представлено на ескізі (рис.1). Він має середню складність профілю. Основні його габаритні розміри: 63 x 58 x 58 мм.

Планується застосування даного виробу в харчовій промисловості для підведення та монтажу трубопроводів до різноманітних харчопереробних апаратів (котлів, пастеризаторів, змішувачів і т. ін.).

Основними вимогами до покриття, що наноситься, є: блиск, мала поруватість, висока адгезія до металу основи, ненапруженість осадженого шару, відсутність токсичних домішок [1]. Блискуче олов'яне покриття має значно менш порувату структуру ніж звичайне матове і не потребує проведення додаткових операцій обпалювання з метою його ущільнення.

Матеріал виробу – сталь 45. Відповідно до ДСТУ 9.303-84 на високо вуглецеві сталі олово наноситься на нікелевий підшар. Отже, в даному випадку буде здійснюватися нанесення покриття типу Н.О. Оскільки виріб буде експлуатуватися в умовах підвищених вологості та температури відповідно до ДСТУ 15150-89 приймаємо умови експлуатації О.Ж. За таких умов передбачено нанесення олов'яного покриття товщиною 12 мкм на нікелевий підшар товщиною 15 мкм [2].

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

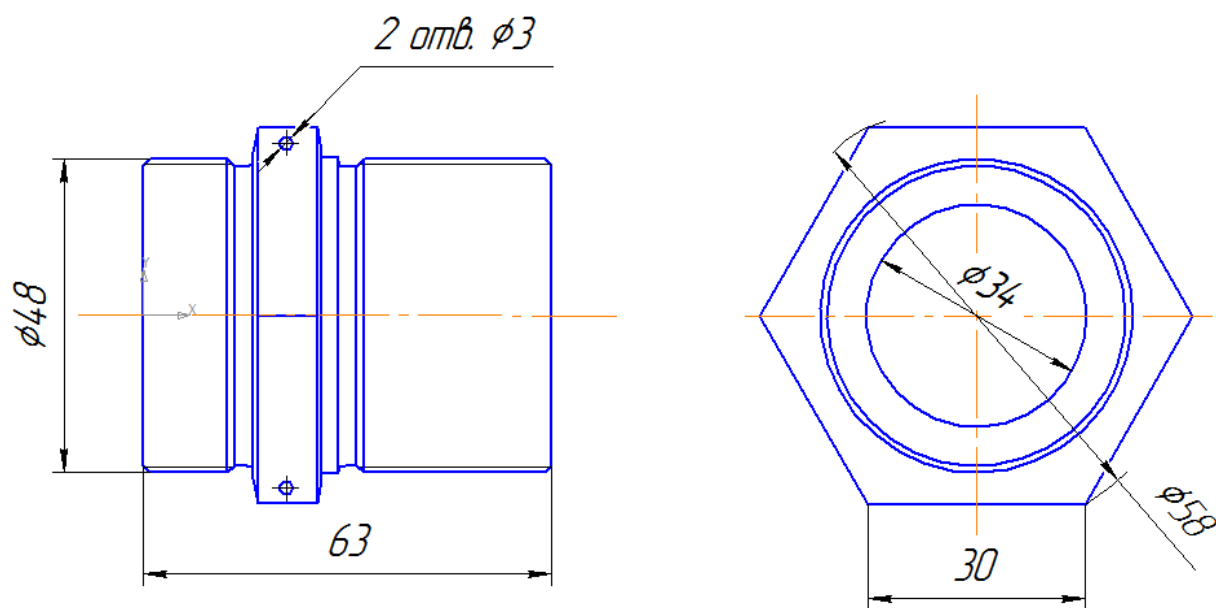


Рис. 1.1 Ескіз оброблюваної деталі – прохідника.

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

1.2.1. Обґрунтування вибору технологічного процесу

Вибір технологічного процесу обумовлений рядом вимог, які висуваються до даного виду покриття, а також енергетичними та матеріальними витратами на проведення процесу.

Необхідно отримати якісні, рівномірні за товщиною, цілісні, беспористі, блискучі гальванічні покриття, з мінімально можливими витратами матеріальних ресурсів та застосуванням відносно нешкідливих електролітів. Також, необхідно врахувати, що даний вид покриттів буде застосовуватися в харчовій промисловості, тому особливі вимоги будуть висуватися до хімічного складу отриманого покриття.

Поставлені завдання вирішуються наступним чином.

Здійснюється інтенсифікація процесу попередньої обробки деталей. Процеси знежирювання здійснюють електрохімічним способом при підвищених значеннях температури, що, в свою чергу, призводить до більш повного та швидкого видалення з поверхні деталей жирових забруднювачів різного типу. Операції травлення проводиться із застосуванням інгібітору, який перешкоджатиме процесам розтравлення поверхні сталевих деталей [3].

З метою інтенсифікації процесу електроосадження олов'яного покриття, в технології передбачається здійснювати прокачування електроліту через гальванічну ванну, що дозволить проводити процес при значно вищих густинах струму, а накопичені домішки видаляти шляхом періодичного пропускання електроліту через систему фільтрації [3,4].

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.2. Підготовка поверхні перед нанесенням гальванічного покриття

Процес підготовки поверхні перед нанесенням гальванічного покриття є дуже важливим. Наявні на поверхні забруднення є діелектриками, які екранують поверхню оброблюваної деталі, внаслідок чого покриття на цих ділянках або зовсім не осаджується, або має дефектну структуру та погане зчеплення з металом основи.

В якості попередньої механічної обробки поверхні деталі, з метою зменшення шорсткості та надання необхідного зовнішнього вигляду, застосовують операції полірування деталей (за виключенням частин поверхні деталі на які нанесена різьба). Полірування здійснюють за допомогою спеціальних кругів із застосуванням шліфувальних матеріалів, типу пасти ГОІ [5].

Процес знежирення проводять з метою видалення жирових забруднень – залишків консерваційних змазок, полірувальних паст, органічних жирів. Знежирення здійснюють електрохімічним методом в розчині, що містить Na_2CO_3 , NaOH , $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, Синтанол ДС-10. Процес здійснюють як в катодному (час обробки 10 хв, густина струму 6 А/дм^2), так і в анодному режимах (час обробки становить 3 хв, густина струму досягає 6 А/дм^2), робоча температура процесу 65°C . Анодне знежирення застосовується з метою часткового подолання наводнення сталевих деталей [4].

Процес травлення проводять з метою видалення оксидних шарів, які можуть формуватися в результаті тривалого зберігання оброблюваних деталей або ж в результаті вже процесу знежирення.

Операцію травлення здійснюють в розчині сульфатної кислоти з додаванням інгібітору марки КІ-1, який перешкоджає процесу розтравлювання металевої поверхні [6].

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.3. Вибір електроліту для нанесення гальванічного покриття

Електрохімічне лудіння проводять в кислих та лужних (переважно станатних) розчинах. До кислих електролітів відносять такі, що приготовлені на основі солей олова сульфатної, хлоридної, фторборатної, фенолсульфонової та сульфамінової кислот; з лужних - відомі станатні та пірофосфатні [5].

Характер процесів та властивості олов'яних покриттів отримуваних з цих електролітів є різними.

У кислих електролітах олово міститься у двовалентному стані і за відсутності поверхневоактивних речовин виділяється на катоді без помітної поляризації, яка при перемішуванні електроліту не перевищує значення 5-10 мВ навіть при величинах струмів $i=2-5 \text{ А/дм}^2$. За відсутності спеціальних органічних добавок, осади олова виділяються у вигляді крупних кристалів, і вже при малій товщині мають неоднорідну рихлу структуру.

Якісні олов'яні покриття з кислих електролітів можна отримати лише в присутності спеціальних органічних ПАР: столярний клей, фенол, желатин, крезол та їх сульфонові кислоти, похідні поліетиленгліколевих етерів марок ОП-4, ОП-7, ОП-10, вторинні та третинні аміни, різноманітні смоли. Для перешкоджання процесу гідролізу солей двовалентного олова, а також покращення розподілу металу по поверхні електрода та зменшення витрат електроенергії, до електроліту вводять надлишок відповідних за аніонами кислот. Припустима верхня межа катодної густини струму в кислих електролітах є вищою ніж в лужних. Вихід за струмом, за сприятливих умов, може досягати 100% [5].

В лужних електролітах олово присутнє у вигляді комплексних іонів дво- та чотиривалентного олова: Sn(OH)_4^{2-} - станіти та Sn(OH)_6^{2-} - станати. Щільні дрібнозернисті осади на катоді отримують лише при відновленні чотирьохвалентних іонів олова зі станатних розчинів. Процес протікає при значній поляризації, яка зростає при зменшенні концентрації олова, зниженні температури та збільшенні концентрації лугу. Вихід металу за струмом навіть при підвищеній температурі ($T \approx 70^\circ \text{C}$) стандартного розчину та низькій густині струму не перевищує величини 60-70%. Розподіл металу по поверхні катода в лужних

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

станатних електролітах є дещо вищим ніж у кислих. Проте, солі чотиривалентного олова є малорозчинними у воді і поверхня анодів досить швидко вкривається пасивуючою плівкою [5].

Відомі також лужні електроліти на основі пірофосфатних комплексів двовалентного олова.

В таблиці 1.1 представлені склади електролітів та режими електролізу: 1- сульфатний; 2- сульфатний блискучого лудіння; 3- хлоридний; 4- фторборатний; 5- пірофосфатний; 6- станатний електроліт.

Для здійснення процесу електрохімічного лудіння обираємо електроліт №2 – сульфатний електроліт блискучого лудіння, який має склад (г/л):

SnSO ₄	54
H ₂ SO ₄	100
Фенол технічний.....	30
Клей столярний.....	2
Камфора.....	0,2
Формалін.....	0,6
Фурфурол.....	0,04

Перевагами цього електроліту є:

- можливість отримувати блискучі покриття;
- доступність компонентів та відносно мала їх токсичність;
- можливість проведення процесу при кімнатній температурі;
- досить висока гранично допустима швидкість осадження.

В дипломному проекті обумовлено отримання блискучих гальванічних покриттів при інтенсивному перемішуванні або прокачуванні електроліту через ванну [7].

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1

Склад електролітів та режим процесів електрохімічного лудіння

№	Вміст компонентів г/л					
	1	2*	3	4	5	6
Компонент						
SnSO_4	25-30	54				
$\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$			40-60		61	
$\text{Sn}(\text{BF}_4)_2$				180-200		
$\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$					360-400	
Na_2SnO_3						50-70
NaOH						30-60
NaF			40-60			
HCl			30			
H_2SO_4	50-100	100				
HBF_4				45-60		
H_3BO_3				25-30		
Фенол технічний	4-8	30				
Клей	2-3	2		3-5		

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

столярний						
Камфора		0,2				
Формалін		0,6				
Фурфурол		0,0 4				
β-нафтол						
Гідразин солянокислий					15- 40	
Змочувач СВ- 104					0,9- 1,1	
Припарат ОС- 20			0,5- 5			
Рідкий миючий засіб «Прогрес»					3- 6 (мл/л)	
t, ° C	15- 25	15- 25	20- 35	60- 80	16- 25	50- 70
i, А/дм ²	1-2	1-7	1- 10	1-5	1- 3,5	0,5- 1

Під час процесу електрохімічного лудіння, через різноманітні причини, можливим є виникнення неполадок, які впливають на якість отримуваних покриттів і взагалі можуть призводити до браку. Для швидкого їх усунення та запобігання появи браку необхідно швидко ідентифікувати причину їх виникнення. Нижче в таблиці 1.2 наведені характеристики можливих неполадок при лудінні з сульфатних електролітів та способи їх усунення [7].

					ХЕ8214.1450.000ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця 1.2

Неполадки при лудінні в сульфатних електролітах

Характеристика неполадок	Причина виникнення	Спосіб усунення
Темне губчасте покриття, на виступаючих краях дендрити	Нестача в електроліті клею або ПАР	Додати 1...1,5 г клею або ПАР
Утворення в електроліті взвішаного осаду	Низька концентрація сульфатної кислоти	Додати сульфатну кислоту
Покриття пористе недостатньо компактне, відсутнє газовиділення	Низька концентрація ПАР	Додати ПАР з розрахунку 30 - 50%, передбаченого рецептурою електроліту
	Занадто низька густина струму	Підвищити густина струму
Рихле, неоднорідне покриття	Присутність в електроліті іонів NO_3^-	Проробити електроліт при високих густинах струму
Активне газовиділення на анодах	Наявність в анодах домішок свинцю	Замінити аноди
	Надто висока густина струму	Зменшити густина струму
Темний колір покриття, погана здатність до паяння безпосередньо після нанесення		Проробити електроліт за густин струму 0,2...0,5 А/дм ²

Важливим є також питання з експлуатації анодів. При лудінні застосовують олов'яні аноди марки 01, які відливаються безпосередньо в цеху. Співвідношення між анодною до катодною площами поверхні повинне витримуватися в межах 1:1-1:2. Для перешкоджання забрудненню електроліту, аноди розміщують у чохли,

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виготовлені зі спеціальних тканин. Оскільки середовище електроліту є кислим, для виготовлення чохлів використовують переважно синтетичні матеріали, такі як хлорин, ПВХ, капрон та інші.

В кінці зміни після роботи, чохли з анодів знімають та перуть. Шлам, який накопичився на анодах, знімають спеціальними щітками, після чого аноди ретельно промивають. Чохли замінюють по мірі їх зношування.

1.2.4. Вибір і обґрунтування завершальних операцій

Завершальні операції застосовуються для видалення залишків технологічних розчинів та вологи, які можуть суттєво впливати на якість отриманого олов'яного покриття [5].

При реалізації процесу електрохімічного лудіння здійснюються наступні завершальні операції:

- 1) Уловлювання – здійснюється у знесоленій воді при кімнатній температурі.
Основна мета операції:
 - видалення залишків робочих розчинів електролітів, з яких наносяться гальванічні покриття;
 - перешкоджання втратам основних компонентів електролітів (вода з ванн уловлювання застосовується для корегування рівня в робочих ваннах).
- 2) Промивання – здійснюється у водопровідній воді для позбавлення від залишків робочих розчинів електролітів, з яких наносяться гальванічні покриття, та інших технологічних розчинів. Холодне промивання здійснюється при кімнатній температурі. Гаряче промивання здійснюється для більш швидкого видалення вологи з поверхні деталей (температура води становить 60-80 °C).
- 3) Висушування – здійснюється для повного та остаточного видалення вологи з поверхні оброблюваних деталей. Проводиться за допомогою спеціальних сушильних камер та машин, шляхом обдування гарячим повітрям [7].

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.5.

Контроль якості гальванічного покриття

Якість покриття багато в чому залежить від якості металу основи, тому контролю підлягають як покриття, так і вироби на які воно наноситься. При контролі основного металу перед покриттям визначають шорсткість поверхні, а також встановлюють, чи є на ній дефекти. Металеві покриття повинні відповідати вимогам до зовнішнього вигляду, товщини, пористості і міцності зчеплення з основним металом. Методи контролю якості гальванічних покриттів регламентується відповідно до ГОСТ 9.302-88.

1.2.5.1.

Контроль зовнішнього вигляду покриття

Контроль проводиться на 100% деталей неозброєним оком в добре освітлюваному приміщенні на відстані 25 см від контрольованої поверхні. Зовнішній вигляд олов'яного покриття та металу основи повинен відповідати наступним параметрам:

- покриття, отримані з обраного електроліту лудіння повинні бути блискучими без явних дефектів – непокритих місць, вздуттів, яскраво виражених неоднорідностей товщини (дендрити, нарости); колір покриття повинен змінюватися від ясно сірого до сріблястого – сірого;
- на поверхні основного металу можуть бути: сліди від механічної обробки, прокату і інші відхилення допускаються стандартами або технічними умовами на основний метал, плями і темні смуги в труднодоступних для зачистки місцях;
- на поверхні деталі, покритої олов'яним покриттям, не є браком наступні прояви: нерівномірність кольору і блиску, сліди від потьоків води, «засвітлення», що утворилися при контролі вимірювальними інструментами і пристосуваннями [6].

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.5.2.

Контроль товщини покриття

Для контролю товщини покриття відбирають від кожної партії від 0,1 до 10% деталей, але не менше 3 шт. від завантаження стаціонарної ванни. Для тих деталей, що поступають на нанесення покриття допускається встановлювати вибірку не менше 0,1% деталей.

Контроль товщини олов'яного покриття можна проводити крапельними та магнітно-електричними методами. Магнітно-електричні методи є більш точними.

Перед контролем товщини покриття зразки витримують до кімнатної температури.

Контроль проводиться на зовнішній поверхні деталі, на доступних ділянках, що не мають накатки, віддалених від ребер, кутів, різьб, отворів, місць контакту з монтажним пристосуванням, паяних і зварених швів [5,7].

При неможливості контролю товщини покриття на деталях допускається проводити контроль покриття на зразках-свідках або гарантувати якість правильністю виконання технологічного процесу.

Метод краплі

Метод краплі заснований на розчиненні покриття відповідним розчином, який наноситься на поверхню деталі краплинами та витримуванні протягом певного проміжку часу.

Для визначення товщини олов'яного покриття методом краплі на виділений елемент поверхні покритої деталі наносять краплю розчину і витримують протягом 30с та витирають насухо фільтрувальним папером. Потім на те саме місце наносять наступну краплю. Процес проводять до повного розчинення покриття.

Для здійснення вимірювання товщини даним методом використовують розчин наступного складу:

Кислота борфтористоводнева (густина 1,3 г/см³).....150 см³/дм³

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Лімеда УПОС-2.....100 см³/дм³

Товщина покриття (Н) в мікрометрах визначається за формулою:

$$H = H_t (n - 0,5).$$

Де H_t – товщина покриття (мкм) яка знімається за одну секунду; n – кількість крапель які необхідні для повного розчинення. Нижче наведено значення H_t при різних температурах (Таблиця 1.3).

T, °C	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
H_t , мкм	1,63	1,67	1,71	1,75	1,79	1,83	1,87	1,91	1,95	2,00

Для визначення товщини блискучих покриттів поправочний коефіцієнт не враховується. Точність методу складає приблизно 30% [5].

Магнітно-індукційний метод

Даний метод застосовується для визначення товщини не феромагнітних та неметалевих покриттів на феромагнітних металах.

Метод базується на визначенні зміни магнітного опору ділянки кола: перетворювач – деталь що контролюється, який залежить від товщини покриття. Вимірювання проводять на основі встановлення значення ЕРС, що наводиться в обмотці перетворювача, який живиться змінним струмом низької частоти. Для реалізації контролю товщини даним методом застосовується спеціальний прилад – електронний магнітомір. Похибка методу може досягати 5%.

При контролі товщини покриття допускається:

- в отворах, на внутрішніх поверхнях, не увігнутих ділянках деталей складної конфігурації і місцях сполучення нероз'ємних складальних одиниць зменшення товщини покриття до 50%;
- у глухих отворах діаметром до 12мм на глибині більшій ніж один діаметр товщину покриття не контролювати.

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допускається відсутність покриття:

- у наскрізних отворах діаметром до 6мм на глибині більшій ніж один діаметр товщину покриття не контролювати;
- незначне збільшення максимальної товщини покриття на окремих ділянках деталей за умови забезпечення збирання і нормальної роботи деталей [6].

1.2.5.3.

Контроль міцності зчеплення

Для визначення міцності зчеплення відбирають від кожної партії від 0,1 до 1 % деталей, але не менше трьох. Застосовують наступні методи контролю міцності зчеплення:

- метод крацювання;
- метод нанесення сітки подряпин.

Метод вибирати залежно від призначення і типу деталі.

Метод крацювання

Даний метод застосовується для покриттів завтовшки не більш 20 мкм. Поверхню покриття крацюють протягом 15 секунд латунними щітками з діаметром дроту 0,3мм. Швидкість обертання щіток становить 1500-2800 об/хв. Після операції крацювання на контрольованій поверхні не повинно спостерігатися наявності ділянок зі здуттям і відшаруванням покриття [7].

Метод нанесення сітки подряпин

Такий метод застосовується для покриттів завтовшки не більше 20 мкм. На поверхню контрольованого покриття сталевим вістрям наносять 4-6 паралельних ліній завглибшки до основного металу на відстані від 2 до 3 мм один від одного і 4-6 паралельних ліній перпендикулярних до них. Лінії

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проводять в одному напрямі. На контрольованій поверхні не повинно спостерігатись відшарування покриття [7].

1.2.5.4.

Видалення недоброякісних покриттів

Деталі з дефектним покриттям, а також деталі, що піддавалися краплинному методу контролю товщини, підлягають повторному нанесенню. Для цього необхідно спочатку видалити дефектне покриття, провести зневоднення деталей, потім операцію повторного лудіння, а при необхідності нікелювання. Контроль товщини покриття проводять за технологією.

Для видалення недоброякісного олов'яного покриття застосовують електроліти, склад яких наведений нижче [6].

Електроліт А:

NaOH.....120 г/л

Нітроароматичні сполуки.....30 г/л

Режим: $T = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$

Електроліт Б:

Залізо хлорне шестиводне.....75-100 г/л

Мідь сульфатнокисла п'яти водна.....135-160 г/л

Льодяна оцтова кислота.....175 г/л

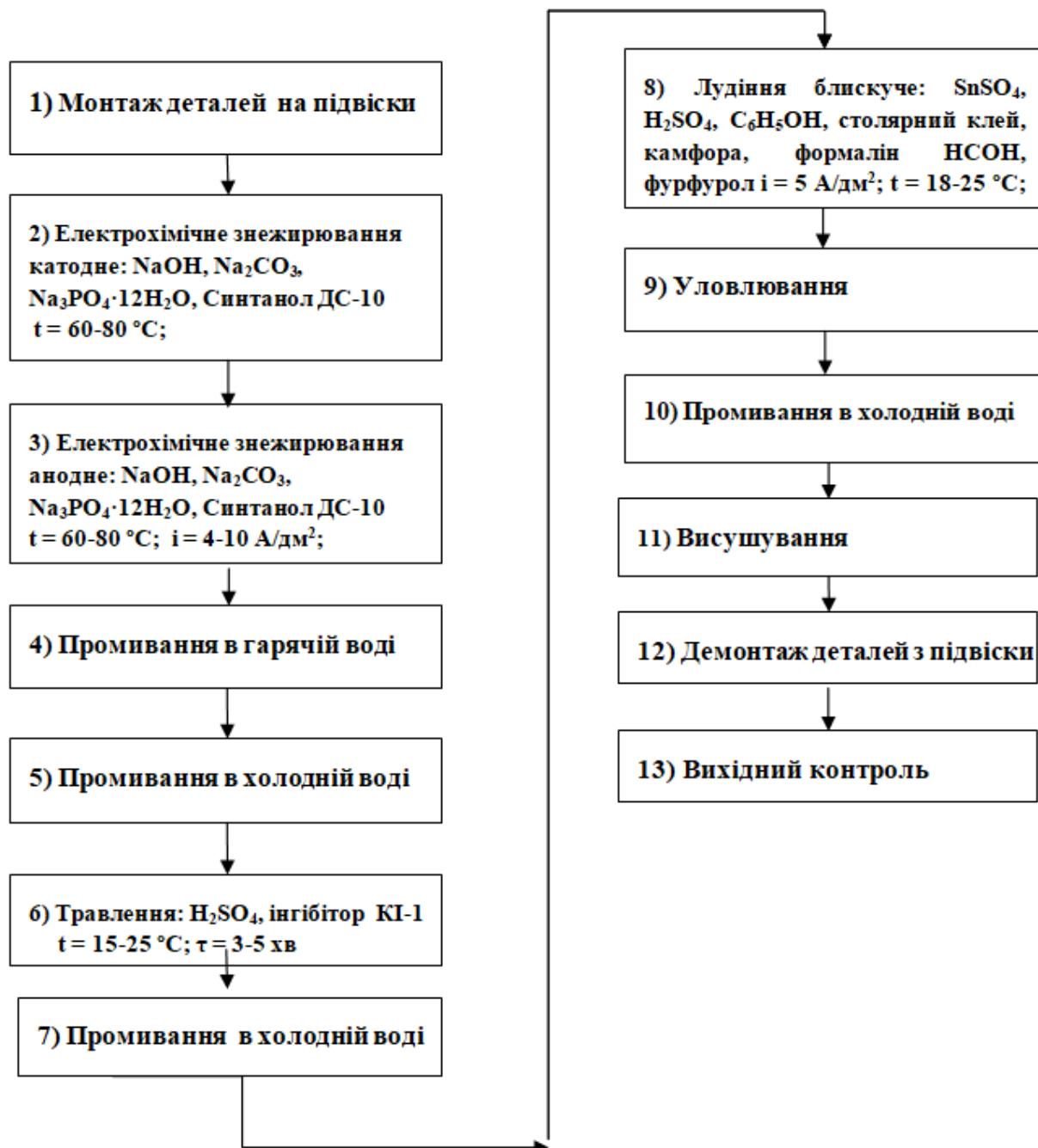
Режим: $T = 18-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.6.

КАРТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ ЛЬВАНІЧНОГО ПОКРИТТЯ

1.2.6.1. Схема технологічного процесу блискучого лудіння



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

XE8214.1450.000ПЗ

Арк.

1.2.6.2. Карта технологічного процесу блискучого лудіння

Операція	Склад розчину і концентрація		Режим			
	Назва та хімічна формула	г/дм ³	Обробка, хв	t, °C	i, А/дм ²	pH
Електрохімічне знежирювання катодне	Натрій їдкий NaOH Сода кальцинована Na ₂ CO ₃ Тринатрій фосфат Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O Синтанол ДС-10	20-40 20-40 20-40 3-5	τ _к = 3-20 τ _а = 1-1,5	6 0-80	4-10	
Промивання гаряче	Вода водопровідна		1-2	6 0-80		
Промивання холодне	Вода водопровідна		1-2	1 5-25		
Травлення	Кислота сульфатна H ₂ SO ₄ Інгібітор KI-1	150-200 3-5	3-5	1 5-25		
Промивання холодне	Вода водопровідна		1-2	1 5-25		
Лудіння Блискуче	Олова сульфат SnSO ₄ Кислота сірчана H ₂ SO ₄ Фенол технічний C ₆ H ₅ OH Столярний клей Камфора Формалін HCON Фурфурол	54 100 30 2 0,2 0,6 0,04	5	1 8-25	5	0 ,5-1
Уловлювання	Вода знесолена		1-2	1 5-25		
Промивання холодне	Вода водопровідна		1-2	1 5-25		
Сушіння	Повітря гаряче		5	7 0-90		

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

2.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання цеху

Номінальний річний фонд часу роботи обладнання визначаємо з урахуванням кількості днів у 2022 році: календарних (365), вихідних (106), при 40-годинному тижні; та для підприємства, яке працює в 1 зміну, складає [Помилка! Джерело посилання не знайдено.]:

$$T_n = \left((365 - 106) \cdot \frac{40}{5} \right) \cdot 1 = 2072 \text{ год.}$$

За рахунок простою обладнання визначаємо дійсний річний фонд часу роботи обладнання T_d , виходячи із T_n (коефіцієнт $K_{пр}$ при роботі в одну зміну простого обладнання складає 3%).

$$T_d = 2072 - 0,03 \cdot 2072 = 2010 \text{ год.}$$

2.2. Визначення виробничої програми обладнання

Річне виробниче завдання P_z складає 13000 м² на рік або з урахуванням того, що площа одного виробу становить 0,0211м² (див.Додаток 1), річне завдання в одиницях виробів становитиме $13000/0,0211 \approx 616114$ одиниць.

Для визначення річної програми P_p річне завдання P_z необхідно збільшити на величину виправданого браку $K_{бр}$ виробів, який складає зазвичай 0,5...3% від P_z в одиницях виробів продукції. $K_{бр}$ приймаємо рівним 2%, тоді:

$$P_p = P_z + K_{бр} \cdot P_z \quad (2)$$

$$P_p = 311753 + 311753 \cdot 0,02 = 628437 \text{ одиниць}$$

Добова виробнича програма $P_{доб}$ складатиме:

$$P_{доб} = P_p / T_{доб} \quad (3)$$

$T_{доб}$ – кількість робочих днів у календарному році (259 день).

$$P_{доб} = 628437 / 259 = 2608 \text{ одиниці за добу.}$$

Відповідно годинна виробнича програма P_r при 8 годинному робочому дні:

$$P_r = 2608 / 8 \approx 326 \text{ одиниць.}$$

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3. Вибір виду обладнання для нанесення гальванічного покриття, розрахунків його кількостей та габаритних розмірів

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

$$\tau = \tau_t + \tau_{об}, \quad (4)$$

де τ_t – технологічний час (тривалість обробки деталей у ванні) розраховується за формулою:

$$\tau_m = \frac{\delta_n \cdot d_m}{B_c \cdot K_e \cdot i_k \cdot 60}, \text{ хв} \quad (5)$$

де δ_n – товщина олов'яного покриття, $12 \cdot 10^{-4}$ см; d_m – густина металу покриття, $7,28 \text{ г/см}^3$; B_c – катодний вихід за струмом 95% (0,95); K_e – електрохімічний еквівалент олова $6,151 \cdot 10^{-4} \text{ г/А} \cdot \text{с}$; i_k – середня катодна густина струму, для даного процесу прийнято $0,05 \text{ А/см}^2$.

$$\tau_m = \frac{12 \cdot 10^{-4} \cdot 7,28}{0,95 \cdot 6,151 \cdot 10^{-4} \cdot 0,05 \cdot 60} = 5 \text{ хв} \quad (6)$$

Величину $\tau_{об}$ – часу обслуговування, необхідного для завантаження деталей у ванну та їх вивантаження, для розрахунків приймаємо 2 хвилини.

Отже: $\tau = 5 + 2 = 7$ хвилин.

Затрати часу на початковий запуск обладнання, кінцевого вивантаження ванни і на допоміжні операції враховують за допомогою коефіцієнта $K_{об}$: для роботи в одну зміну $K_{об} = 1,06 \dots 1,1$ приймаємо 1,09 [8].

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

$$n = \frac{T_d \cdot 60}{\tau \cdot K_{об}}; \quad (7)$$

$$n = \frac{2010 \cdot 60}{7 \cdot 1,09} = 13597$$

Тоді разове завантаження усіх ванн Y_c , од.

$$Y_c = \frac{P_p}{n}; \quad (8)$$

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Y_c = \frac{628437}{13597} = 46, \text{ одиниць}$$

Перерахунок діючого обладнання

Відповідно до каталогу стандартних виробів, обираємо футеровану, з бортовими відсмоктувачами, без підігріву гальванічну ванну наступних розмірів: внутрішня довжина $l = 2\text{ м}$, внутрішня висота $h = 1\text{ м}$, внутрішня ширина ванни $0,63\text{ м}$.

Виходячи із габаритних розмірів електролітичної ванни, визначають довжину l_n та висоту h_n підвісного пристрою, м

$$L_n = l - 2 l_1, \quad (9)$$

$$l_n = 2 - 2 \cdot 0,15 = 1,7\text{ м},$$

де l – внутрішня довжина ванни $1,5\text{ м}$; l_1 – відстань від краю підвіски до стінки ванни (приймаємо $0,15\text{ м}$).

$$h_n = h - h_1 - h_2 - h_3, \quad (10)$$

$$h_n = 1 - 0,15 - 0,05 - 0,3 = 0,5\text{ м}.$$

де h – внутрішня висота ванни 1 м ; h_1 – відстань від дна ванни до нижнього краю підвіски ($0,15\text{ м}$); h_2 – відстань від верхнього краю підвіски до дзеркала електроліту (приймаємо $0,050\text{ м}$); h_3 – відстань від дзеркала електроліту до верхнього краю ванни ($0,30\text{ м}$, наявне прокачування та бортові відсмоктувачі).

Визначивши габаритні розміри підвіски і знаючи габаритні розміри деталей, розраховуємо кількість деталей n_d , які можна закріпити на одну підвіску. Кількість деталей, що закріплюється на підвісці рівна 48 одиниць, схема розміщення деталей наведена на рис. 1.2.

Розраховують сумарну поверхню деталей S_n , які завантажуються у ванну на одній підвісці, м^2

$$S_n = S_d \cdot n_d, \quad (11)$$

$$S_n = 0,0211 \cdot 48 = 1,0128\text{ м}^2$$

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де S_d – поверхня однієї деталі $0,0211 \text{ м}^2$, n_d – кількість деталей на одній підвісці $n_{03} = 48$.

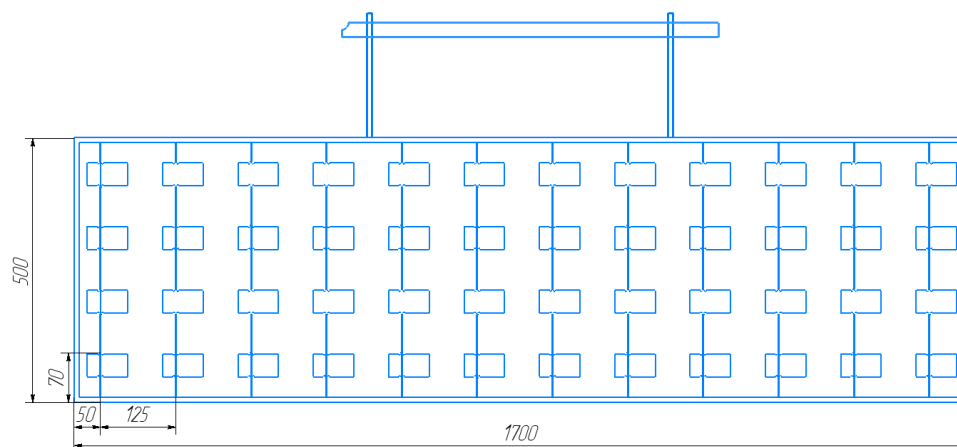


Рис.1.2 Ескіз рамної підвіски з деталями

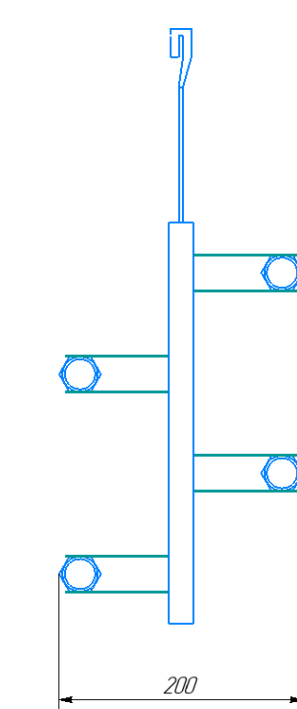


Рис.1.3 Ескіз рамної підвіски з деталями

Визначають поверхню одноразового завантаження у ванну S_{03} , м^2 . Так як використовується підвіска рамного типу то $S_{03} = S_n = 1,0128 \text{ м}^2$.

Далі розраховуємо відстань між анодом та ближнім краєм підвіски ($l_{a-к}$) і перевіряємо, чи відповідає вона унормованому значенню, яке складає $0,1 - 0,25 \text{ м}$, що необхідно для забезпечення максимальної рівномірності покриття.

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для однопозиційних ванн, які найбільш поширені в промисловості

$$l_{a-k} = (B - B_{\Pi} - 2B_a - 2B_1) / 2, \text{ м} \quad (12)$$

$$l_{a-k} = (0,71 - 0,2 - 2 \cdot 0,01 - 2 \cdot 0,06) / 2 = 0,185 \text{ м.}$$

де B – внутрішня ширина ванни 0,71 м; B_{Π} – товщина підвіски з деталями 0,2 м (визначається із ескізного креслення підвіски з деталями); B_a – товщина анодів, (товщина олов'яних анодів не нормується тому приймаємо її рівною 0,01 м); B_1 – відстань між анодом і боковими стінками ванни, приймаємо 0,06 м.

Використовуючи визначену величину одноразового завантаження ванни S_{03} , розраховують робочу кількість ванн n_B , необхідних для виконання річної програми розрахунків проводимо за кількістю одиниць одноразового завантаження:

$$n_B = Y_C / S_{03} \quad (13)$$

$$n_B = Y_C / n_{03} = 46 / 48 = 0,96 \text{ (приймаємо кількість ван } n_B = 1).$$

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

$$P_p' = n_{03} \cdot T_d \cdot 60 / \tau \cdot K_{об} \quad (14)$$

$$P_p' = 48 \cdot 1729,15 \cdot 60 / (7 \cdot 1,09) = 652680 \text{ одиниць.}$$

Коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_{зав} = P_p / P_p', \quad (15)$$

$$K_{зав} = 628437 / 652680 = 0,96.$$

Таке значення цілком задовольняє умовам нормальної роботи ванни [8, 9].

2.4. Баланс сили струму на гальванічній ванні

Розрахунок сили струму на ванні є необхідним для подальшого вибору джерела живлення постійним струмом. Сила струму I, A однопозиційної ванни визначається як добуток величини технологічної густини струму на

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

катоді i_k , 500 A/m^2 на площу деталей одноразового завантаження S_{03} , $1,0128 \text{ м}^2$:

$$I = K \cdot i_k \cdot S_{03}, \quad (16)$$

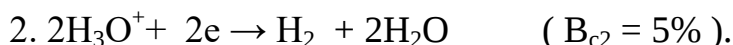
$$I = 1,1 \cdot 500 \cdot 1,0128 = 557,04 \text{ A}$$

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

Для наступного складання балансу кількості електрики записуємо рівняння основних і побічних реакцій, які перебігають на електродах, і на основі значень виходу за струмом для цих реакцій визначаємо долю електрики, яка витрачається на основні та побічні процеси. Для анодного процесу приймаємо вихід за струмом 100%.

При лудінні на електродах перебігають такі електрохімічні процеси:

на катоді:



На аноді:



Сила струму, яка витрачається на кожну реакцію:

на катоді:

$$I_1 = \frac{I \cdot B_{c1}}{100} = \frac{557,04 \cdot 95}{100} = 529,53 \text{ A};$$

$$I_2 = \frac{I \cdot B_{c2}}{100} = \frac{557,04 \cdot 5}{100} = 27,87 \text{ A};$$

на аноді:

$$I_1 = \frac{I \cdot B_{a1}}{100} = \frac{557,04 \cdot 100}{100} = 557,4 \text{ A};$$

Таблиця 2.1

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Баланс електрики ванни хромування на одну годину роботи

<i>Надходження</i>	<i>Q, А</i>	<i>%</i>	<i>Витрати</i>	<i>Q, А</i>	<i>%</i>
На катоді: Від зовнішнього джерела струму	557,4	100	Виділення олова за реакцією 1	529,53	95
			Виділення водню за реакцією 2	27,87	5
Разом	557,4	100	Разом	557,4	100
На аноді: Від зовнішнього джерела струму	557,4	100	Розчинення олова за реакцією 1	557,4	100
Разом	557,4	100	Разом	557,4	100

2.5. Баланс напруги на гальванічній ванні

Робоча напруга при завданій густині струму U_i є однією із основних енергетичних характеристик ванни. Вона визначає мінімальну величину напруги на джерелі струму $U_{дс}$, яке обслуговує ванну. Знаючи величину струму і напруги на джерелі струму, визначають електричну потужність, яка витрачається на електроліз. Методика розрахунку величини напруги на ванні залежить від способу завантаження деталей в електроліт.

Визначення напруги на ванні з підвісним пристроєм

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

$$U = E_a - E_k + \Delta U_{ом} + \Delta U_1 + \Delta U_k. \quad (17)$$

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

$$\Delta U_{ом} = K \cdot i_{cp} \cdot l_{a-k} \cdot \rho_e, \quad (18)$$

$$\Delta U_{ом} = 1,1 \cdot 353,6 \cdot 0,185 \cdot 0,08 = 5,76 \text{ В};$$

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де i_{cp} – середня густина струму в Зііж електродному просторі, розраховується за формулою $i_{cp} = \sqrt{i_k \cdot i_a}$, i_k – катодна густина струму 500 А/м^2 , i_a – анодна густина струму 250 А/м^2 , $i_{cp} = \sqrt{500 \cdot 250} = 353,6 \text{ А/м}^2$; l_{a-k} – відстань між анодом і краєм підвіски з деталями $0,221 \text{ м}$; ρ_e – питомий електричний опір електроліту лудіння $0,08 \text{ Ом} \cdot \text{м}$; K – коефіцієнт, який ураховує збільшення опору за рахунок газонаповнення, величини K знаходиться у межах $1,01 \dots 1,25$, приймаємо $1,1$.

Суму падіння напруги в електродах, провідниках першого роду та в контактах ванни $\Delta U_1 + \Delta U_k$ приймають у межах величини, яка не перевищує 10% загальної напруги на ванні.

U визначається як:

$$U = 1,1 \cdot (E_a - E_k + \Delta U_{om}), \text{ В}; \quad (19)$$

$$U = 1,1 (0,5 + 0,15 + 5,76) = 7,05 \text{ В}. \quad (20)$$

$$\text{Сума } \Delta U_1 + \Delta U_k = 0,1(E_a - E_k + \Delta U_{om}) = 0,1(0,5 + 0,15 + 5,76) = 0,64 \text{ В}.$$

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

$$U_{dc} = 1,1 U; \quad (21)$$

$$U_{dc} = 1,1 \cdot 7,05 = 7,76 \text{ В}.$$

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2

Баланс напруги на ванні лудіння

<i>Надходження</i>	<i>В</i>	<i>%</i>	<i>Витрати</i>	<i>В</i>	<i>%</i>
Напруга на ванні	7,05	100	Різниця електродних потенціалів під струмом $E_a - E_k$	0,65	9
			Падіння напруги в електроді $\Delta U_{ом}$	5,76	82
			Падіння напруги в електродах, контактах і провідниках $\Delta U_1 + U_k$	0,64	9
Разом	7,05	100	Разом	7,05	100

2.6. Вибір джерела струму для гальванічної ванни

Джерело постійного струму вибирають, виходячи із сили струму і напруги на ванні, із урахуванням падіння напруги в 32-и проводах. Для процесу електрохімічного лудіння обираємо агрегат типу: ТЕ1 – 400/12Т, відповідно номінальна сила струму 400 А, номінальна напруга 12 В.

Для вибраного випрямного агрегату визначають коефіцієнт завантаження:

$$K = \frac{N_{дс}}{N_{пасп}}; \quad (22)$$

$$K = 2,9 / 4,8 = 0,6;$$

де $N_{дс}$ – потужність, необхідна для виконання завданої програми, $N_{дс} = U \cdot I \cdot 10^{-3} = 7,05 \cdot 348,15 \cdot 10^{-3} = 2,454$ кВт; $N_{пасп}$ – паспортна потужність вибраного агрегату $N_{пасп} = 12 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 4,8$ кВт.

2.7. Визначення джоулевої теплоти, складання балансу енергії

Електрична енергія $W_{заг}$, яка підводиться до електролізера, перетворюється в хімічну енергію $W_{хім}$ та в теплову енергію (джоулеву теплоту) $W_{дж}$

$$W_{заг} = W_{хім} + W_{дж} \quad (23)$$

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$$W_{\text{заг}} = U \cdot I \cdot \tau \cdot 3600 \cdot 10^{-3}, \text{ кДж}, \quad (24)$$

$$W_{\text{заг}} = 7,05 \cdot 557,4 \cdot 0,083 \cdot 3600 \cdot 10^{-3} = 1174,19 \text{ кДж},$$

де I - струм на ванні 557,4 А; U - напруга на ванн 8,45 В; τ - час роботи ванни під струмом $5/60 = 0,083$ год. Зазвичай баланс енергії складають на одну астрономічну годину роботи ванни.

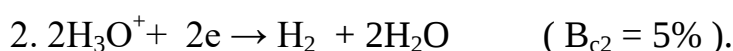
Енергію $W_{\text{хім}}$ можна визначити за формулою:

$$W_{\text{хім}} = -I \frac{10^{-2} \cdot \sum \nu_i \cdot \Delta H_i^0 \cdot B_{ci}}{z_i \cdot F} \cdot \tau, \quad (25)$$

де $\sum \Delta H_i^0$ - зміна ентальпії усіх електрохімічних процесів, яка розраховується за значеннями ентальпії вихідних та кінцевих продуктів реакції за температури, яка відповідає технологічному процесу із урахуванням стехіометричних коефіцієнтів ν_i та виходу за струмом B_{ci} ; z_i - число електронів, які приймають участь у реакції. При розрахунку $\sum \Delta H_i$ для усіх процесів, які перебігають одночасно, приймають однакову направленість реакції. Тоді:

$$\sum \Delta H_i = \sum \nu_{i\text{прод}} \cdot \Delta H_{i\text{прод}} - \sum \nu_{i\text{вх}} \cdot \Delta H_{i\text{вх}}, \quad (26)$$

на катоді:



на аноді:



Просумувавши катодні та анодні реакції отримаємо:



					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta H_{\text{Сум}}^0 = \Delta H_{\text{H}_2}^0 + 2\Delta H_{\text{H}_2\text{O}}^0 - 2\Delta H_{\text{H}_3\text{O}^+}^0 = 0 + 0 - 2 \cdot 139,03 = -278,06 \text{ кДж/моль},$$

$$W_{\text{дж}} = 3,6 \cdot I \cdot \tau \cdot \left(U + \frac{\Delta H_{\text{Сум}}^0 \cdot Bc_{\text{Сум}}}{z_{\text{Сум}} \cdot F} \right) =$$

$$= 3,6 \cdot 557,4 \cdot \frac{5}{60} \left(7,05 - \frac{278,06 \cdot 0,05}{2 \cdot 96,5} \right) = 1166,86 \text{ кДж/год}$$

$$W_{\text{хім}} = W_{\text{заг}} - W_{\text{дж}} = 1174,19 - 1166,86 = 7,33 \text{ кДж/год}$$

Таблиця 2.3

Баланс енергії на ванні лудіння

<i>Видаток</i>	<i>кДж</i>	<i>%</i>	<i>Витрати</i>	<i>кДж</i>	<i>%</i>
Електрична енергія від джерела струму	1174,19	100	Джоулева теплота	1166,86	99,4
			Хімічна енергія	7,33	0,6
<i>Разом</i>	<i>1174,19</i>	<i>100</i>	<i>Разом</i>	<i>733,4</i>	<i>100</i>

2.8. Тепловий баланс ванни

Під час нанесення гальванічних покриттів виділяється значна кількість джоулевої теплоти, що може призвести до розігрівання електроліту за межі допустимої температури (25 °С). Метою даного розрахунку є визначення максимально можливої температури, до якої може розігрітися ванна за годину роботи. При цьому допускається, що вся джоулева теплота витрачається тільки на розігрівання ванни і не витрачається в навколишнє середовище [8].

Максимально можливу температуру розігрівання ванни t_k визначаємо по формулі, °С:

$$t_k^0 = 20 + \frac{W_{\text{дж}}}{V_1 \cdot C_1 \cdot d_1 + C_2 \cdot m_2 + C_3 \cdot m_3 + C_4 \cdot m_4}, \quad (27)$$

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де 20 – температура навколишнього середовища, $^{\circ}\text{C}$; V_1 , C_1 , d_1 – відповідно об'єм ($V_1 = 0,62\text{ м}^3$), питома масова теплоємність електроліту ($C_1 = 4030 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$) і густина електроліту ($d_1 = 1120 \text{ кг}/\text{м}^3$), що нагрівається; C_2 - теплоємність матеріалу корпусу ванни, для сталі – близько $500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$; m_2 - маса ванни 226 кг ; C_3 - теплоємність матеріалу футеровки, для вініпласту близько $1630 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$; m_3 - маса футеровки 20 кг ; C_4 - теплоємність матеріалу анода $226 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$; m_4 - маса анодів в ванні, кг ;

$$m_4 = k_1 \cdot k_2 \cdot n_{\text{АШ}} \cdot l \cdot h \cdot \delta_a \cdot d_M = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 0,01 \cdot 7300 = 140,16 (\text{кг})$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує сумарну ширину анодів по відношенню до довжини ванни $0,6$; k_2 – коефіцієнт, що враховує довжину анодів по відношенню до глибини ванни $0,8$; $n_{\text{АШ}}$ – число анодних штанг, 2 ; l – внутрішня довжина ванни, $1,25 \text{ м}$; h – внутрішня висота ванни, $0,8 \text{ м}$; δ_a - товщина анода $0,01 \text{ м}$; d_M – щільність олова, $7300 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$.

$$t_k^{\circ} = 20 + \frac{810700}{0,62 \cdot 4030 \cdot 1120 + 500 \cdot 226 + 1630 \cdot 20 + 226 \cdot 140,16} = 20,27^{\circ} \text{C}.$$

Збільшення температури незначне, це означає, що охолодження ванни не потрібно.

2.9. Розрахунок витрат матеріалів

Розрахунок витрат матеріалів здійснюють з метою визначення річних потреб виробництва у сировині та матеріалах для нанесення даного виду покриття [10]. При розрахунку необхідної кількості анодів, хімічних реактивів, води та інших матеріалів виходять з того, що витрати здійснюються за такими статтями:

- а) на початковий запуск обладнання,
- б) на виконання річної виробничої програми.

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.9.1. Розрахунок витрат розчинних анодів на виконання річної програми

Розрахунок розчинних електродів на запуск нового устаткування розраховується за формулою:

$$m_{az} = k_1 \cdot k_2 \cdot n_{ASH} \cdot l \cdot h \cdot \delta_a \cdot d_M = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 0,01 \cdot 7300 = 140,16(\text{кг})$$

Розрахунок розчинення електродів на виконання річної виробничої програми:

$$m_p = S \cdot A_p \cdot \delta_{II} = 13000 \cdot 7,74 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 = 1207,44(\text{кг})$$

де S – річна площа поверхні, що покривається, м^2 ($S=13000 \text{ м}^2$); δ_{II} – товщина покриття, м ($\delta_{II}=12 \cdot 10^{-6} \text{ м}$); A_p – норма витрати розчинних анодів при товщині покриття 1 мкм , $A_p = 7,74 \cdot 10^{-3}, \text{кг} \cdot \text{м}^{-2}$.

$$A_p = d_n \cdot (1 + 0,06) \cdot 10^{-6} = 7,74 \cdot 10^{-3}(\text{кг} / \text{м}^2)$$

де d_n – густина олова, $\text{кг} / \text{м}^3$ ($d_n=7300 \text{ кг} / \text{м}^3$)

2.9.2. Розрахунок витрати хімічних реактивів

Витрата реактивів на хімічні і електрохімічні процеси включає кількість матеріалів, необхідних для виконання річної програми з урахуванням технологічних втрат на виніс електроліту з деталями, виніс в атмосферу при вентиляції, на коректування і зміну розчину (електроліту), і матеріали на пуск нового устаткування.

Витрата хімічних реактивів g_i на пуск нового устаткування визначається по формулі (кг):

$$g_i = C_i \cdot V_B \cdot K_{\text{зап}} \cdot n_B \quad (28)$$

де C_i – концентрація відповідного компонента електроліту, $\text{кг} / \text{м}^3$; V_B – об'єм ванни, $V_B=0,945 \text{ м}^3$; $K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт заповнення ванни, приймаємо $K_{\text{зап}} = 0,8$; n_B – кількість ванн даного типу – 1.

$$G_i = C_i \cdot 0,945 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,756 C_i \quad (29)$$

SnSO_4 - 54 ($\text{кг} / \text{м}^3$)

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\text{H}_2\text{SO}_4 - 100 \text{ (кг/м}^3\text{)}$

Фенол технічний – $30 \text{ (кг/м}^3\text{)}$

Клей столярний – $2 \text{ (кг/м}^3\text{)}$

Камфора – $0,2 \text{ (кг/м}^3\text{)}$

Формалін – $0,6 \text{ (кг/м}^3\text{)}$

Фурфурол – $0,04 \text{ (кг/м}^3\text{)}$

$g(\text{SnSO}_4) = 54 \cdot 0,756 = 40,824 \text{ (кг)},$

$g(\text{H}_2\text{SO}_4) = 100 \cdot 0,756 = 75,6 \text{ (кг)},$

$g(\text{Фенол технічний}) = 30 \cdot 0,756 = 22,68 \text{ (кг)}.$

$G(\text{Клей столярний}) = 2 \cdot 0,756 = 1,512 \text{ (кг)}$

$g(\text{Камфора}) = 0,2 \cdot 0,756 = 0,151 \text{ (кг)}.$

$G(\text{Формалін}) = 0,6 \cdot 0,756 = 0,4536 \text{ (кг)}.$

$G(\text{Фурфурол}) = 0,04 \cdot 0,756 = 0,03 \text{ (кг)}.$

Витрата кожного реактиву на виконання річної програми, кг:

$$G_i = C_i \cdot V_{\text{вт}} \quad (30)$$

де $V_{\text{вт}}$ – загальний об'єм втрати розчину електроліту, м^3 .

Величину $V_{\text{вт}}$ розраховуємо так:

$$V_{\text{вт}} = 1,15 \cdot S \cdot A_e = 1,15 \cdot 13000 \cdot 0,00015 = 2,24 \text{ (м}^3\text{)}$$

де S – річна продуктивність, м^2 ($S=13000 \text{ м}^2$); коефіцієнт $1,15$ – враховує площа поверхні занурюваної частини барабана, м^2 ; A_e – норма витрати електроліту, $A_e = 0,00015 \text{ м}^3/\text{м}^2$.

$G(\text{SnSO}_4) = 54 \cdot 2,24 = 120,96 \text{ (кг)},$

$G(\text{H}_2\text{SO}_4) = 100 \cdot 2,24 = 224 \text{ (кг)},$

$G(\text{Фенол технічний}) = 30 \cdot 2,24 = 67,2 \text{ (кг)}.$

$G(\text{Клей столярний}) = 2 \cdot 2,24 = 4,48 \text{ (кг)}$

$G(\text{Камфора}) = 0,2 \cdot 2,24 = 0,448 \text{ (кг)}.$

$G(\text{Формалін}) = 0,6 \cdot 2,24 = 1,344 \text{ (кг)}.$

$G(\text{Фурфурол}) = 0,04 \cdot 2,24 = 0,0896 \text{ (кг)}.$

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.9.3 Розрахунок витрат води

Вода витрачається на приготування електроліту, при електролізі унаслідок її розкладання, при віднесенні газами, в результаті випаровування з поверхні електроліту. Більше всього води використовується на промивальні операції [11].

Витрата води на приготування електроліту

Витрата води на приготування електроліту, кг:

$$G'_{H_2O} = C_{\text{вод}} \cdot V_{\text{з\text{а}Г}} = 933,16 \cdot 2,1 = 1959,64 (\text{кг})$$

де $C_{\text{вод}}$ - вміст води в 1 м³ розчину кг/м³.

$$C_{\text{вод}} = d_{\text{ел}} - (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7) = \\ = 1120 - (54 + 100 + 30 + 2 + 0,2 + 0,6 + 0,04) = 933,16 (\text{кг} / \text{м}^3)$$

де $d_{\text{ел}}$ – густина електроліту, кг/м³ ($d_{\text{ел}}=1120$ кг/м³), $V_{\text{з\text{а}Г}}$ – річна витрата електроліту, м³ ($V_{\text{з\text{а}Г}} = 2,1$ м³); $C_1, C_2 \dots C_n$ – вміст компонентів в електроліті, кг/м³ ($C_1=54$ кг/м³, $C_2=100$ кг/м³, $C_3=30$ кг/м³, $C_4=2$ кг/м³, $C_5=0,2$ кг/м³, $C_6=0,6$ кг/м³, $C_7=0.04$ кг/м³).

$$V_{\text{з\text{а}Г}} = V_{\text{в}} \cdot K_{\text{зап}} \cdot n_{\text{в}} + V_{\text{вт}} = 0,945 \cdot 0,8 \cdot 1 + 1,6 = 2,356 (\text{м}^3)$$

де $V_{\text{в}}$ – об'єм ванни 0,945 м³; $K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт заповнення ванни ($K_{\text{зап}} = 0,8$); $n_{\text{в}}$ – кількість ванн; $V_{\text{вт}}$ – об'єм електроліту, що відноситься деталями, м³.

Витрати води на розкладання при електролізі.

$$C''_{H_2O} = I \cdot \frac{18}{2 \cdot 26,8} \cdot T_{\text{д}} \cdot B_{\text{ст}} \cdot 10^{-5} = 557,04 \cdot \frac{18}{2 \cdot 26,8} \cdot 1729,15 \cdot 5 \cdot 10^{-5} = 16,17 (\text{кг})$$

Витрати на винесення із газами.

Витрати на винесення із газами C'''_{H_2O} (кг), визначаються за формулою:

$$C'''_{H_2O} = C'_{H_2O} \cdot V_{\text{Г}}^t, \quad (31)$$

де C'_{H_2O} – вміст води, який виноситься із ванни одним м³ газів, кг/м³; $V_{\text{Г}}^t$ – загальний об'єм вологого газу, який виділяється за температури електролізу, м³.

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величину C'_{H_2O} визначають як:

$$C'_{H_2O} = 0,805 \frac{P_{H_2O}}{P_6 - P_{H_2O}}, \quad (32)$$

де P_6 – загальний тиск паро газової суміші, 1013,25 кПа; P_{H_2O} – парціальний тиск парів води за температури електролізу 23,368 кПа.

$$C'_{H_2O} = 0,805 \frac{23,368}{1013,25 - 23,368} = 0,019 \text{ кг/м}^3.$$

Для визначення величини V_r^t об'єми водню, приведені до нормальних умов:

$$V_{H_2}^O = 0,418 \cdot I \cdot T_d \cdot B'_C \cdot 10^{-5}; \quad (33)$$

$$V_{H_2}^O = 0,418 \cdot 348,15 \cdot 1729,15 \cdot 5 \cdot 10^{-5} = 12,58 \text{ м}^3.$$

Об'єм вологого газу м^3 за температури електролізу:

$$V_r^t = \frac{V_r^O \cdot 1013,25 \cdot (273 + t_{\text{ел}})}{273(P_6 - P_{H_2O})}, \quad (34)$$

де $t_{\text{ел}}$ – температура електролізу, 25°C.

$$V_r^t = \frac{12,58 \cdot 1013,25 \cdot (273 + 25)}{273(1013,25 - 23,368)} = 14,06 \text{ м}^3,$$

$$C'''_{H_2O} = 0,019 \cdot 14,06 = 0,27 \text{ кг}.$$

Витрати води на випаровування з поверхні електроліту

Такі витрати води $C_{H_2O}^{IV}$ (кг) розраховують за формулою:

$$C_{H_2O}^{IV} = \frac{45,6 \cdot K_B \cdot S_e (P_{H_2O} - P_n) \cdot T_d \cdot n_B}{P_6}, \quad (35)$$

де 45,6 – коефіцієнт пропорційності, $\text{кг/м}^2 \cdot \text{год}$; K_B – коефіцієнт, величина якого залежить від швидкості руху повітря над дзеркалом електроліту (для повільного руху повітря $K_B = 0,71$); S_e – поверхня дзеркала електроліту $0,89 \text{ м}^2$; n_B – кількість ванн даного типу 1; P_6 – загальний барометричний тиск паро газової суміші, 1013,25 кПа;

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

P_{Π} – парціальний тиск водяної пари за температури та вологості навколишнього середовища, Па.

Величину P_{Π} , Па визначають за формулою:

$$P_{\Pi} = P_s \cdot \varphi / 100, \quad (36)$$

$$P_{\Pi} = 2336,8 \cdot 65 / 100 = 1518,9$$

де P_s – тиск насиченої водяної пари за температури навколишнього середовища повітря, 2336,8Па; φ – вологість повітря в умовах цеху, 65%.

$$C_{H_2O}^{IV} = \frac{45,6 \cdot 0,71 \cdot 0,89 (2336,8 - 1518,9) \cdot 1729,15 \cdot 2}{1013,25} = 80437,66 \text{ кг.}$$

Витрати води на промивні операції

Витрати води на промивання деталей у значній мірі залежить від кількості ступенів промивки, для двоступеневої промивки визначають за формулою, $\text{дм}^3/\text{год}$:

$$V_{\text{год}} = A_e \cdot \sqrt{K} \cdot P_r, \quad (37)$$

де A_e – норми виносу розчину із ванни поверхнею деталей $0,15 \text{ дм}^3/\text{м}^2$; P_r – годинна виробнича програма ванни $3,67 \text{ м}^2/\text{год}$; K – критерій остаточної промивки деталей;

n – кількість ступенів промивки. Його визначають за співвідношенням:

$$K = 0,4 \cdot C_0 / C_k, \quad (38)$$

де C_0 – концентрація основного компонента у ванні, після якої проводиться промивка, 54 г/дм^3 ; C_k – гранично допустима концентрація основного компонента у воді після промивки, $0,01 \text{ г/дм}^3$.

Оскільки перед промивкою здійснюють уловлювання електроліту, то величину домножують на множник 0,4 (для однієї ванни уловлювання) [11].

$$K = 0,4 \cdot \frac{C_0}{C_k} = 0,4 \cdot 54 / 0,01 = 2160$$

$$V_{\text{год}} = 0,15 \cdot \sqrt{2160} \cdot 3,67 = 26 \text{ дм}^3/\text{год}$$

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

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{год}} \cdot T_d \cdot 1,5 \text{ м}^3, \quad (39)$$

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$V_{\text{сум}} = 26 \cdot 1729,15 \cdot 1,5 = 67436,85 \text{ дм}^3.$$

**3. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА.
ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД**

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

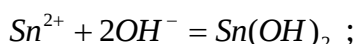
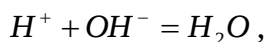
Гальванічні виробництва є одними з найнебезпечніших в екологічному плані. Основну небезпеку несуть гальванічні стоки виробництва, при недостатньому ступіні очищення яких, виникає забруднення навколишнього середовища.

В даній розробленій технології розглядається процес очищення гальванічних стоків після процесу лудіння із сульфатного електроліту з додаванням органічних ПАР. Електроліт лудіння містить наступні компоненти: сульфат олова, сульфатну кислоту, фенол, формалін, столярний клей, камфору. Основними забруднювачами в даному випадку будуть: іони олова (яке відноситься до групи важких металів, хоча і малотоксичне ГДК=2 мг/дм³); формалін та фенол які відрізняються своєю токсичністю та канцерогенністю (відповідно ГДК по фенолу становить 0,001 мг/дм³, по формаліну -0,05 мг/дм³)[12].

Для очищення стічних вод від іонів важких металів застосовують метод реагентного очищення, що дозволяє знизити концентрацію шкідливих компонентів до рівня ГДК.

Реагентний метод очищення складається з двох основних стадій:

- нейтралізація кислотних стоків з подальшим утворенням малорозчинних сполук металів (гідроксидів), дану стадію можна зобразити у вигляді наступних реакцій:



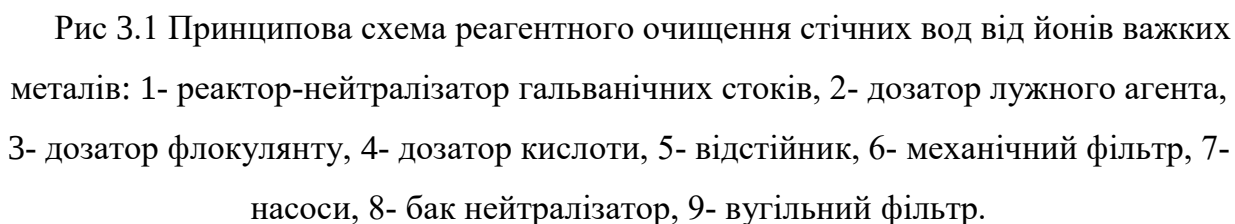
- виділення гідроксидів в осад (для більш повного ступеню та пришвидшення коагуляції осаджуваних гідроксидів використовують флокулянт – поліакриламід, з розрахунку 1мг/м³ стічної води) [11].

В якості нейтралізаційних агентів найчастіше застосовують розчини наступних речовин: NaOH, Na₂CO₃, Ca(OH)₂.

Переваги обраного методу полягають в простоті експлуатації і можливості автоматизації безперервного очищення стічних вод до величин ГДК.

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схема очищення гальванічних стоків представлена на Рис 3.1



Очищення стоків реагентним способом в даному технологічному процесі відбувається наступним чином. Стоки після операції олов'янування відводяться у окремий бак, де відбувається їх підлучення до рН 2,5 – 4,0. При таких значеннях починається виділення гідроксиду $\text{Sn}(\text{OH})_2$ у вигляді гелеподібної речовини, яку відділяють і направляють на процеси подальшого отримання сульфату олова, з метою його використання для подальшого приготування електроліту. Решта стоку, що містить різні йони металів надходить в реактор – нейтралізатор. Туди ж

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

надходять кислотно-лужні стоки після інших операцій. В реакторі - нейтралізаторі (1) відбувається їх нейтралізація лужним компонентом, та доведення рН до величини 7-8, за якої починається утворення малорозчинних гідроксидів важких металів. Для пришвидшення процесу утворення нерозчинного осаду та його злипання в суцільну масу, в об'єм нейтралізованих стоків додають дозовано флокулянт. І після цього насосом (7) вода перекачується у відстійник (5), де відбувається відділення осаду та просвітленої води. Вже звідси стічна вода, що утворила верхній шар двокомпонентної системи виводиться у бак нейтралізатор (8), а осад, з нижньої частини ємності нейтралізатора, надходить на фільтрацію у механічний фільтр (6). Нейтралізація стоків до відповідного рівня рН здійснюється в баку нейтралізаторі (8), після чого стоки потрапляють на додаткове очищення від органічних домішок на вугільний фільтр (9) та повертаються у виробництво [12].

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1. Організація контролю якості на підприємстві

Одним з важливих виробничих процесів на підприємстві є контроль якості продукції, що виготовляється. В даному випадку продукцією є гальванічне олов'яне покриття.

Процес електроосадження можна розбити на послідовні операції, назви та тривалість яких наведено нижче:

- | | |
|--|--------|
| 1. Монтаж деталей на підвіску | 5 хв, |
| 2. Електрохімічне знежирювання катодне | 10 хв, |
| 3. Електрохімічне знежирювання анодне | 3 хв, |
| 4. Промивання гаряче | 1 хв, |
| 5. Промивання холодне | 2 хв, |
| 6. Травлення | 4 хв, |
| 7. Промивання холодне | 2 хв, |
| 8. Нікелювання матове | 39 хв, |
| 9. Уловлювання | 1 хв, |
| 10. Промивання холодне | 2 хв, |
| 11. Лудіння Блискуче | 5 хв, |
| 12. Уловлювання | 1 хв, |
| 13. Промивання холодне | 2 хв, |
| 14. Висушування | 5 хв, |
| 15. Демонтаж деталей з підвіски | 5 хв, |
| 16. Контроль | 5 хв. |

Продукція, яка виробляється підприємством не входить до переліку товарів, які підлягають обов'язковій сертифікації на території України. Тому контроль якості та відповідності продукції певним вимогам буде здійснюватись на основі ТУ розроблених для даного виробництва (ТУ 4444-2010). Проте методи контролю якості регламентуються відповідно до ДСТУ 9.302-88.

Процес контролю включає в себе не тільки перевірку якості отримуваних покриттів, а й контроль деяких матеріальних ресурсів, які беруть участь у

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробництві. Всі операції контролю якості поділяються на поточні (ті, що здійснюються паралельно до основних виробничих операцій) та попередні і завершальні (вхідні та вихідні).

Вхідний контроль:

Об'єктами вхідного контролю є сталеві деталі, суб'єкти контролю – апаратурник-контролер. Здійснюється контроль зовнішнього вигляду, механічної цілісності та відповідності стандарту підприємства. Контроль здійснюється вручну, за об'ємом є суцільним.

Поточний контроль:

Об'єктами контролю є операції підготовки (знежирення і травлення) та основні операції електроосадження, суб'єкти контролю – спеціальна апаратура та лаборанти. Здійснюється контроль показників фізичних параметрів процесу, які впливають на якість отримуваних покриттів та їхню відповідність до обраної технології (зазначені в карті технологічного процесу):

- Температура електролітів для електрохімічного знежирювання 60 – 80°C, такий самий рівень температури встановлюється і для операції гарячої промивки; контроль є автоматизованим, за об'ємом – суцільний.
- рН: робочого електроліту блискучого лудіння 0,5 – 1, електроліту матового нікелювання 5,2 – 5,8; контроль є автоматизованим, за об'ємом – суцільний.
- Вміст добавок та основних складових електроліту відповідно до карти технологічного процесу; контроль є механізованим, за об'ємом – вибірковий.
- Рівень електроліту у гальванічних ваннах 0,35-0,4 м; контроль є автоматизованим, за об'ємом – суцільний.

Вихідний контроль:

Об'єктами вихідного контролю є покриття отримані під час процесу, суб'єкти контролю – апаратурник-контролер та лаборант. Здійснюється контроль зовнішнього вигляду, механічної цілісності, адгезії та відповідності стандарту підприємства. Контроль здійснюється вручну, за об'ємом контроль зовнішнього вигляду є суцільним, контроль адгезії вибіркоким.

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до завдання необхідно визначити вартість контролю якості річного випуску продукції. Сумарна вартість контролю якості складається із вартості його складових .

Таблиця 4.1

Вхідний контроль якості

Стаття видатків	Обсяг видатків, грн
Частка заробітної платні (50% від встановленої 12000 грн/місяць) яка виплачується за рік роботи апаратурнику-контролеру	72000
Всього:	72000

Таблиця 4.2

Поточний контроль якості

Стаття видатків	Обсяг видатків, грн
Вартість терморегулюючого обладнання (10000 грн), з урахуванням періоду його експлуатації 5 років	2000
Вартість обладнання контролю та регулювання рН - комірка з аналітичними електродами (2000 грн), рН-контролер (8000грн), з урахуванням періоду експлуатації 5 років.	2000
Вартість аналітичного обладнання та допоміжних реактивів – установки для ЕРС-метричного титрування (6000 грн); лабораторний посуд бюретки, колби, стакани (1600 грн); вартість додаткового обладнання – кутової комірки (800 грн); реактивів (1600 грн) , з урахуванням періоду експлуатації 5 років.	2000
Вартість обладнання контролю та регулювання рівня в гальванічній ванні (10000 грн), з урахуванням періоду експлуатації 5 років.	2000
Частка заробітної платні (50% від встановленої 8000 грн/місяць) яка виплачується за рік роботи лаборанту	48000
Всього:	56000

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3

Завершальний контроль якості

Стаття видатків	Вартість, грн
Вартість обладнання адгезійного контролю – вістря, щітки для кравцювання (2000 грн), період експлуатації 5 років	400
Частка заробітної платні (50% від встановленої 8000 грн/місяць) яка виплачується за рік роботи апаратурнику-контролеру	48000
Частка заробітної платні (50% від встановленої 8000 грн/місяць) яка виплачується за рік роботи лаборанту	48000
Всього:	96400

Таблиця 4.4

Вартість контролю якості процесу електрохімічного лудіння

Види контролю за місцем у процесі	Об’єкти	Суб’єкти	Види контролю	Вартість грн/одиничний контроль
Вхідний	Сталеві деталі	Апратурник-контролер	Суцільний, візуальний	72000
Поточний	Температура ванни знежирювання	Обладнання контролююче та терморегулююче	Суцільний, автоматизований	56000
	pH-середовища	Обладнання регулювання та контролю pH	Суцільний, автоматизований	
	Вміст компонентів електроліту	Аналітичне обладнання та лаборант	Вибірковий, механізований	
	Рівень електроліту	Обладнання регулювання та контролю pH	Суцільний, автоматизований	
Завершальний	Отримані гальванічні покриття	Спеціальне обладнання, лаборант,	Вибірковий, механізований	96400
		Апаратурник-контролер	Суцільний, візуальний	
Сумарна вартість контролю якості, річного випуску продукції, грн				224400

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операції котрою якості включаються у ВРПП, проте за рахунок того, що вони здійснюються одночасно основними, на графіку не виокремлюються (окрім завершального контролю). Нижче наведено перелік операцій одночасно з якими здійснюється контроль якості.

Вхідний контроль входить як одна операція – операція 0. Операції поточного контролю відповідно: контроль температури процесів знежирення - 1, 2; контроль температури гарячої промивки - 3, 13; контроль рН електролітів 7, 10; рівень електроліту у гальванічних ваннах аналогічно 7, 10.

Особливостями процесу нанесення гальванічних покриттів та виробничою продуктивністю, зумовлюється вид ВРПП, для даного випадку він є послідовним (рис 4.1).

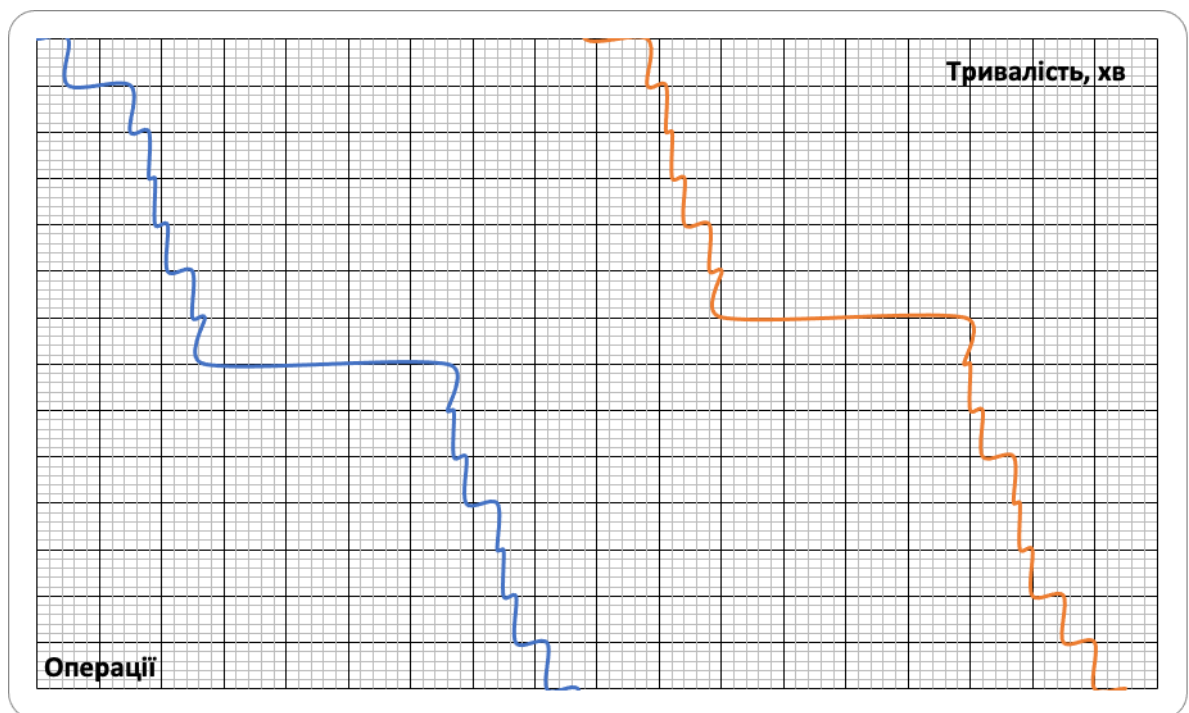


Рис. 4.1 Графік послідовного ВРПП.

Для наочного представлення процесів контролю якості нижче на рисунках будуть приведені карти якості.

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

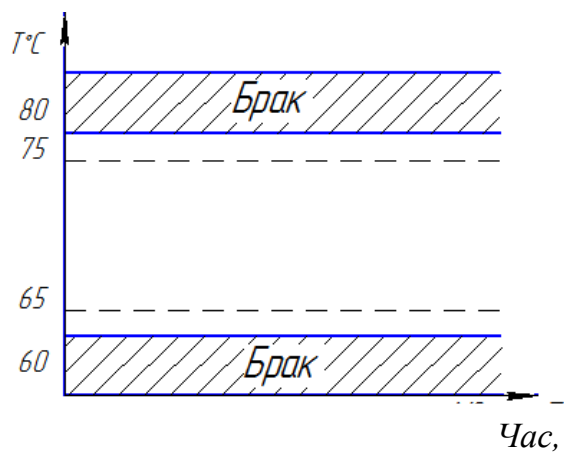


Рис 4.2. Карта якості контролю температур.

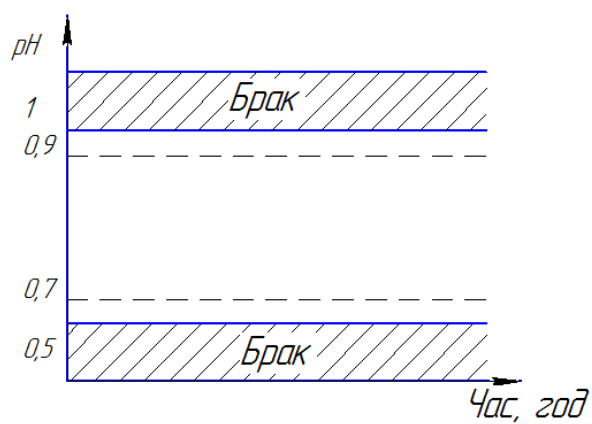


Рис 4.3 Карта якості контролю рН електроліту блискучого лудіння.

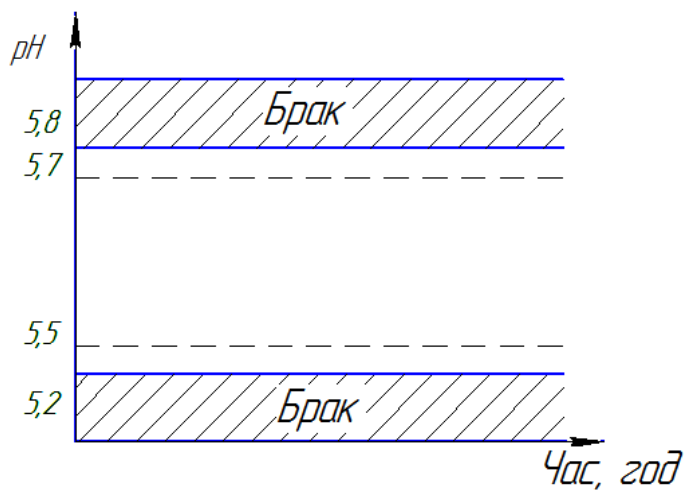


Рис 4.4 Карта якості контролю рН електроліту матового нікелювання.

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2. РОЗРОБКА ПАСПОРТУ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

При розробці паспорту якості користуємося умовними назвами та документами неіснуючого підприємства.

Україна

ПП «ГАЛЬВАНІКА»

вул. Гальванічна 1, м. Київ, 04200

тел. +3801234567890

Паспорт якості № _____

від «__» «_____» 2022р.

Покриття гальванічне двошарове типу нікель-олово

Номер партії _____

Сумарна площа _____

ТУ 444444444444-2010

Товщина нікелевого підшару 15 мкм

Товщина олов'яного підшару 12 мкм

Колір сріблястий

Зовнішній вигляд блискучий

Продукція пожежо та вибухобезпечна, не токсична

Головний технолог гальванічного цеху

Катод К.А.

Завідувач дослідно-розробної лабораторії підприємства

Анод К.А.

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ ГАЛЬВАНІЧНОГО ПОКРИТТЯ

5.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації

На підставі аналізу технологічного процесу гальванічного лудіння, його апаратурного оформлення та норм технологічного режиму необхідно забезпе- чити наступний рівень автоматизації виробництва:

- контроль і регулювання рівня розчину для нікелювання в баку з розчином для нікелювання;
- контроль і регулювання рівня розчину для лудіння в баку з розчи- ном для лудіння;
- контроль і регулювання витрати розчину для нікелювання в трубопроводі на виході з баку з розчином для нікелювання;
- контроль і регулювання витрати розчину для лудіння в трубопроводі на виході з баку з розчином для лудіння;
- контроль і регулювання рівня розчину електроліту в гальванічній ванні;
- контроль і регулювання рівня рН розчину електроліту в гальванічній ванні;
- контроль і регулювання витрати води в трубопроводі на вході в гальванічну ванну;
- контроль і регулювання температури розчину електроліту в гальванічній ванні;
- контроль сили струму та напруги в гальванічній ванні.

Кількісні значення параметрів контролю та керування занесено до таблиці 5.1.

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Параметри контролю та керування виробництвом

№	Назва стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Назва контрольного чи регульованого параметра	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	Гальванічна ванна	Рівень	$0,5 \pm 0,008$ м	контроль, регулювання
2	Гальванічна ванна	pH	$0,5...1 \pm 0,006$	контроль, регулювання
3	Гальванічна ванна	Температура	$25 \pm 0,454$ °C	контроль, регулювання
4	Гальванічна ванна	Сила струму та напруга	$I = 325 \pm 3,25$ А; $U = 7 \pm 0,07$ В	контроль

5.2. Опис розробленої схеми керування

До складу контуру керування рівнем розчину електроліту у гальванічній ванні входить (3-1) рівнемір буйковий з пневматичним перетворювачем УБ-ПВ, який передає уніфікований сигнал на пристрої, що знаходяться на панелі керування (3-2) прилад вторинний пневматичний, показувальний, реєструвальний зі станцією керування ФК0071. Далі сигнал передається на (3-3) регулятор пневматичний, пропорціонально-інтегрувальний ФР0091, що здійснює передачу регульовального сигналу на (3-4) механізм виконавчий пневматичний прямої дії з позиціонером ПП-1,25 і боковим дублером МИМП ППХ 05, який в свою чергу здійснює регулювання рівня рідини, шляхом закривання чи відкривання крану ємності з робочим розчином електроліту.

Контур регулювання pH розчину складається з (1-1) чутливого елементу pH-метра ДПг – 4М заглибного виконання з регулятором тиску РДС-1, який передає електричний сигнал на (1-2) перетворювач високоомний П-201. Далі сигнал подається на (1-3) перетворювач електропневматичний ПЭП-95, після чого пневматичний сигнал передається на (1-4) прилад вторинний пневматичний, показувальний, реєструвальний зі станцією керування ФК0071, що в свою чергу

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

передає регулювальний сигнал на (1-5) регулятор пневматичний, пропорційно-інтегровальний ФР0091з якого сигнал поступає на (1-6) механізм виконавчий пневматичний прямої дії з позиціонером ПП–1,25 і боковим дублером МИМП ППХ 05, який в свою чергу здійснює регулювання рН шляхом закривання чи відкривання крану ємності з розчином сірчаної кислоти.

Контур вимірювання об'ємної швидкості прокачування складається з (3-1) діафрагми камерної ДКС0,6–100, яка передає пневматичний сигнал на (3-2) вимірювальний перетворювач різниці тисків серії КВАНТ, який передає уніфікований сигнал на (3-3) автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад РМТ – 49D/1. Об'ємна швидкість прокачування електроліту регулюється за допомогою (3-1) безконтактного реверсивного пускача ПБР-3А.

Робоча сила струму на ванні вимірюється за допомогою (7-1) вмонтованого амперметра щитового постійного струму на агрегаті випрямному для гальванічних ванн ТЕІ – 400/12Т. Напруга на ванні вимірюється за допомогою (8-1) вольтметра щитового струму на агрегаті випрямному для гальванічних ванн ТЕІ – 400/12Т. Відповідно значення цих параметрів регулюється за допомогою (5-1), (5-2) пульта дистанційного керування для випрямного агрегату ТЕІ – 400/12Т.

5.3. Висновки щодо виконання поставлених задач автоматизації

Поставлені в роботі задачі щодо автоматизації (вимірювання, регулювання та реєстрації параметрів) а саме: витрат, рівня електроліту, рН розв'язано шляхом розроблення схеми автоматизації, яка є основним технічним документом, що визначає структуру окремих вузлів автоматичного контролю, керування і регулювання технологічного процесу та оснащення об'єкта керування (в даному випадку електролітичної ванни процесу нанесення олов'яного покриття) приладами і засобами автоматизації.

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

З метою нівелювання впливу хімічних факторів гальванічного виробництва цех і гальванічні ванни оснащуються системами вентиляції. На ваннах встановлюються бортові відсмоктувачі, в цеху реалізується припливно-витяжна система вентиляції. Всі проектні рішення прийнято з урахуванням вимог охорони праці.

На базі аналізу шкідливих і небезпечних факторів, проектом розроблено низку заходів щодо забезпечення належних умов праці та пожежної профілактики.

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

6.1.1. Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042 – 99, роботи на розробленому виробництві належать до категорії середньої тяжкості ПБ. У таблиці 6.1 представлені прийняті проектом санітарні норми параметрів мікроклімату.

Таблиця 6.1 – Санітарні норми параметрів мікроклімату

Категорія робіт	Період року	Температура повітря, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
ПБ	Холодний	17–19	16–22	60–40	7 5	0,5	0,4
	Теплий	20–21	18–24	60–40	6 5	0,3	0,4

Працівники забезпечені засобами індивідуального захисту – респіраторами типу «Пелюсток» і спецодягом типу «П» і взуттям. Двічі на місяць за допомогою пиломіра буде проводитися аналіз повітря робочої зони на вміст токсичних речовин. Проектом передбачена механічна загальнообмінна, місцева і комбінована

					ХЕ8214.1450.000ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

система вентиляції (витяжна і припливна). Припливна вентиляція служить для подачі до приміщення чистого вентилязованого повітря замість вилученого. Припливне повітря піддається спеціальній обробці (очищенню, нагріванню, зволоженню тощо). Витяжна вентиляція видаляє з цеху відпрацьоване повітря. Їхня продуктивність збалансована з урахуванням можливості перетікання повітря між суміжними приміщеннями. Мінімальна кратність повітрообміну не менше 5. Також на виробництві передбачена аварійна вентиляція. В цеху встановлюється установка з питною водою.

Розрахунок системи місцевої механічної вентиляції

Ванни у гальванічному цеху оснащено бортовими відсмоктувачами, для відведення шкідливих парів від ванн. Для їх роботи необхідна велика витрата повітря, тому вони встановлюються тоді, коли застосування більш економічного типу відсмоктувачів неможливо. Необхідно розрахувати кількість повітря, що відводиться двосторонніми бортовими відсмоктувачами від ванни хромування.

Розміри ванн: $a = 2$ м, $b = 0,60$ м.

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

$$Q = \frac{a \cdot b \cdot (t_p - t_n) \cdot K_3 \cdot K_t \cdot 60}{b \cdot (1/15)^n} \cdot 10^{-3},$$

де a, b – довжина та ширина ванни, м;

t_p, t_n – температура розчину та навколишнього середовища;

K_3 – коефіцієнт запасу (приймається 1,5);

K_t – коефіцієнт запасу для бортового відсмоктувача;

$$Q = \frac{a \cdot b \cdot (t_p - t_n) \cdot K_3 \cdot K_t \cdot 60}{b \cdot (1/15)^n} \cdot 10^{-3},$$

– для двостороннього бортового відсмоктувача;

b – безрозмірна характеристика (1/15 для двостороннього бортового відсмоктувача);

n – кількість прямих кутів між границями потоку повітря ($n=3$).

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.2 – Коефіцієнти і результати розрахунків витрат повітря

Процес	$t_p, ^\circ C$	$t_n, ^\circ C$	K_t	Кількість ванн, шт	$L_{від}, м^3/год$
Знежирення (NaOH)	70	20	1,08	1	4762,3
Олов'янування	25	20	1,08	1	1505,9
					$\Sigma=6268,2$

Розрахуємо втрати тиску у трубопроводах:

– опір одного погонного метру трубопроводу.

Для трубопроводу діаметром 560 мм, довжиною 20 м та швидкості руху повітря 1,5 м/с значення $R = 0,005 \text{ кг/м}^2$.

Втрати на місцевих опорах:

Місцеві опори:

Витяжна шахта з зонтом при

Коліна з закругленими кромками при

Дросельний клапан при

Відбір з колектора , фільтр

Згідно витрат повітря та втрат тиску вибрано вентилятор Ц4–70 №4 А4095 2а: потужність на валу 0,5 кВт; частота обертів 1400 об/хв. Двигун А02–11–6 комплектується разом з вентилятором.

					ХЕ8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

- приготування і коректування розчинів ванн здійснюється при дії місцевої вентиляції;
- в процесі приготування травильних розчинів кислоти вводять тонким струменем в холодну воду при ретельному перемішуванні;
- для зменшення виносу електролітів з поверхні ванн в склад електроліту вводяться інгібітори, присадки, ПАР;
- для попередження потрапляння на підлогу розчинів проміжки між ваннами закриваються козирками.

6.1.2. Виробниче освітлення

На проектуваному об'єкті передбачається природне, штучне і суміщене освітлення. Система природного освітлення є комбінована (сполучення верхнього й бічного освітлення). Проектом передбачене використання систем штучного робочого, аварійного, евакуаційного, ремонтного і охоронного освітлення. Норми освітлення, КПО, згідно ДБН В.2.5-28:2018, наведені в табл. 6.3

Таблиця 6.3 – Норми освітленості і КПО цеху

Розряд і підрозряд зорової роботи	Освітленість, лк		КПО, %	
	Штучне		Природне	Суміщене
	Комбіноване	Загальне	Верхнє і бічне	Верхнє і бічне
IVв	500	200	4	2,4
VIIIa	—	75	1	0,7

Для освітлення виробничого приміщення використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ–40(G13) та ЛБ–60(G13). Для місцевого освітлення передбачене аварійне і евакуаційне освітлення, для якого використають світильники прямого типу "Альфа". Для виміру і контролю освітленості в приміщеннях використовують люксметри Ю–117 з періодичністю 1 раз на рік і після ремонту освітлювальних установок і заміні ламп. Для підвищення рівномірності розподілу яскравості для поля зору, стелі і стіни пофарбовані в кремовий колір. Виробниче устаткування

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пофарбоване в яскраво-зелений колір, частини, що рухаються в ясно-жовтий, відкриті механізми – у яскраво-червоний колір .

При аварійному освітленні мінімальна освітленість складає 5 % від нормованої, але не менше 2 лк. Для евакуації людей передбачається освітлення на підлозі основних проходів та на сходах не менше 0,5 лк, на відкритих майданчиках – не менше 0,2 лк.

6.1.3. Виробничий шум і вібрація

Джерелом вібрації в цеху є механізми: вентилятори, електродвигуни, компресори тощо. Рівень шуму в цеху залежить від одночасної роботи всіх видів устаткування і сягає 76...80 дБА за даними лабораторних вимірів (допустиме значення, згідно ДСН 3.3.6.037–99, становить 80 дБА).

Зниження шуму досягається наступними способами:

- ізоляцією джерел шуму засобами звукоізоляції і звукопоглинання (перегородки і кожухи, перешкоджаючи розповсюдженню шуму);
- акустичною обробкою приміщень, а зокрема, приміщення звукопоглинаючих пористих матеріалів;
- зменшенням шуму в джерелі їх утворення – мінімальні допуски, ретельне балансування, демпфірування вібрації співударяючихся деталей;
- архітектурно-планувальним рішенням: відстань 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 м; мінімальна висота приміщення 5 м, при цьому площа приміщення зайнята лінією нікелювання, не перевищує 25 % загальної площі гальванічного цеху.

Для визначення рівнів шуму і вібрації передбачені шумоміри ВШВ–003 і частотні аналізатори.

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.1.4. Електробезпека

Ураження людей електричним струмом може виникнути в результаті дотику до струмоведучих елементів устаткування, які опинилися під напругою в результаті порушення ізоляції, а також ураження кроковою напругою і через електродугу. Згідно ДСТУ ГОСТ 12.1.038:2008, допустимі рівні напруг дотику (U_0) і струму, що проходить через тіло людини (I_L) рівні: при нормальному режимі роботи електричного встаткування $U_0 = 2В$, $aI_L = 0,3мА$; при аварійному (відповідно 36 В и 6 мА). Електричне устаткування цеху живиться від трифазної чотирьохпровідної електричної мережі змінного струму промислової частоти напругою 380/220В із глухозаземленою нейтраллю.

Найчастіше відбувається однофазний дотик людини до мережі змінного струму. Сила струму, який проходить через людину, розраховується за формулою:

$$I_L = U_{\phi} 10^3 / (R_L + R_0), \text{ мА};$$

де U_{ϕ} — 220 – фазна напруга, В;

$R_L = 3000$ – загальний опір тіла людини. Ом;

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

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

$$U_d = I_L \cdot R_L, \text{ В}$$

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

Порівнюючи, розрахункові значення з нормативними, бачимо, що при порушенні вимог ПБЕ в цеху можуть бути травми з ураженням електричним струмом з важкими наслідками. Даний цех відноситься до класу приміщень з підвищеною небезпекою. Для забезпечення безпеки праці передбачені наступні технічні способи і засоби: занулення, вирівнювання потенціалів, мала напруга, захисне відключення, ізоляція струмоведучих частин, електричний поділ мереж, попереджувальні плакати, огорожувальні пристрої, блокування, сигналізація, знаки безпеки. Безпека експлуатації при нормальному режимі електроустановок дотримується за рахунок наступних чинників: ізоляцією струмоведучих частин

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(опір ізоляції не менше 0,5 МОм), недоступністю струмоведучих частин, малими напругами (на переносних світильниках).

Проектом прийнято такі захисні засоби: діелектричні гумові рукавички, інструмент з ізолюючими рукоятками і струмошукачі, гумові ізолюючі підставки. Також передбачено розміщення оголених дротів та апаратів з оголеними струмопровідними частинами в спеціальних ящиках, що закриваються суцільними або сітчастими огороженнями.

6.1.5. Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

При обслуговуванні ванн електрохімічного нанесення небезпеку представляє висока температура. У процесі експлуатації можливі ряд аварійних ситуацій: потрапляння гарячого електроліту на дерев'яний міст; одержання опіків працівником внаслідок дотику до ванни; обвалення ґрат насадок регенератора під час їхньої заміни і внаслідок цього одержання забитих місць. Персонал може зазнати травм внаслідок необережного поводження з автооператорною лінією, машинами штамповки деталей з відкритими обертовими частинами. На підставі результатів аналізу потенційно небезпечних технологічних процесів і устаткування, проектом передбачаються чинники, що забезпечують безпечні і здорові умови праці [10]. Вони спрямовані на усунення безпосереднього контакту працюючих зі шкідливими речовинами, за рахунок дистанційного керування процесами, застосування засобів механізації на стадіях вивантаження, завантаження і транспортування вихідних матеріалів, проміжних продуктів і готової продукції. Проектом передбачені ефективні методи і засоби для захисту робітників від травмування в небезпечних зонах: огорожувальні пристрої, що перешкоджають проходженню людини в небезпечну зону (до розподільних пристроїв електроустаткування, корпусам електродвигунів, травмонебезпечним ділянкам); прилади, що сигналізують і подають інформацію про роботу технологічного устаткування, про зміни протягом процесу, попереджають про небезпеки і повідомляють, про місце їхнього знаходження і при необхідності автоматично відключають аварійні ділянки; швидкість руху транспортних засобів

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(автокари, електровози) у цеху не більше 5 км/ч; всі вантажопідйомні механізми будуть піддаватися періодичним оглядам і технічному огляду. По всьому цеху розміщені попереджувальні плакати для інформування працюючих про можливі небезпеки і першу допомогу при одержанні різного роду травм.

6.2. Пожежна безпека

В цеху можливе виникнення джерел загоряння внаслідок перевантаження електроустаткування, утворення окислів у газах, що відходять від ванни, утворення займистої суміші водню з повітрям.

Причинами короткого замикання є пошкодження електроізоляції дротів, контакт неізованих дротів та струмопровідних предметів, дія на дроти хімічно активних речовин. Для попередження захисту ізоляції струмовідводу від дії хімічних речовин використовують гофрований металевий кожух із нержавіючої сталі, прокладання проводів у пластиковому захисному кожуху. Для попередження перевантажень і короткого замикання в електричних мережах застосовують плавкі запобіжники і спеціальні автомати, під'єднані в мережу послідовно. Попередження перегріву проводів від перехідних опорів досягається збільшенням площі опору контактів, застосування пружних контактів.

Для гасіння джерел пожежі на робочих місцях передбачено засоби пожежогасіння, вогнегасники і ящики з піском. Виробничі приміщення та склади обладнані внутрішніми пожежними кранами. Між виробничими будинками передбачені пожежні розриви 10 м. Для попередження вибухів газопроводів їх будуть періодично перевіряти на герметичність.

Будівля захищена від прямого удару блискавки за допомогою блискавковідводу стрижньового типу.

Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин і матеріалів для процесу хромування занесені до таблиці 5.5.

Встановлюється охоронно-пожежна сигналізація автономного типу. Кабелі високої напруги проведені в броньованих оболонках. Перед початком електролізу

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трубопроводи (подачі і відведення електроліту) необхідно продувати повітрям та аналізувати результати продувки. Для захисту електроустаткування від загоряння передбачено регулярне технічне обслуговування, фарбування електроустаткування негорючими матеріалами.

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Розроблено технологію нанесення блискучого олов'яного покриття, продуктивністю 13000 м²/рік, призначена для нанесення захисного антикорозійного покриття на сталі деталі, які використовуються в машинобудуванні, зокрема в харчовій промисловості.

Запропонована технологія нанесення захисно-декоративного функціонального олов'яного покриття з використанням сульфатного електроліту. Проведено розрахунок технологічного обладнання з оптимізацією розміщення деталей та електродів в ванні для зменшення затрат електроенергії на одиницю продукції.

В економічній частині здійснено розрахунки вартості операцій контролю якості. Розроблено карти якості на основні процеси та паспорт якості продукції.

В проєкті здійснено автоматизацію наступних виробничих параметрів: рівень електроліту, об'ємна швидкість прокачування, рН – електроліту, напруга та сила струму.

Запропонована схема очищення стічних вод реагентним методом, з застосуванням окремої стадії знешкодження іонів олова та наявності вугільного фільтру для вилучення органічних речовин. Завдяки чому досягається високий ступінь очищення стічних вод.

На основі аналізу шкідливих та небезпечних факторів виробництва, запропоновані методи охорони праці, які відповідають дійсним нормам і стандартам та відносяться до нормалізації повітря робочої зони, захисту від шуму, вібрацій і уражень електричним струмом.

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту з гальванотехніки освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр". Напрямок 6.091600 "Хімічна технологія та інженерія". Професійна спрямованість "Технічна електрохімія". / Уклад. Л.А.Яцюк, В.П.Чвірук, В.Ф.Панасенко, Т.І.Мотронюк, О.В.Лінючева, О.І.Букет.- К:НТУУ"КПІ", 2006.- 66с.
2. Технология электрохимических покрытий: Учеб. Для средних специальных учебных заведений /М.А. Дасоян, И.Я. Ямпольская, Е.В. Сахарова. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 391 с.
3. Ямпольский А.И., Ильин В.А.//Краткий справочник гальванотехника. Л.: Машиностроение, 1981 – 269 с.
4. Гальванические покрытия в машиностроении. Справочник в 2–х томах//под ред. М.А. Шлугера, Я.Д. Тока. – М.: Машиностроение, 1985 – Т.2. 1985, 248 с, ил.
5. Дасоян М.А., Пальмская И.Я. Оборудование цехов электрохимических покрытий. – М.: Машиностроение. 1989 –391 с.
6. Кудрявцев Н.П.//Электрохимические покрытия металлами. М.:Химия. 1979– 351с.
7. Каданер Л. И. Справочник по гальваностегии.— К. : Техника, 1976.— 256 с.
8. ГАЛЬВАНОТЕХНІКА. Проектування гальванічних виробництв: навч. посіб. / О.В. Лінючева, Л.А. Яцюк, Т.І. Мотронюк, О.І. Букет, С.В. Фроленкова – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017 – 147 с.
9. Устаткування електрохімічних виробництв. Гальванотехніка: навч. посібник / Г.Я. Якименко; за ред. Б.І. Байрачного. – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – 235 с.
- 10.Вайнер Я.В., Дасоян М.А.//Оборудование гальванических цехов. – М. – Л.: Машиностроение. 1971. – 296 с.
- 11.Екологічна безпека гальванотехніки. Частина 1. Стічні води. Механічна та сорбційна очистка. Донченко М.І., Фроленкова С.В., Мотронюк

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Т.І.Електронний ресурс : підручник для студ. кваліфікації 2146.2 – інженер – технолог (хімічні технології) та 2149.2 – інженер-дослідник (хімічні технології) спеціалізації «Електрохімічні технології неорганічних та органічних матеріалів».– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018.–202 с.
12. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство. / Под редакцией проф. В.Н. Кудрявцева. – М.: производственно-издательское предприятие «Глобус», 1998. – 302 с.
 13. Методические указания к выполнению организационно-экономической части дипломных проектов для студентов химико-технологических специальностей всех форм обучения./Сост. .А.Подлесная, В.В.Янковой, М.П.Дорошенко. – К.:ИВЦ «Издательство «Политехника»», 2002. – 28с.
 14. Лукінюк М. В. Технологічні вимірювання та прилади [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. /М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 436с.
 15. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с.
 16. Бабіченко А. К. Промислові засоби автоматизації [Текст]: навч. посіб.: У 2 ч. /А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський, В. С. Михайлов та ін. ; За заг. ред. А. К. Бабіченка. – Харків: НТУ «ХПІ», 2003 р. – Ч. 2. Регульовальні і виконавчі пристрої. – 658 с.
 17. Методические указания к выполнению раздела «охрана труда» в дипломных проектах, составитель А.Т. Орленко, КПИ 2007г.
 18. Макаров Г.В., Стрельчук Н.А., Кушелев В.П., Орлов Г.Г./ Охрана труда в химической промышленности.- М.: Химия, 1977.
 19. Краткий справочник физико–химических величин. Изд. 8–е, перераб.//Под. ред. А.А. Равделя и А.М. Пономарёвой. – Л.: Химия, 1983. – 232 с.
 20. ДСН 3.3.6.042 – 99 Санітарні норми мікроклімату виборочних приміщень.

					XE8214.1450.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					XE8214.1450.000ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		