

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/П	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДП ХЕ4203.1450.000 ПЗ	Пояснювальна записка	95	
3	A1	ДП ХЕ4203.1450.001 СК	Складальне креслення гальванічної ванни цинкування	1	
4	A2	ДП ХЕ4203.1450.002 СхА	Схема автоматизації процесу цинкування	1	
5	A1		Схема технологічного процесу цинкування	1	
6	A1		Контроль якості на виробництві	1	
7	A1		Схема очищення стічних вод	1	

				ДП ХЕ4203.1450.000		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Бабюк Н.В.			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.	Косогін О. В.				1	1
Консульт.					КП ім. Ігоря Сікорського Каф. ТЕХВ Гр. ХЕ-41	
Н/контр.						
Зав.каф.	Лініочева О.В.					

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту**

на тему: Гальванічні покриття в приладобудуванні. Розробка технології
нанесення матового цинкового покриття на сталеві деталі

Київ – 2018 року

РЕФЕРАТ

«Гальванічні покриття в приладобудуванні. Розробка технології нанесення матового цинкового покриття на сталеві деталі»

Бабюк Н.В. – Київ: КПІ імені Ігоря Сікорського, ХТФ, ХЕ-41

Дипломний проект, 2018 рік, кількість сторінок – 95, таблиць – 20, рисунків – 10, джерел – 22.

У проекті розроблено технологію нанесення матового цинкового покриття на сталеві деталі з продуктивністю 22000 м²/рік. Проведено розрахунок технологічного процесу та вибору електролітичної ванни.

Цинк осаджується з лужного електроліту при густині струму 2 А/дм² протягом 20 хвилин.

У проекті запропоновано заходи з техніки безпеки, автоматизації параметрів процесу, розроблено схему очистки стічних вод, проведено економічні та організаційні розрахунки.

Ключові слова: гальванічне покриття, цинк, корозія, катод, анод, лужний електроліт, стічні води.

					ДП ХЕ4203.1450.000 ПЗ						
Изм	Лист	№ док-м.	Підп.	Дата	Розробка технології нанесення матового цинкового покриття на сталеві деталі	Лист		Лист		Листов	
Розроб.	Бабюк							5		95	
Перев.	Косогін					«КПІ ім. Ігоря Сікорського», ХТФ, ХЕ-41					
Н.контр.											
Утв.	Ліночева										

ABSTRACT

«Electroplating in the instrument. Development of technology for galvanizing steel parts»

Babiuk N.V. Kyiv: Igor Sikorsky KPI, CTF , HE-41

Diploma project, 2018. Number of pages – 95, tables – 20, pictures – 10 and literature – 22.

This project developed technology of galvanic zinc on steel parts with productivity 22000 m²/year. The calculation of the technological process and choice of electrolytic bath was done.

Application of zinc is produced from alkali electrolyte at cathode density of current is 2 A/dm² during 20 minutes.

The project envisages measures for safety, automation of process parameters, developed a scheme of wastewater treatment and carried out economic and organizational calculations.

Keywords: galvanic covering, zinc, corrosion, cathode, anode, alkali electrolyte, wastewater.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	10
1.1 Технологічний процес нанесення матового цинкового покриття	10
1.1.1 Характеристики оброблювальної деталі	10
1.1.2 Вибір виду і товщини гальванічного покриття	11
1.1.3 Вибір операцій підготовки поверхні виробів перед нанесенням гальванічного покриття.....	14
1.1.4 Вибір складу електроліту для нанесення гальванічного покриття.....	18
1.1.7 Розрахунок середньої товщини покриття та часу обробки поверхні деталей.....	25
1.1.8 Вибір завершальних операцій	26
1.1.9 Контроль якості гальванічного покриття. Видалення недоброякісних покриттів.....	29
1.1.10 Видалення неякісного покриття.....	31
1.2 Вибір і розрахунки обладнання для нанесення гальванічних покриттів.....	32
1.2.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання.....	32
1.2.2 Визначення виробничої програми обладнання	32
1.2.3 Вибір виду обладнання для нанесення гальванічного покриття, розрахунок його кількості та габаритних розмірів	33
1.3 Технологічні розрахунки.....	36
1.3.1 Баланс струму на гальванічній ванні.....	36
1.3.2 Баланс напруги на гальванічній ванні	38
1.3.3 Вибір джерела струму для гальванічної ванни.....	39
1.3.4 Визначення джоулевої теплоти, складання балансу енергії.....	40
1.3.5 Тепловий розрахунок для гальванічних ванн.....	41
1.3.7 Розрахунок витрат матеріалів.....	42
РОЗДІЛ 2 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАЛЬВАНІЧНОГО ПРОЦЕСУ МАТОВОГО ЦИНУВАННЯ.....	49
2.1. Аналіз технологічного процесу захисного цинкового покриття як об'єкта автоматизації.....	49
2.2. Опис розробленої схеми автоматизації процесу нанесення захисного цинкового покриття.....	51
2.3. Висновки щодо виконання поставлених задач автоматизації.....	52

3. ЕКОНОМІКО – ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ	53
3.1 Технологічна підготовка виробництва	54
3.2 Організація контролю якості	58
3.2 Матеріальна, документальна організаційно-технічна підготовка виробництва	65
3.3 Техніко-економічні показники	67
Додатки	88

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

Процес руйнування металів внаслідок фізико-хімічної взаємодії з навколишнім середовищем завдає величезну шкоду народному господарству. Корозія призводить до суттєвих матеріальних втрат внаслідок руйнування металічних частин машин та металічних конструкцій, корпусів суден, морських суден, цистерн тощо. Щорічні втрати металів внаслідок корозії складають близько 10% від обсягів їх добування.

Для зменшення втрат металу і запобігання корозії поряд із використанням хімічно-стійких матеріалів широко використовуються різні види захисних покриттів.

Боротьба з корозією починається з підбору матеріалу для створюваного виробу, а також вибору захисного покриття. Нанесення гальванічних покриттів є одним з ефективних методів захисту металів від корозії, підвищення зносостійкості, і відповідно терміну служби, надійності деталей машин і механізмів, приладів і радіоелектронної апаратури, поліпшення електрохімічних характеристик численних струмопровідних деталей. Вимоги до корозійної стійкості матеріалу можуть мінятися в широких межах залежно від призначення виробу, умов експлуатації і планованого терміну служби. Цинкові покриття широко застосовуються для захисту від корозії сталевих деталей та для покриття різьбових з'єднань і є найбільш поширеними із металічних покриттів. Анодний характер цинку по відношенню до сталі захищає його не лише механічно, але й електрохімічно, а також дає можливість захисту оголених частин поверхні, віддалених на декілька міліметрів від краю покриття.

Цинкові покриття, на відміну від кадмієвих, практично не токсичні і здатні захищати залізо у середовищі бензолу і сірководневих сполук. Але цинк не дуже стійкий при дії аміаку, оцтової кислоти, формальдегіду та фенолу (кадмієві покриття стійкі в даних середовищах). Цинк легко руйнується лугами і кислотами, тому використання цинкових покриттів в даних середовищах є неприйнятним.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Для підвищення хімічної стійкості цинку при дії агресивної атмосфери його поверхню піддають хроматуванню, тобто обробці в розчинах, які містять хромову кислоту або її солі. При цьому утворюється плівка хроматів цинку. Підвищення стійкості досягається також при обробці оцинкованих деталей в розчинах, які містять солі фосфорної кислоти.

Термін служби цинкових покриттів залежить від умов експлуатації та товщини покриття.

Цинкові покриття на сьогоднішній день є досить актуальними. Такі переваги, як висока ступінь чистоти електролітично осадженого цинку, висока хімічна стійкість, мала витрата цинку та хороші механічні властивості покриття (еластичність та міцне зчеплення з метал основою) роблять їх практично незамінними. Важливою перевагою цинкових покриттів можна вважати низьку вартість цинку порівняно із більшістю кольорових металів.

Метою проекту є розробка технології цинкування сталевих виробів з метою захисту від корозії (продуктивність 22000 м² за рік).

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Технологічний процес нанесення матового цинкового покриття

1.1.1 Характеристики оброблювальної деталі

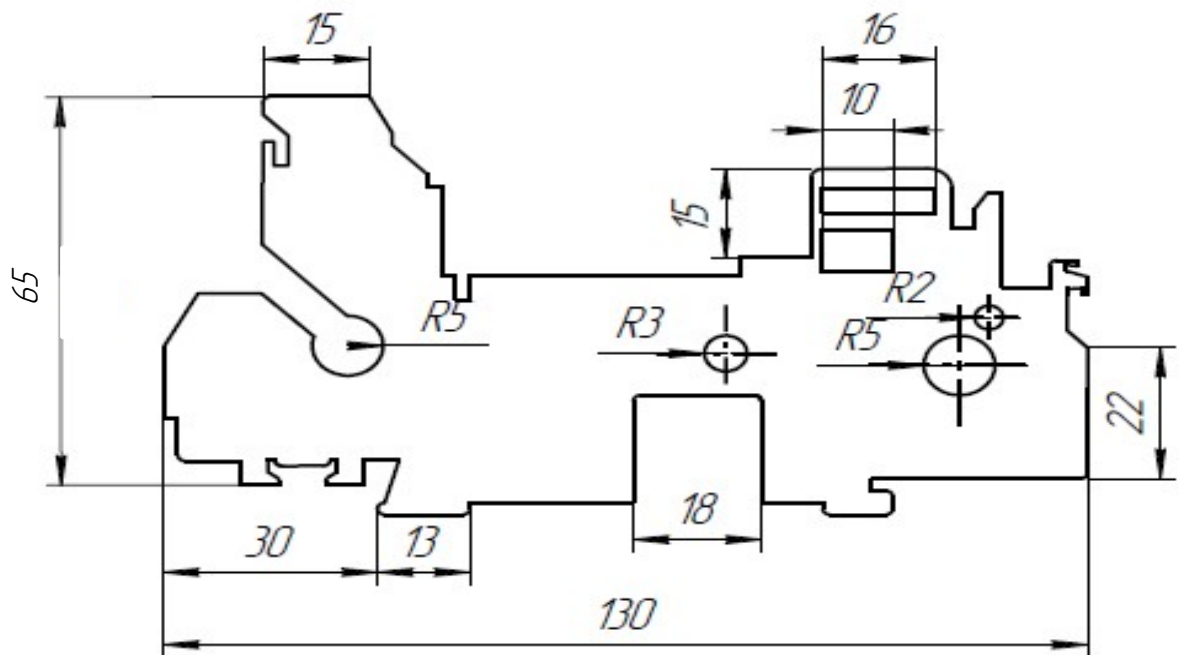


Рис. 1.1 Ескіз деталі для контрольно-касового апарату

Деталь, яка піддається цинкуванню, застосовується в контрольно-касовому апараті, який призначений для реєстрації касових операцій, автоматизації обліку і руху товарів, збору, зберігання та видачі фінансової та іншої звітної інформації. Дана деталь виготовлена із вуглецевої сталі Ст3.

Деталь виготовлена із сталюгого листа на чеканочному пресі шляхом штампування, оскільки проходить багатосерійне виготовлення даної продукції. Термообробці деталь не підлягала. Після виготовлення деталі відправляються на склад чи кладову, звідки далі подаються в гальванічний цех на покриття.

Маса деталі складає 42 г. Габаритні розміри 65×1×130 мм. Площа поверхні рівна 1 дм².

Деталь призначена для середніх умов експлуатації (по ГОСТ 9.303-84). У дану комбінацію входять наступні характеристики: неопалювані приміщення,

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

відсутність атмосферних осадів. Робоча температура повітря при експлуатації складає від -60 до 60 °С , відносна вологість $(95\pm 3)\%$ при температурі +30°С.

Виріб виготовляється по третій категорії (по ГОСТ 15150-69): для експлуатації в закритих приміщеннях із природною вентиляцією без штучно регульованих кліматичних умов, де коливання температури і вологості повітря і дія піску і пилу істотно менші, ніж на відкритому повітрі, наприклад, в металічних теплоізоляціях, бетонних, дерев'яних приміщеннях.

1.1.2 Вибір виду і товщини гальванічного покриття

Виходячи з умов експлуатації деталі, вона повинна бути корозійно стійкою, та не обов'язково декоративною. Вище переліченим критеріям відповідають цинкові покриття.

Цинкове покриття використовують, як правило, у тих випадках, коли до поверхні не пред'являються декоративні вимоги. Найчастіше його наносять на чорні метали з метою їх захисту від атмосферної корозії.

Задовільні захисні властивості цинку і його низька вартість у порівнянні з іншими кольоровими металами зумовлюють широке розповсюдження цинкового покриття, яке складає більше 60% від всіх видів гальванічних покриттів.

Захисна дія цинку зберігається не тільки за наявності щілин, але і при інших дефектах покриття (подряпини, забоїни) і визначаються його товщиною (таблиця 1.1) і рівномірністю осадження. Продукти, що утворюються в процесі корозії цинку, частково заповнюють пори в покритті, зменшуючи швидкість корозії.

Анодний характер захисту сталі цинковим покриттям порушується за температури вище 70°С. Захисна дія цинкового покриття різко послаблюється також в атмосфері, що містить продукти органічного походження, наприклад, синтетичні смоли, оліфу, хлоровані вуглеводні.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Для підвищення корозійної стійкості цинкові покриття піддають хроматуванню або фосфатуванню, що суттєво підвищує корозійну стійкість при контакті деталей з паливом, яке містить сполуки сірки.

Цинкові покриття для деталей, що знаходяться всередині виробів при утрудненому обміні повітрям між внутрішнім простором і зовнішнім середовищем і наявності в замкнутому просторі органічних матеріалів, які при старінні виділяють леткі агресивні речовини, рекомендується застосовувати з додатковим захистом лакофарбовими покриттями.

Таблиця 1.1 Залежність товщини цинкового покриття від умов експлуатації та застосування виробу

Умови експлуатації	Товщина покриття, мкм	Застосування
Легкі	3 ... 6	Різьбові деталі для кріплення із кроком до 0,4 мм
Легкі	6 ... 9	Деталі приладів, верстатів
Середні, жорсткі	9 ... 12	Різьбові деталі для кріплення із кроком до 0,4 мм
Середні	15... 18	Захист від корозії різних деталей
Середні, жорсткі	24 ... 30	
Жорсткі, дуже жорсткі	36 ... 42	

Осадження цинку проходить майже без утруднень, хоча метал розташований у ряду напруг лівіше водню, це пояснюється достатньо високою перенапругою виділенню водню на цинку. Саме через це виходи за струмом досягають 95...98% [1].

Значення рН відіграє велику роль, так наприклад, при низьких значеннях посилюється виділення водню, на покриттях може з'явитися пітинги, крім того, з'являється небезпека хімічного розчинення цинку. При високих значеннях рН

може мати місце утворення гідроксидів цинку, що включаються в катодний осад і викликають його шорсткість і потемніння.

Основними перевагами електролітичного методу цинкування є:

- 1) хороші механічні властивості покриття ;
- 2) висока хімічна стійкість покриття, отриманих електролізом, що зумовлено чистотою осаду;
- 3) високі захисні властивості цинкового покриття і низька вартість цинку;

На деталі складної конфігурації пропонується наносити цинкове покриття Ц9.хр. (по ГОСТ 9.303-84). Цинкове покриття є анодним по відношенню до сталі Ст3, оскільки потенціал метал-покриття більш електронегативний $-0,786\text{ В}$, чим потенціал метал-основи $-0,44\text{В}$, і захищає її від корозії як механічно так і електрохімічно. Покриття запобігає контактній корозії сталі Ст3 при спряженні з деталями із алюмінію і його сплавів. Для підвищення корозійної стійкості цинкові покриття хроматують в розчинах, які містять хромову кислоту чи її солі. У результаті утворюється хроматна плівка, механічно не міцна. Хроматування одночасно покращує декоративний вид покриття [1].

Швидкість корозії цинку становить, мкм/рік: 0,5 при чистій сухій атмосфері (пустеля); 1,0...1,5 – у сільській місцевості помірного клімату; до 5 у чистій вологій атмосфері тропіків; 6...8 у місті з атмосферою, забрудненою газами (SO_2 , H_2S); до 20 у місті з особливо забрудненою атмосферою; 4...20 в атмосфері примор'я. Великий вплив на швидкість корозії цинку створює величина рН середовища. В інтервалі рН 7...12 швидкість корозії цинку мінімальна; вона зростає при відхиленні від зазначених значень.

Так як на деталь необхідно нанести захисне покриття, по ГОСТ 9.303-84 обрано товщину покриття 9 мкм.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.1.3 Вибір операцій підготовки поверхні виробів перед нанесенням гальванічного покриття

Механічна підготовка

Якість гальванічних покриттів у значній мірі визначає підготовка поверхні деталей. Всі деталі, що надходять у гальванічний цех перед нанесенням покриття, піддаються механічній обробці. На поверхні деталі не повинно бути видимого шару змащення, емульсії, механічної стружки й пилу. Спосіб механічної обробки деталі вибирається залежно від ступеня забруднення деталі й необхідної шорсткості поверхні.

На якість поверхні впливають фізико-механічні властивості вихідного матеріалу, спосіб і режим обробки, вплив навколишнього середовища.

Кожний спосіб обробки характеризується певною точністю, діапазоном одержуваної шорсткості оброблюваних поверхонь, формою і напрямком розташування мікронерівностей [1].

Шліфування

Шліфування застосовують для усунення подряпин, забоїн, рисок та інших дефектів на поверхні деталей, а також для одержання гладкої і рівної поверхні. У процесі шліфування відбувається зняття тонкої стружки металу гострими ріжучими гранями зерен абразивних матеріалів. Мінімальне значення шорсткості при цьому досягається 1,25 мкм.

В нашому випадку доцільно використовувати нескінченні гнучкі абразивні стрічки. Їхня перевага, в порівнянні з обробкою крутами, у постійній швидкості різання, еластичності і пружності стрічки, можливості обробки великих поверхонь деталей складної конфігурації, зменшення сил різання і теплонапруженості, відсутності необхідності в балансуванні та правці інструменту, безпеки роботи.

Залежно від форми поверхні, що обробляється, і вимог до її точності, стрічка вільно розташовується на кругу або притискується до поверхні деталі за допомогою ролика, жорсткого копіру відповідної форми або пружного елемента.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використовується такий тип абразивної стрічки ЛСВТ, де С-склеєна, В-водостійка, Т- на тканинній основі. Для запобігання налипанню металу на поверхню шліфувального інструменту, підвищення стійкості стрічок здійснюється їхнє імпрегнування або змащують спеціальними матеріалами. При цьому поліпшується якість обробки і підвищується стійкість інструменту при застосуванні (стеарин або суміш синтетичних жирних кислот, суміш поліетиленгліколевих ефірів вищих жирних спиртів).

При обробці нескінченною стрічкою часто застосовують мастильно-охолоджуючі рідини. Для шліфування із рідким середовищем будемо використовувати розчин наступного складу (%) [3]:

Na_3PO_4	-	0,8
NaNO_3	-	0,3
CaCO_3	-	1,5
Каніфоль	-	0,5
NaOH	-	2

Знежирення

Для очищення поверхні деталей від жирів використовується хімічне та електрохімічне знежирення. Погане знежирювання – причина браку при осадженні на метал покриття.

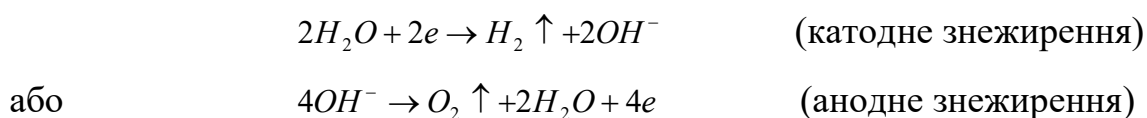
Хімічне знежирення ґрунтується на тому, що жири, що являють собою складні ефіри гліцерину і вищих жирних кислот, при дії лугу омиляються і переходять в розчинні солі, а мінеральні масла при дії лугу та емульгатора можуть утворювати емульсію.

Електрохімічне знежирення в лужних розчинах здійснюється за допомогою постійного або змінного струму. В процесі електролізу на деталі спостерігається інтенсивне виділення бульбашок газу, що полегшує відрив краплинок масла від поверхні деталі, що звичайно прискорює процес знежирення. При електрохімічному знежиренні із зростанням поляризації зменшується міцність зчеплення масла із поверхнею електрода. Паралельно збільшується ступінь змочуваності водою поверхні металу. Швидкість

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

знежирення деталей на аноді значно нижча ніж на катоді, що зумовлено підлюговуванням при катодного простору. Однак процес катодного знежирення супроводжується наводненням.

Інтенсивне газовиділення в процесі електрохімічного знежирення внаслідок перебігу реакцій:



Швидкість та якість електрохімічного знежирення вищі ніж хімічного, а також в значній мірі визначається густиною струму. Чим більше жирових забруднень, тим більша густина струму. Підвищення температури також сприяє реакції омилення і емульгування, збільшує ванні.

Отже, підсумовуючи вищесказане можна зробити висновок: в технологічних операціях по підготовці поверхні деталі до покриття використовують хімічне знежирення як попереднє очищення від масла і електрохімічне на аноді для кращого очищення від масла.

До складу розчинів, що використовують для знежирення, крім лугу і емульгаторів, входять кальцинована сода і тринатрійфосфат. Ці солі піддаються гідролізу з утворенням гідроксильних іонів, компенсуючи витрати лугу при знежиренні. Тринатрійфосфат пом'якшує воду за рахунок утворення важкорозчинних високодисперсних фосфатів кальцію, магнію. Фосфати покращують також миючу спроможність розчинів і їхню спроможність утворювати піну [5].

Склад розчину при **хімічному знежиренні** (г/л):

Гідроксид натрію	-	20...40,
Тринатрійфосфат	-	5...15,
Сода кальцинована	-	15...20,
Силікат натрію	-	10...30.

Температура складає 40...60 С, час знежирення 5...10 хвилин.

Склад розчину при **електрохімічному знежиренні** (г/л):

Гідроксид натрію	-	20...40,
------------------	---	----------

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Тринатрійфосфат	-	5...15,
Сода кальцинована	-	15...20,
Силікат натрію	-	10...30.

Температура процесу 50...70 С, анодна густина струму 2...10 А/дм³. Час знежирення на аноді складає 0,5...5 хв.

Травлення

Процес видалення із поверхні металічних деталей шару продуктів корозії та термічної окалини, що знаходиться на поверхні деталі називається травленням.

Поверхня деталі, що надходить покрита шаром оксидів, що утворюються при її виготовленні. До складу плівки входять: FeO, Fe₂O₃ и Fe₃O₄. Для травлення чорних металів застосовують розчини кислот (сульфатній, хлоридній). При активації можуть спостерігатися два процеси: хімічне розчинення оксидів і розчинення залізного під оксидного шару. Ці два процеси можуть протікати одночасно; в залежності від природи кислоти, її концентрації і температури змінюється швидкість того чи іншого процесу. В хлоридній кислоті розчиняються в основному оксиди, у сульфатній – залізо із виділенням водню.

Розчинення сталеві основи небажане явище, так як призводить до надлишкових витрат кислоти, втрати металу, виділення отруйної пари.

Для зниження втрат металу і витрат кислоти в травильні розчини вводять інгібітори травлення, що захищають метал і попереджає наводнення. На оксидах і травильному шламі інгібітори не адсорбуються. Якщо звичайно втрати металів при травленні досягають 3...4%, то при введенні в розчини інгібіторів вони зменшуються до 1...1,5%

В нашому випадку в технологічних операціях по підготовці поверхні металу до покриття використовують для травлення хлоридну кислоту [6].

Склад розчину для травлення (г/л):

Хлоридна кислота	-	50...100.
------------------	---	-----------

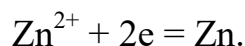
					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

1.1.4 Вибір складу електроліту для нанесення гальванічного покриття

Для електролітичного цинкування застосовують як прості, так і комплексні електроліти. До простих електролітів відносять сульфатні, хлоридні і борфторидні розчини. В групу комплексних електролітів входять монолігандні (ціаністі, аміакатні, амінокомплексні, пірофосфатні) і полілігандні на основі змішаних пірофосфатно-аміакатних комплексів.

При виділенні цинку з простих електролітів поляризація невелика, тому цинкові покриття осаджуються крупнокристалічними. Для поліпшення структури покриттів у кислі електроліти обов'язково вводять поверхнево-активні речовини (ПАР), але навіть за наявності ПАР утворюються осади, що поступаються за розміром зерна кристалів, рівномірністю розподілу осаду з комплексних електролітів. Водночас стандартним електролітам властиві більш висока продуктивність і стійкість у процесі експлуатації.

З простих електролітів цинк виділяється в результаті розряду на катоді двовалентних іонів цинку:



На розряд іонів цинку витрачається майже весь струм, так як виділення водню дуже мале. Зменшення іонів цинку із розчину компенсується розчиненням анодів. Останнє протікає без виділення кисню.

Протікання вказаних електродних процесів на практиці дещо порушується через наявність в електроліті домішок, виділення яких наряду з виділенням водню дещо знижує катодний вихід за струмом. Обидва ці процеси – розряд сторонніх катіонів і хімічне розчинення анодів – змінюють коефіцієнти використання струму на електродах і потребує періодичного коректування електроліту. Розсіювальна здатність простих електролітів досить низька [1].

Сульфатний електроліт цинкування

Містять крім основного компонента $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ сульфат натрію, що підвищує електропровідність, буферну добавку – сульфат алюмінію і декстрин як ПАР.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

На катоді відбувається виділення цинку і водню. Усунення підлюговування розчину досягається сульфатною кислотою, що утворюються при гідролізі сульфату алюмінію. Замість сульфату алюмінію можна використовувати алюмокалієві квасці. При утворенні великої кількості $\text{Al}(\text{OH})_3$ розчин мутніє, що свідчить про необхідність додаткового введення сульфатної кислоти.

Анодний процес складається в розчиненні цинкових анодів, проходить без ускладнень.

Сульфатний електроліт застосовується для деталей нескладної конфігурації. Електроліт не підігрівають, тому що підвищення температури погіршує структуру осадів і їх розсіювальну здатність. При густині струму більше 2 А/дм^2 необхідні перемішування і фільтрація електроліту.

Шкідливими домішками є йони металів, більш електропозитивні, ніж цинк, і нітрити. Відновлюючись в області граничної гутини струму, металі-домішки призводять до появи темних губчатих або порошкових осадів. При домішках NO_3^- цинкові покриття чорніють.

Сульфатний електроліт містить (г/л):

$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	-	200...300,
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	-	30,
$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	-	50...100.

Процес ведеться при $18...25 \text{ }^\circ\text{C}$ і при рН 3,5...4,5. Густина струму у ваннах, що перемішуються складає $2...10 \text{ А/дм}^2$ і вище [1].

Хлоридний електроліт цинкування

У порівнянні з сульфатним хлоридний електроліт, що називають також слабокислим, через більш високі значення рН має дещо кращу розсіювальну здатність, але високий вміст Cl^- йонів у розчині робить електроліт більш агресивним відносно устаткування, анодів і покриття.

З хлоридних електролітів покриття рекомендують осаджувати товщиною не більше 18 мкм. При густині струму $3...5 \text{ А/дм}^2$ електроліт потрібно перемішувати коливанням катодних штанг з швидкістю $2...4 \text{ м/хв.}$ Умовою стабільності процесу є безперервна або періодична фільтрація електроліту.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Кислі електроліти застосовуються головним чином для цинкування виробів простої форми (листи, стрічки, дріт, стрижні, пластини і т.п.) [1].

Ціанідний електроліт цинкування

Осадження цинку із ціанідних електролітів відбувається при високій катодній поляризації, особливо при великому вмісті вільного CN^- . Основним компонентом є комплексна сіль $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{CN})_4]$.

Розряд на катоді потребує значної енергії активації; цим пояснюється висока поляризація, що супроводжує електроосадження цинку із ціанідних електролітів, і осад виходить дуже дрібнозернистими й більш рівномірними по товщині, ніж з кислих електролітів без спеціальних добавок.

У ціанідних електролітах вихід металу за струмом нижче, ніж у простих електролітах, він знижується при підвищенні густини струму (особливо різко при великому вмісті вільного CN^-), що сприяє поліпшенню рівномірності розподілу металу на катоді. Припустима густина струму в ціанідних електролітах, як правило, нижче, ніж у простих.

У ціанідних електролітах (без спеціальних добавок) відбувається значне наводнення сталевих деталей, що призводить до різкого погіршення їхніх механічних властивостей після цинкування: зменшується пластичність, збільшується схильність сталі до руйнування. Тому не допускається електролітичне цинкування в ціанідних електролітах деталей, виготовлених зі сталей з межею міцності 1400 МПа й більше.

Більшим недоліком ціанідних електролітів є їхня токсичність, пов'язана з випарюванням синільної кислоти як при роботі електроліту, так і при його готуванні.

Характерною особливістю анодного процесу при цинкуванні із ціанідних електролітів є здатність цинкових анодів до пасивації і, відповідно, до зменшення концентрації цинкової солі в ванні, що проявляється особливо помітно при браку в електроліті вільного ціаніду. Цим пояснюється непостійність складу ціанідного електроліту.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Іншою причиною є те, що цинкові аноди піддаються хімічному розчиненню в середовищі ціаніду і лугу. Це призводить до накопичення цинку в електроліті. Третя причина непостійності складу ціанідних ванн – взаємодія з вуглекислим газом (по цій причині не можна застосовувати перемішування).

Склад ціанідного електроліту (г/л):

ZnO	-	40...45,
NaCN	-	80...85,
NaOH	-	40...60.

Електроліз проводять при 18...40 °С. Катодна густина струму 1...4 А/дм² і вихід за струмом 70...80 %.

Ціанідні електроліти застосовують у промисловості для нанесення покриттів на деталі різної форми - простих і складних по конфігурації [1].

Аміакатний електроліт цинкування

В аміакатних електролітах Zn є присутнім у вигляді аміачного комплексного катіона $Zn(NH_3)_n^{2+}$ (де n = 1÷4 залежно від концентрації аміаку). Відновлення цих іонів протікає при більш негативному потенціалі, ніж відновлення простих гідратованих іонів, але з підвищенням густини струму катодний потенціал змінюється не так різко, як у ціанідних і пірофосфатних електролітах, а нахил поляризаційних кривих менше. Розсіювальна здатність аміакатних електролітів вище, ніж у простих, але поступається розсіювальній здатності ціанідних.

Аноди в аміакатних електролітах розчиняються в робочому інтервалі густини струму (рівного катодному) з високим виходом за струмом [1].

Цинкатний електроліт цинкування

Лужні неціаністі, тобто цинкатні, електроліти на відміну від ціанідних нетоксичні й більш прості й стійкі, ніж ціанідні. В основному вони містять цинк в вигляді цинкату і луг.

Основними компонентами цинкатних електролітів є комплексна сіль цинку $Na_2Zn(OH)_4$ або $K_2Zn(OH)_4$ і вільний луг NaOH і KOH.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

У цинкатному розчині цинк перебуває у вигляді комплексних іонів $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$, а на катоді відновлюються переважно частинки $\text{Zn}(\text{OH})_2$ і $\text{Zn}(\text{OH})_3^-$.

За відсутності спеціальних добавок із цих електролітів виділяються губчасті осади цинку навіть при малих густинах струму, нижче граничного струму дифузії іонів цинку. Додавання до цинкатного електроліту 1...3 г/л поліетиленполіаміну (ПЕПА) або поліетиленіміну (ПЕІ) дозволяє отримувати при досить високих густинах катодного струму компактні осади цинку.

Вихід металу за струмом в цинкатних електролітах близький до 100% і мало змінюється із зміною умов електролізу. Осад, що отриманий із цинкатного електроліту, має крупнокристалічну структуру і відрізняється нерівномірною товщиною шару. Це зв'язано із малою катодною поляризацією.

Катодна поляризація в цинкатних електролітах має характер переважно концентраційної поляризації, тому припустима верхня межа густини струму зростає з підвищенням концентрації Zn , температури й швидкості розчину. Найбільший вплив на рівномірність розподілу металу на катоді створює концентрація Zn в електроліті, при підвищенні якої розсіювальна здатність погіршується.

Концентрація вільного лугу, необхідна для стійкості комплексної солі цинку й нормального розчинення цинкових анодів, повинна бути тим більше, чим вище концентрація цинку. Відношення загальної концентрації лугу до концентрації цинку (у г-екв/л) становить приблизно 9...10. При його нестачі знижується електропровідність розчину і стає можливим випадання гідроксиду цинку в осад. Надмірна концентрація NaOH знижує вихід за струмом, покриття стають губчастими, а аноди починають хімічно розчинятися.

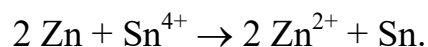
Шкідливий вплив на катодний процес у цинкатному електроліті створюють нітрати, біхромати, H_2O_2 , у присутності яких знижується вихід за струмом металу й погіршується рівномірність його розподілу по поверхні деталі.

Анодна поляризація в цинкатних електролітах до певної густини струму порівняно невелика й мало змінюється при зміні сполук електроліту.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Перевищення певної густини струму викликає пасивацію аноду - його потенціал різко зміщується убік позитивних значень.

Покращення якості осадів, отриманих із цинкатних ван, досягається додаванням в електроліт невеликих кількостей солей олова, свинцю і ртуті.



Розсіювальна здатність цинкатних електролітів в присутності солей вказаних металів і за низької густини струму досить висока.

Приблизний склад цинкатного електроліту (г/л):

ZnO	-	5...50,
NaOH	-	65...220,
Na ₂ SnO ₃	-	0,2...0,5.

Процес проводять при 18...25 С. Катодна густина струму 0,5...4 А/дм². Вихід за струмом 96...98%.

Порівняння переваг і недоліків для різних типів електролітів цинкування можна побачити в таблиці 1.2.

Виходячи із сумарної оцінки, можна зробити висновок, що цинкатний електроліт цинкування є найбільш придатним для покриття деталей касового апарату. Обираємо склад цинкатного електроліту для нанесення цинкового покриття (г/л):

ZnO	-	5...50,
NaOH	-	65...220,
Na ₂ SnO ₃	-	0,2...0,5.

Процес проводять при 18...25 С. Катодна густина струму 0,5...4 А/дм². Вихід за струмом 96...98%.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Таблиця 1.2 Порівняльна характеристика електролітів цинкування

Властивості електролітів	Оцінкова шкала	Ціанідні	Цинкатні	Прості	Аміакатні
Позитивні					
Розсіювальна здатність	10	10	8	2	7
Вихід за струмом	5	4	3	5	5
Гранично допустима концентрація	5	3	1	5	5
Здатність крити сталь	3	1	1	3	3
Невибагливість в підготовці поверхні	10	10	5	2	2
Стійкість до температури	5	5	2	2	2
Легкість очищення	5	3	5	2	2
Сума		36	25	21	26
Негативні					
Агресивність до сталі	-5	-1	0	-5	-5
Токсичність	-5	-5	-1	-1	-1
Затрати на нейтралізацію	-10	-10	-1	-1	-2
Воднева крихкість	-5	-5	-3	-1	-1
Вартість експлуатації	-3	-3	-1	-1	-2
Сума		-24	-6	-9	-11
Загальна сумарна оцінка		12	19	12	15

Можливі види браку , їх причини та методи усунення при цинкуванні із цинкатного електроліту подано у вигляді таблиці(табл. 1.3).

Таблиця 1.3 Брак і дефекти при цинкуванні із цинкатного електроліту

Характеристика дефектів	Причини дефектів	Методи усунення
1	2	3
Низька швидкість утворення покриття, сильне газовиділення на катоді, крихкість осаду.	1) Підвищений вміст цинку по відношенню до лугу в розчині 2) Пасивація анодів	1) Довести вміст лугу і цинку в електроліті до співвідношення 9...1, 10...1; збільшити площу анодів 2) Зачистити аноди металевою щіткою, збільшити анодну площу.
Темне покриття	1) Невідповідність між вмістом лугу і цинку в електроліті 2) Потрапляння солей важких металів	1) Довести вміст лугу і цинку в електроліті до співвідношення 9...1 2) Пропрацювати електроліт струмом на «випадкових катодах»

Продовження таблиці 1.3

1	2	3
Зниження концентрації цинку в електроліті	1)Недостатня площа анодів 2)Низька концентрація лугу в електроліті	1)Збільшити кількості анодів 2)Довести концентрацію лугу в електроліті до рецептурного значення
Збільшення концентрації цинку в електроліті	Велика анодна площа	Зменшити число анодів, замінити частину цинкових анодів сталевими.
Значне газовиділення на катоді, чорні плями на деталях, непокриті ділянки	Потрапляння хрому в електроліт	Пропрацювати електроліт струмом на «випадкових катодах».
Помутніння електроліту	Багато карбонатів(>80 г/л) в електроліті	Охолодити електроліт до 5-10 °С, витримати при цій температурі 24-48 годин, потім відфільтрувати

Аноди – листові, марки Ц0, мають розміри 0,01×0,1×1м.

1.1.7 Розрахунок середньої товщини покриття та часу обробки поверхні деталей

Середню товщину покриття δ_n , знайдемо за формулою:

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

де $\delta = 9$ мкм – задана товщина покриття, мкм; $\delta_{zn}=0$ – товщина покриття, яка знімається при наступній хімічній або механічній обробці, мкм; k – коефіцієнт, що враховує нерівномірність покриття, залежить від розсіювальної здатності електроліту і знаходиться в межах 1,1...1,4. Так як деталь не складно профільна, прийmemo рівним 1,1.

$$\delta_n = 9 \cdot 1,1 + 0 = 10 \text{ мкм},$$

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

$$\tau = \tau_m + \tau_{об}$$

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

де τ_m - технологічний час (час обробки деталей у ванні) за формулою:

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

Тоді

$$\tau_m = \frac{10 \cdot 7,133 \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{0,95 \cdot 1,22 \cdot 2} = 18,5 \text{ хв},$$

де $\delta_n = 10 \text{ мкм}$ – товщина покриття;

$d_m = 7,133 \text{ г/см}^3$ – густина металу покриття [10];

$B_c = 0,95$ – катодний вихід за струмом [1];

$k_{e/x} = 1,22 \text{ г/(А·год)}$ – електрохімічний еквівалент [9];

$i_k = 2 \text{ А/дм}^2$ – середня катодна густина струму [1];

$\tau_{од} = 1,5 \text{ хв}$ – час обробки деталей

$$\tau = 18,5 + 1,5 = 20 \text{ хв}.$$

1.1.8 Вибір завершальних операцій

Промивання у ванні уловлювання

Промити в непроточній воді з метою уловлювання електроліту цинкування. Цей розчин використовувати для поповнення ванни цинкування [6].

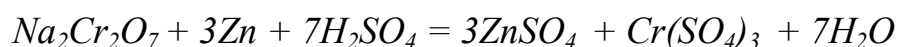
Пасивація

В атмосфері підвищеної вологості і перемінної температури цинк досить швидко піддається корозійній руйнації, покриваючись оксидами і солями цинку. Для захисту від корозії і збереження зовнішнього вигляду оцинкованих виробів під час збереження або транспортування їх безпосередньо після нанесення покриття і промивання піддають хімічній обробці зануренням на декілька секунд в розчини, що пасивують. Для цього застосовують розчини хромової кислоти та її солі з добавками сульфатної та нітратної кислот або хлориду натрію. При цій обробці відбувається утворення нерозчинних сполук хрому 3- та 6-валентного (переважно оксидів), також можливе часткове розчинення цинку із утворення

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

хроматів цинку. Товщина плівки досягає 0,5 мкм. Хроматні плівки не допускають нагріву їх до температури 62 С, так як при цьому відбувається дегідратація, внаслідок чого зменшуються захисні властивості плівок.

При пасивуванні в хроматних розчинах відбувається окиснення цинку:



Одночасно в розчині відбувається гідроліз $Cr_2(SO_4)_3$ і утворення гідроксиду хрому, а також основних хроматів, що виділяються на поверхні металу у вигляді тонкої плівки нерозчинних сполук загальної формули $Cr_2O_3 \cdot CrO_3 \cdot H_2O$. Співвідношення тривалентного і шестивалентного хрому в плівці після її утворення коливається приблизно від 1,5:1 до 3:1 залежить від тривалості обробки. Крім Cr_2O_3 і CrO_3 у плівці на поверхні цинку присутні в невеликій кількості іони цинку, SO_4^{2-} або комплексні сполуки сульфатів, а також H_2O . Вміст в плівці цинку і сульфатів стосовно загальної кількості хрому знаходиться в такому співвідношенні $Cr_{\text{заг.}} : Zn : SO_4^{2-} = 17,2 : 1 : 1,8$

Високими захисними властивостями характеризуються пасивні плівки, отримані в підкисленому сульфатною кислотою (7...10 мл/дм³, густина 1,84 г/см³) біхроматному розчині при кімнатній температурі протягом 5-10 с. У цих умовах товщина цинкового покриття зменшується на 0,2-0,3 мкм. У розчині хромової кислоти, що містить крім сульфатної кислоти нітратну, втрати цинку значно більші - до 1 мкм.

Хроматна плівка, що утворилася, покращує антикорозійні властивості цинкового покриття. Завдяки високій пористості, яку мають пасиваційні плівки, вони істотно покращують адгезійні властивості оцинкованої поверхні, полегшуючи тим самим нанесення на них барв і лаків.

Операції пасивації зазвичай передують освітлення. В результаті цієї операції цинкове покриття набуває більш світлого відтінку. Ці операції можна проводити в одній гальванічній ванні, за умови застосування спеціальних розчинів. Склад розчину наведений далі.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Розчин для освітлення та хроматування:

CrO_3	-	10...15 г/л,
HNO_3	-	3...7 г/л,
Na_2SO_4	-	10...15 г/л,

Час хроматування у даній композиції: 30...90 с. Температура : 25...38 °С.
рН 2...2,2 [8].

Промивання

Після кожної операції підготовки і нанесення гальванічного покриття деталі слід ретельно промивати, особливу увагу приділяти тому, щоб у гальванічну ванну не потрапляли засоби для травлення, активації та знежирення. Вода повинна бути як можна менш жорсткою, її потрібно весь час замінювати. Переважно використовується проточна вода. Промивання здійснюється протягом 1...3 хв.

Після знежирення деталі промивають гарячою водою. Добре знежирена поверхня повинна рівномірно вкриватися водою.

Після травлення перед завантаженням у ванну деталі не слід промивати гарячою водою, так як при цьому поверхня деталей швидко висихає. В даному випадку це не бажано, так як тонка плівка вологи заважає контакту метала із киснем повітря, захищаючи його від окиснення.

Деталі із нанесеним покриттям промивають в проточній холодній воді, після пасивації в гарячій з використанням двоступінчатого промивання, чим полегшується сушка.

Відповідно до вище сказаного обираємо наступні операції промивки:

- 1) Після електрохімічного та хімічного знежирення проводять промивання в теплій проточній воді.
- 2) Після травлення проводять промивання в холодній проточній воді.
- 3) Після цинкування промивають холодною проточною водою.
- 4) Після пасивації використовують каскадну двоступеневу промивання холодною водою.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Сушіння

Перед тим, як деталі зійдуть із лінії, їх необхідно просушити. Це здійснюється для того, щоб при подальшому використанні не відбувалося корозійне руйнування внаслідок значної вологості самих же деталей. Процес ведеться при температурі до 60 °. Це пояснюється тим, що при більш високих температурах пасивна хроматна плівка швидше руйнується. Час сушіння 5...10 хв .

Враховуючи вище перелічені операції, складено технологічну карту, яка наведена в додатку А.

1.1.9 Контроль якості гальванічного покриття. Видалення недоброякісних покриттів

Якість покриття повинна відповідати вимогам ГОСТ 9.301-86.

Якість покриття багато в чому залежить від якості металу основи, тому контролю підлягають і покриття, і основний метал. При контролі основного металу перед покриттям визначають шорсткість поверхні, а також установлюють, чи є на ньому дефекти. Якість цинкових покриттів визначають по таким основним параметрам: зовнішній вигляд, товщина покриття, міцність зчеплення. Пористість даного виду покриттів зазвичай не контролюється, так як вона, враховуючи анодний характер захисту, не регламентується.

Контроль по зовнішньому вигляду

Контроль проводиться на 100 % деталей неозброєним оком у добре освітлюваному приміщенні на відстані 25 см від контрольованої поверхні.

По зовнішньому вигляду:

- покриття, отримані з електроліту цинкування - від світло сірого із блакитним відливом (при безбарвній пасивації) до темно сірого;
- на поверхні основного металу можуть бути: сліди від механічної обробки прокату й інші відхилення допускаються стандартами або технічними

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

умовами на основний метал, плями й темні смуги у важкодоступних для зачищення отворах;

— на поверхні деталі, покритої необхідним покриттям не є браком такі ознаки: нерівномірність кольору й блиску, сліди від патьоків води й розчинів хромових і фосфатних солей, «освітлення», що утворилися при контролі вимірювальними інструментами й пристосуваннями.

Відбракуванню підлягають деталі, що мають такі дефекти покриття: непокриті ділянки поверхні, шереховатість, що перевищує допустимі норми, відшарування покриття у вигляді вздуттів або частинок покриття, що осипаються, піттинг, брудні сліди води, темно-коричневий колір пасивної плівки [1].

Для контролю товщини покриття відбирають від кожної партії від 0,1 до 10% деталей, але не менш 3 шт, за винятком арбітражного контролю товщини покриття металографічним методом, що може бути проведений на одній деталі з партії [2].

Товщина покриття повинна відповідати конструкторській документації. В отворах і порах, на внутрішніх поверхнях товщина покриття може зменшуватися на 50%.

Контроль товщини покриття

Товщина визначається за допомогою товщиномірів — приладів, що призначені для вимірювання товщини немагнітних гальванічних покриттів на феромагнітній основі без руйнування покриття. Товщиноміри працюють за одним із двох принципів: відриву магніту або вимірювання магнітної(електромагнітної) індукції.

В приладах, принцип дії яких у визначені сили відриву магніту, використовують постійний магніт, калібровану пружину і проградуйовану шкалу. Між магнітом і сталеною основою виникає притягання. Покриття послаблює його. Зі зростанням товщини покриття стає легше відірвати магніт. Товщина покриття визначається вимірюванням цього зусилля відриву.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прилади, що працюють за іншим принципом, вимірюють зміну магнітної індукції біля поверхні магнітного перетворювача при його приближенні до сталевій поверхні. Величина магнітної індукції безпосередньо залежить від відстані до сталевій підложки. Тому, вимірюючи магнітну індукцію, можна визначати товщину покриття.

Запропоновано використовувати товщиномір компанії DeFelsko типу PosiPen (модель у формі олівця), що ґрунтується на принципі відриву магніту. Його перевагами є простота у використанні, компактність та можливість вимірювання товщини покриття у важкодоступних місцях.

Контроль міцності зчеплення

Для контролю пористості покриття відбирають для кожної партії від 0,1 до 10% деталей, але не менш 3 шт.

Метод нанесення сітки подряпин застосовується для визначення міцності зчеплення покриттів товщиною не більше 20 мкм. На поверхню наносять 4 - 6 паралельних ліній сталевим вістрям до основного металу на відстані 2 - 3 мм один від одного й 4 - 6 перпендикулярних їм паралельних ліній. На поверхні не повинне спостерігатися відшаровування.

При застосуванні методу опиловки зразок з покриттям затискають у лещата й обпилюють по зрізі напилком з набором дрібних зубів. Обпилювання роблять у напрямку основного металу до покриття під кутом 45°. При цьому не повинне спостерігатися відшаровування покриття. Метод застосовується для деталей з покриттям товщиною більше 5 мкм.

1.1.10 Видалення неякісного покриття

Видалення дефектного покриття із поверхні *виробів* може бути здійснено розчиненням у 5-10% хлоридній кислоті або сульфатній кислоті при кімнатній температурі. Щоб зменшити ступінь розчинення сталі, в розчин додають невелику кількість оксиду сурьми або хлориду сурьми (3-5 г/л). Для розчинення цинку можна використати також 10-15% розчин лугу.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		31

1.2 Вибір і розрахунки обладнання для нанесення гальванічних покриттів

1.2.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання

Час роботи обладнання, яке проектується, визначається режимом роботи підприємства, технологічною схемою процесу та особливостями технологічного обладнання.

Номінальний річний фонд часу роботи обладнання T_n при перервному виробництві розраховують з кількості календарних днів у році (365) за вирахуванням вихідних (104) і святкових (10) днів, при п'ятиденному робочому тижні тривалістю 40 год. і двозмінній роботі складає приблизно:

$$T_n = [(365 - (104 + 10) \cdot 40 / 5 - 6)] \cdot 2 = 4004 \text{ год}$$

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

$$T_o = T_n - K_{np} \cdot T_n = 4004 - 0,05 \cdot 4004 = 3804 \text{ год}$$

1.2.2 Визначення виробничої програми обладнання

Для визначення річної виробничої програми P_p річне виробниче завдання P_z необхідно збільшити на величину виправного браку виробів, який складає зазвичай 0,5...3 % ($K_{бр} = 0,005$) від P_z в одиницях, які прийняті для даного виду продукції (квадратні метри площі, штуки, кілограми ваги деталей):

$$P_p = P_z + K_{бр} \cdot P_z;$$

$$P_p = 22000 + 0,005 \cdot 22000 = 22110 \frac{\text{м}^2}{\text{рік}}.$$

Добова виробнича програма $P_{\text{доб}}$, $\left(\frac{\text{м}^2}{\text{добу}} \right)$ складає:

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		32

$$P_{\text{доб}} = \frac{P_p}{T_{\text{доб}}},$$

$$P_{\text{доб}} = \frac{22110}{251} = 88 \frac{\text{м}^2}{\text{добу}}.$$

Годинна виробнича програма $P_r, \left(\frac{\text{м}^2}{\text{год}} \right)$ визначається як

$$P_z = \frac{P_p}{T_d};$$

$$P_z = \frac{22110}{3804} = 6.$$

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

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

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

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

$$n = \frac{3804 \cdot 60}{20 \cdot 1,05} = 10869 \text{ завантажень}$$

Тоді разове завантаження усіх ванн $Y_c, \text{ м}^2$:

$$Y_c = \frac{P_p}{n} = \frac{22110}{10869} = 1,94 \text{ м}^2.$$

Після цього, у залежності від розмірів деталей, які передбачається обробляти, і наявного гальванічного обладнання, встановленого в цеху, розраховують кількість обладнання та його габаритні розміри.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перерахунок діючого обладнання

Метою цього розрахунку є встановлення можливості виконання річного виробничого завдання на існуючому обладнанні, визначення величини одночасного завантаження у ванну та необхідної кількості ванн.

Вибираємо ванну з такими розмірами:

$L=2500$ мм – довжина ванни;

$B=500$ мм – ширина ванни;

$H=1000$ мм – висота ванни;

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

$$l_n = l - 2l_1$$

$$l_n = 2,5 - 2 \cdot 0,15 = 2,3 \text{ м}$$

де l – внутрішня довжина ванни – 2,5 м; l_1 – відстань від краю підвіски до борта ванни (приймають у межах 0,10...0,15 м).

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

$$h_n = 1 - 0,15 - 0,05 - 0,15 = 0,65 \text{ м}$$

де h – внутрішня висота ванни – 1, м; h_1 – відстань від дна ванни до нижнього краю підвіски, $h_1 = 0,15$, м; h_2 – відстань від верхнього краю підвіски до дзеркала електроліту (приймаємо 0,05 м); h_3 – відстань від дзеркала електроліту до верхнього краю ванни, $h_3 = 0,15$ м.

Визначивши габаритні розміри підвіски і знаючи габаритні розміри деталей ($S_{\text{дет.}} = 0,01 \text{ м}^2$) визначають кількість деталей n_d , яку можна закріпити на одну підвіску (між деталями необхідно передбачити невеликі зазори, деталі не повинні екранувати одна одну).

$$n_d = 4 \cdot 30 = 120 \text{ шт}$$

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

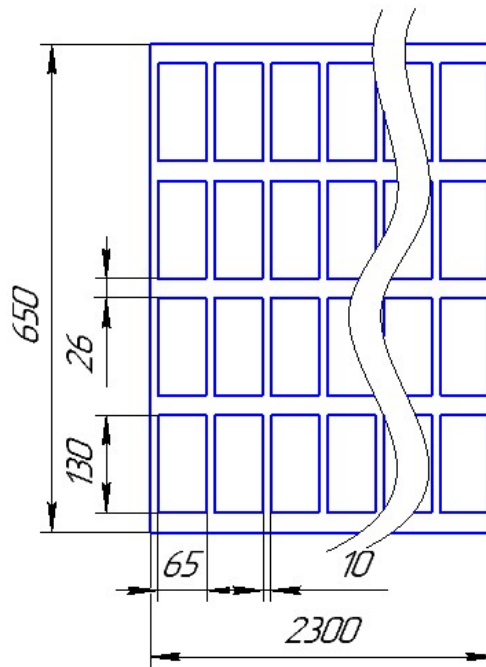


Рис.1.2.Ескіз деталей на підвісці

Розраховують сумарну поверхню деталей S_n , які завантажують на одну підвіску (m^2):

$$S_n = S_d \cdot n_d$$

$$S_n = 0,01 \times 120 = 1,2 \text{ } m^2,$$

де S_d – поверхня однієї деталі $0,01 \text{ } m^2$;

n_d – кількість деталей на підвісці 120.

Визначають поверхню одноразового завантаження у ванну S_{03} , m^2 :

$$S_{03} = S_n \cdot N_n$$

$$S_{03} = 1,2 \cdot 1 = 1,2 \text{ } m^2,$$

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

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

$$l_{a-k} = \frac{B - B_n - 2B_a - 2B_1}{2}$$

$$l_{a-k} = \frac{0,5 - 0,03 - 2 \cdot 0,01 - 2 \cdot 0,1}{2} = 0,125 \text{ м},$$

де B – внутрішня ширина ванни, 0,8 м; B_n – товщина підвіски з деталями, 0,03 м; B_a – товщина анодів, 0,01 м; B_1 – відстань між анодом і боковою стінкою ванни, приймаємо 0,1 м.

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

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

$$n_B = \frac{1,94}{1,2} = 1,6 \approx 2 \text{ ванни}$$

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

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

$$P_p' = 1,2 \cdot 2 \cdot 10869 = 26086 \text{ м}^2 / \text{рік}.$$

та коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_{зав} = \frac{P_p}{P_p'}$$

$$K_{зав} = \frac{22110}{26086} = 0,85$$

1.3 Технологічні розрахунки

1.3.1 Баланс струму на гальванічній ванні

Розрахунок сили струму на ванні необхідний для подальшого вибору джерела живлення постійним струмом. Сила струму I , A на однопозиційній ванні

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

визначається як добуток величини технологічної густини струму на катоді I_k , A/m^2 на площу деталей одноразового завантаження S_{03} , m^2 :

$$I = K \cdot i_k \cdot S_{03},$$

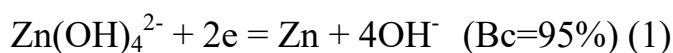
де коефіцієнт K враховує втрати електрики на осадження металу на контактах підвісного пристрою, вибирають його у межах $K = 1,03 \dots 1,15$, прийmemo $K=1,1$.

Сила струму на ванні цинкування:

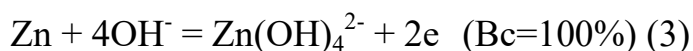
$$I = 1,1 \cdot 200 \cdot 1,2 = 264 A$$

На електродах протікають наступні електрохімічні процеси:

Катод:



Анод:



Сила струму, яка витрачається на реакції що протікає на катоді:

$$I = \frac{I \cdot B_c}{100}, A.$$

Витрати струму на основну реакцію:

$$I_1 = \frac{264 \cdot 95}{100} = 250,8 A$$

На побічну реакцію:

$$I_2 = \frac{264 \cdot 5}{100} = 13,2 A$$

На анодний процес:

$$I_3 = \frac{264 \cdot 100}{100} = 264 A$$

Результати розрахунків наведено у таблицю 1.4.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Таблиця 1.5. Баланс кількості електрики ванни цинкування на одну годину роботи.

Надходження	Q, А·год	%	Витрати	Q, А·год	%
На катоді: Від зовнішнього джерела струму	264	100	Виділення Zn Виділення H ₂	250,8 13,2	95 5
Разом	264	100	Разом	264	100
На аноді: Від зовнішнього джерела струму	264	100	Розчинення Zn	264	100
Разом	264	100	Разом	264	100

1.3.2 Баланс напруги на гальванічній ванні

Робоча напруга при заданій густині струму U_i є однією із основних енергетичних характеристик ванни. Вона визначає мінімальну величину напруги на джерелі струму U_{dc} , яке обслуговує ванну. Знаючи величину струму і напругу на джерелі струму, визначають електричну потужність, яка витрачається на електроліз [9].

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_I та в контактах ΔU_k :

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

$i_k=200, \text{ А/м}^2$ – середня катодна густина струму;

$i_a=100 \text{ А/м}^2$ – середня анодна густина струму (приймається, що $i_a=200/2=100 \text{ А/м}^2$)

$E_a= -1,13$ – потенціал анода [9];

$E_k= - 1,35$ – потенціал катода [9];

$\chi = 6 \text{ См / м}$ – питома електропровідність електроліту [8];

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$l_{a-k} = 0,1 \text{ м}$ – відстань між анодом і краєм підвіски з деталями.

Різниця потенціалів:

$$E_a - E_k = -1,13 - (-1,35) = 0,22 \text{ В}$$

При середній густині струму, яка проходить через електроліт:

$$i_{cp} = \sqrt{200 \cdot 100} = 141,4 \frac{\text{А}}{\text{м}^2}$$

падіння напруги в електроліті становитиме:

$$\Delta U_{om} = \frac{K \cdot i_{cp} \cdot l_{a-k}}{\chi} = \frac{1,1 \cdot 141,4 \cdot 0,125}{6} = 3,2 .$$

Тоді напруга на ванні

$$U = (E_a - E_k + \Delta U_{om}) / 0,9 = (0,22 + 3,2) / 0,9 = 3,8 \text{ В} .$$

Сума падіння напруги на електродах, провідниках і контактах ванни:

$$\Delta U_l + \Delta U_k = 0,1 \cdot U = 0,1 \cdot 3,8 = 0,38 \text{ В}$$

Мінімальна напруга джерела струму для ванни цинкування:

$$U_{dc} = 1,1 \cdot U = 1,1 \cdot 3,8 = 4,2 \text{ В}$$

Баланс напруги на ванні цинкування наведено у таблиці 1.6.

Таблиця 1.6. Баланс напруги на ванні цинкування

Надходження	U, В	%	Витрати	U, В	%
Напруга на ванні	3,8	100	Різниця потенціалів під струмом $E_a - E_k$	0,22	8,5
			Падіння напруги в електроліті ΔU_{om}	3,2	81,5
			Падіння напруги в електродах, контактах і провідниках $\Delta U_l + \Delta U_k$	0,38	10
Разом	3,8	100	Разом	3,8	100

1.3.3 Вибір джерела струму для гальванічної ванни

Джерело постійного струму вибирають, виходячи із сили струму і напруги на ванні із урахуванням падіння напруги в шинопроводах. Коли для нанесення

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

гальванічного покриття передбачається використовувати декілька ванн, то для кожної ванни вибирають окремий випрямний агрегат.

Виходячи із сили струму і напруги на ванні, було вибрано джерела постійного струму, серії ТЕ1-400/12Т, яке має наступні характеристики:

- номінальна напруга – 12 В;
- номінальний струм – 400 А.

Для вибраного випрямного агрегату визначають коефіцієнт завантаження:

$$K = \frac{N_{dc}}{N_{насп}} = \frac{1}{4,8} = 0,21$$

де N_{dc} – потужність, необхідна для виконання завданої програми,

$$N_{dc} = U \cdot I \cdot 10^{-3} = 3,8 \cdot 264 \cdot 10^{-3} = 1 \text{ кВт};$$

$$N_{насп} = \frac{400 \cdot 12}{1000} = 4,8 \text{ кВт} - \text{паспортна потужність вибраного агрегату.}$$

1.3.4 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) $W_{дж}$

$$W_{заг} = W_{хім} + W_{дж}.$$

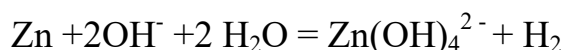
Визначаємо кількість джоулевої теплоти і складаємо баланс енергії на одну годину роботи ванни цинкування при таких умовах: сила струму $I = 264 \text{ А}$; напруга на ванні $U = 3,8 \text{ В}$; вихід за струмом для цинку $B_c = 95\%$, виділення водню $B_c = 5\%$.

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

$$W_{заг} = U \cdot I \cdot \tau \cdot 3600 \cdot 10^{-3} = 3,8 \cdot 264 \cdot \frac{20}{60} \cdot 3600 \cdot 10^{-3} = 1204 \text{ кДж},$$

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

Сумарна реакція з якої розраховуємо ΔH і $W_{хім}$:



					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Оскільки реакція протікає не самочинно, а під дією зовнішньої поляризації
то

$$\Delta H = \Delta H_{Zn} + 2 \cdot \Delta H_{OH^-} + 2 \cdot \Delta H_{H_2O} - \Delta H_{Zn(OH)_4^{2-}} - \Delta H_{H_2}$$

$$\Delta H = 0 + 2 \cdot (-54,96) + 2(-68,315) - (-205,74) - 0 = -452,3 \text{ кДж}$$

$$w_{дж} = 3,6 \cdot I \cdot \tau \left(U + \frac{\Delta H \cdot Bc}{z \cdot F} \right) = 3,8 \cdot 264 \cdot \frac{20}{60} \left(3,1 + \frac{-452,3 \cdot 0,05}{2 \cdot 96,5} \right) = 996,5 \text{ кДж}$$

$$w_{xim} = w_{заг} - w_{дж} = 1204 - 996,5 = 207,5 \text{ кДж}$$

Баланс енергії ванни цинкування наведено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6. Баланс енергії на ванні цинкування

Надходження	кДж	%	Витрати	кДж	%
Електрична енергія від джерела струму	1204	100	Джоулева теплота	996,5	73
			Хімічна енергія	207,5	17
Разом	1204	100	Разом	1204	100

1.3.5 Тепловий розрахунок для гальванічних ванн

Під час нанесення гальванічних покриттів виділяється значна кількість джоулевої теплоти, що може призвести до розігріву електроліту за межі допустимої температури. Метою розрахунку є визначення максимально можливої температури, до якої може розігрітися ванна за одну годину роботи. При цьому допускається, що вся джоулева теплота витрачається тільки на розігрів ванни і не втрачається у навколишнє середовище.

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

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

де $C_1 = 3920 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$ – теплоємність електроліту [10]

$d_1 = 1130 \text{ кг/м}^3$ – густина електроліту [10];

V_1 – об'єм електроліту, м^3 ;

$C_2 = 1700 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$ – теплоємність корпусу ванни [10];

$m_2 = 200 \text{ кг}$ – маса ванни;

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		41

C_3 – теплоємність анодів;

m_3 – маса анодів, кг.

$$V_1 = K_{\text{зап}} \cdot V_{\text{ванни}} = 0,8 \cdot (0,5 \cdot 1 \cdot 2,5) = 1 \text{ м}^3;$$

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

$$m_3 = \rho_a \cdot V_a$$

Довжина та висота аноду вибирається таким чином, щоб їх добуток був приблизно рівним площі одноразового завантаження деталей, помноженій на 2, а співвідношення - рівним співвідношенню довжини до висоти підвісного пристрою. Робоча площа аноду складає $2,4 \text{ м}^2$, об'єм – $0,024 \text{ м}^3$.

$$m_3 = 7180 \cdot 0,024 = 172 \text{ кг} - \text{маса анодів у ванні};$$

$C_3 = 385,2 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$ – теплоємність матеріалу анода;

$$t_k^\circ = 20 + \frac{996500}{1 \cdot 3920 \cdot 1130 + 1700 \cdot 200 + 385,2 \cdot 172} = 20,2^\circ \text{C}.$$

Виходячи з розрахунків, розігрів електроліту практично не відбувається, тому охолодження не потребується.

1.3.7 Розрахунок витрат матеріалів

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

Розрахунок витрат анодів

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

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

де $n_a = 2$ – кількість анодних штанг у ванні;

$d_a = 7180 \text{ кг/м}^3$ – густина матеріалу анодів;

$V_a = 0,024 \text{ м}^3$ – об'єм анодів;

$n_B = 2$ – кількість ванн даного типу.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$G_{аз} = 2 \cdot 0,024 \cdot 7180 = 344 \text{ кг}$$

Витрати нерозчинних анодів на виконання річної виробничої програми.

Витрати розчинних анодів G_{AP} , кг, визначають за формулою:

$$G_{AP} = S \cdot A_p \cdot \delta_n$$

де $S = 22110 \text{ м}^2$ – сумарна площа поверхні нанесеного покриття при виконанні річної програми; $\delta_n = 10 \text{ мкм}$ – товщина покриття; A_p – норма витрат розчинних анодів для нанесення покриття товщиною один мікрометр, кг/м^2 .

Величину A_p визначають, виходячи із чистої маси покриття, технологічних витрат анодного матеріалу та відходів, кг/м^2 :

$$A_p = d_m (1 + 0,06) \cdot 10^{-6} = 7180 \cdot (1 + 0,06) \cdot 10^{-6} = 7,61 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^2,$$

де d_m – густина металу покриття, кг/м^3 , тоді:

$$G_{AP} = 22110 \cdot 7,61 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 1982,6 \text{ кг}.$$

Розрахунок витрат хімічних реактивів

Витрати хімічних реактивів на початковий запуск обладнання

Витрати кожного компонента електроліту G_i (кг) визначається за формулою:

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

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

$V_B = 1,25 \text{ м}^3$ – об'єм ванни;

$K_{зан} = 0,8$ – коефіцієнт заповнення ванни [5];

$n_B = 2$ – кількість ванн даного типу.

$C_{ZnO} = 10 \text{ кг/м}^3$;

$C_{NaOH} = 220 \text{ кг/м}^3$;

$C_{Na_2SnO_3} = 0,5 \text{ кг/м}^3$

$$G_{ZnO} = 10 \cdot 1,25 \cdot 0,8 \cdot 2 = 20 \text{ кг};$$

$$G_{NaOH} = 220 \cdot 1,25 \cdot 0,8 \cdot 2 = 440 \text{ кг};$$

$$G_{Na_2SnO_3} = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 0,8 \cdot 2 = 1 \text{ кг}$$

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Витрати хімічних реактивів на виконання річної виробничої програми

Розрахунок витрат кожного компонента здійснюється за формулою:

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

де $V_{BT}, \text{ м}^3$ – сумарний об'єм електроліту, який вноситься із ванни при виконанні річної виробничої програми.

Величину $V_{BT}, \text{ м}^3$ можна визначити як:

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

де $S = 22110 \text{ м}^2$ – сумарна поверхня деталей, яка обробляється за рік;

1,15 – враховує площу занурюваної частини підвісок;

$A_e = 0,35 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^3$ – норма витрат електроліту, який вноситься з деталями.

$$V_{BT} = 1,15 \cdot 22110 \cdot 0,35 \cdot 10^{-3} = 8,9 \text{ м}^3,$$

$$G_{ZnO} = 10 \cdot 8,9 = 89 \text{ кг};$$

$$G_{NaOH} = 220 \cdot 8,9 = 1958 \text{ кг};$$

$$G_{Na_2SnO_3} = 0,5 \cdot 8,9 = 4,45 \text{ кг}$$

Розрахунок витрат води

При виконанні річної виробничої програми вода витрачається на приготування електролітів та розчинів, на розкладання внаслідок електролізу, на випарування з поверхні електроліту, на промивні операції.

Витрати води на приготування електроліту

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

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

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

$V_{заг}$ – сумарні витрати електроліту на виконання річної виробничої програми, м^3 .

Величину C_{H_2O} можна визначити за формулою:

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

де $d_{ел} = 1210 \text{ кг}/\text{м}^3$ – густина електроліту [10];

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$C_1, C_2, \dots, C_n$ – вміст компонентів в електроліті, $\text{кг} / \text{м}^3$.

$$C_{\text{ZnO}} = 10 \text{ кг} / \text{м}^3;$$

$$C_{\text{NaOH}} = 220 \text{ кг} / \text{м}^3;$$

$$C_{\text{Na}_2\text{SnO}_3} = 0,5 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$C_{\text{H}_2\text{O}} = 1210 - (10 + 220 + 0,5) = 979,5 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

Сумарні витрати електроліту знаходять за формулою:

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

де $V_B = 1,25 \text{ м}^3$ – об'єм ванни

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

$n_B = 2$ – кількість ванн даного типу;

$V_{\text{БТ}} = 8,9 \text{ м}^3$ – об'єм електроліту, винесеного деталями.

$$V_{\text{заг}} = 1,25 \cdot 0,8 \cdot 2 + 8,9 = 10,9 \text{ м}^3.$$

Тоді:

$$G'_{\text{H}_2\text{O}} = 979,5 \cdot 10,9 = 10676,55 \text{ кг}.$$

Витрати води на розкладання при електролізі

Витрати води на розкладання $C''_{\text{H}_2\text{O}}$ (кг), розраховується за формулою:

$$C''_{\text{H}_2\text{O}} = I \cdot \frac{18 \cdot T_0 \cdot B'_c}{2 \cdot 26,8} \cdot 10^{-5} \cdot n_e,$$

де B'_c – вихід за струмом для побічного процесу розкладання води, %.

$$G''_{\text{H}_2\text{O}} = 264 \cdot \frac{18 \cdot 3804 \cdot 0,05}{2 \cdot 26,8} \cdot 10^{-5} \cdot 2 = 0,34 \text{ кг}.$$

Витрати води на винесення із газами

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

$$C'''_{\text{H}_2\text{O}} = C'_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V'_e \cdot n_e,$$

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

V'_e – загальний об'єм вологого газу, який виділяється за температури електролізу, м^3 .

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

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C'_{H_2O} = 0,805 \cdot \frac{P_{H_2O}}{P_0 - P_{H_2O}},$$

де $P_{H_2O}=2,335 \text{ кПа}$ – парціальний тиск парів води за температури електролізу [10];

$P_0 = 101,308 \text{ кПа}$ – загальний тиск парогазової суміші.

$$C'_{H_2O} = 0,805 \cdot \frac{2,335}{101,308 - 2,335} = 0,02 \text{ кг / м}^3$$

Для визначення величини V_z^t спочатку визначають об'єми водню і кисню, приведені до нормальних умов:

$$V_{H_2}^0 = 0,418 \cdot I \cdot T_0 \cdot B_c' \cdot 10^{-5} = 0,418 \cdot 264 \cdot 3804 \cdot 0,05 \cdot 10^{-5} = 0,21 \text{ м}^3,$$

і сумарний об'єм приведених до нормальних умов газів:

$$V_z^0 = V_H^0 = 0,21.$$

Об'єм вологого газу за температури електролізу:

$$V_z^t = \frac{V_z^0 \cdot 1013 \cdot (273 + t_{el})}{273 \cdot (P_0 - P_{H_2O})},$$

де $t_{el}=20 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура електролізу,

тоді:

$$V_{\Gamma}^t = \frac{0,21 \cdot 1013 \cdot (273 + 20)}{273 \cdot (1013,08 - 23,35)} = 0,23 \text{ м}^3$$

$$C'''_{H_2O} = 0,02 \cdot 0,23 \cdot 2 = 0,092 \text{ кг}.$$

Витрати води на випаровування з поверхні електроліту

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

$$C_{H_2O}^{IV} = \frac{45,6 \cdot K_B \cdot S_e \cdot (P_{H_2O} - P_n) \cdot T_0 \cdot n_B}{P_0},$$

де 45,6 – коефіцієнт пропорційності, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$;

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

$S_B = 1,25 \text{ м}^2$ – поверхня дзеркала електроліту;

$n_B = 2$ – кількість ванн даного типу;

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

P_n – парціальний тиск водяної пари за температури та вологості навколишнього середовища, $Па$.

Величину P_n визначають за формулою:

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

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

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

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

тоді:

$$C_{H_2O}^{IV} = \frac{45,6 \cdot 0,86 \cdot 1,25 \cdot (23,35 - 16,36) \cdot 3804 \cdot 2}{1013,08} = 2522 \text{ кг}.$$

Витрати води на промивні операції

У технологічному процесі підготовки поверхні і нанесення гальванічного покриття недостатнє промивання деталей може бути причиною поганого зчеплення покриття з основним металом, появою на покритті плям та інших видів браку. З іншого боку, екологічні та економічні проблеми вимагають раціонального використання водних ресурсів.

Витрати води на промивання деталей у значній мірі залежить від кількості ступенів промивання. При триступеневому промиванні способом занурення, погодинну витрату води ${}_3V_{год}$ визначають за формулою:

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

де $A_e = 0,35 \cdot \text{м}^3 / \text{м}^3$ – норми виносу розчину із ванни поверхнею деталей;

$P_e = 6 \text{ м}^2 / \text{год}$ – годинна виробнича програма ванни;

K – критерій остаточного промивання деталей.

Його визначають за співвідношенням:

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

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

де $C_0 = 8 \text{ г/дм}^3$ – концентрація оксиду цинку у ванні, після якої проводиться промивання, в перерахунку на Zn^{2+}

$C_k = 0,01 \text{ г/дм}^3$ – гранично допустима концентрація основного компонента у воді після промивки,
тоді:

$$K = \frac{8}{0,01} = 800 ;$$

$$V_{\text{год}} = 0,35 \cdot \sqrt{800} \cdot 6 = 59,4 \text{ дм}^3 / \text{год}.$$

Сумарні витрати води на промивку при виконанні виробничої програми визначаються як, дм^3 :

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{год}} \cdot T_0 \cdot 1,5 ,$$

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

$$V_{\text{сум}} = 59,4 \cdot 3804 \cdot 1,5 = 338919,1 \text{ дм}^3.$$

Сумарні витрати води на весь процес електролізу складають:

$$\sum V = 10676,55 + 0,34 + 0,092 + 2522 + 338919,1 = 352118,1 \text{ кг} = 352,2 \text{ м}^3.$$

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

РОЗДІЛ 2 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАЛЬВАНІЧНОГО ПРОЦЕСУ МАТОВОГО ЦИНУВАННЯ

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

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

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

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

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

Таким чином, гальванічні ванни в автоматичній лінії обладнані датчиками та пристроями для контролю та регулювання величин параметрів, що були зазначені вище.

2.1. Аналіз технологічного процесу захисного цинкового покриття як об'єкта автоматизації

Процес нанесення захисного цинкового покриття використовується для надання стальним деталям захисту від корозії.

Для нанесення покриття використовуємо електроліт такого складу (г/л):

ZnO	-	5...50,
NaOH	-	65...220,
Na ₂ SnO ₃	-	0,2...0,5.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-т.	Підпис	Дата		49

Режим:

Температура 18...25⁰С

Сила струму 264 А

Напруга 3,1 В

Час електролізу 20хв.

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

В процесі нанесення захисного цинкового покриття може змінюватись об'єм електроліту при його розбризкуванні, випаровуванні, під час вивантаження деталей та виділенні газів. Саме тому слід автоматично підтримувати постійний рівень електроліту.

В ході електролізу рН електроліту може змінюватись. Значна зміна рН призведе до погіршення якості цинкового покриття. Тому в даному схему включено автоматичне вимірювання та контроль рН [11].

Таким чином на підставі аналізу технологічної схеми, норм технологічного режиму визначаємо необхідний об'єм автоматизації процесу нанесення захисного цинкового покриття, який подано у вигляді таблиці 2.1.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Таблиця 2.1. Параметри регулювання та контролю процесу нанесення захисного цинкового покриття

№ п/п	Назва стадії процесу, місце заміру параметру	Назва параметру, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації
1	Стадія нанесення захисного цинкового покриття, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	температура	18...25 °С	вимірювання, регулювання, реєстрація
2	Стадія цинкування, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	рівень	0,7 м	вимірювання, регулювання, реєстрація
3	Стадія цинкування, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	рН	10...11	вимірювання, регулювання, реєстрація
4	Ванна для нанесення цинкування покриття	Сила струму та напруга	264 А; 3,1 В	контроль

2.2. Опис розробленої схеми автоматизації процесу нанесення захисного цинкового покриття

Для контролю температури в функціональній схемі автоматизації використано термоперетворювач опору (поз.1-1), автоматичний показувальний та реєструвальний вторинний прилад (1-2), регулятор електронний пропорційно-інтегральний (1-3), тиристорний підсилювач для керування електронагрівачем (1-4) та нормувальний перетворювач (1-5).

Для регулювання рівня використано передавальний перетворювач рівня з пневматичним вихідним сигналом (2-1), який призначений для неперервного перетворення значення рівня рідини в пропорційний сигнал дистанційної передачі – пневматичний. Також використано вторинний прилад із дистанційним керуванням (2-2) і регулюючий блок (2-3), як виконавчий механізм застосовано

мембранний пневмопривід (2-4), перетворювач пневмоелектричний (2-5) та перетворювач електропневматичний (2-6).

Рівень в баці з електролітом визначається передавальним перетворювачем рівня з пневматичним вихідним сигналом (3-1), сигналізатором (3-2) та перетворювач пневмоелектричний (3-3).

Для регулювання рН передбачено чутливий елемент рН-метра заглибного виконання (4-1), перетворювач високоомний (4-2), автоматичний показувальний та реєструвальний прилад (4-3), регулятор електронний, пропорційно-інтегральний (4-4), перетворювач електропневматичний (4-5) та пневмопривід мембранний (4-6).

Для контролю сили струму в ванні цинкування передбачений контур 5, який складається з агрегату випрямного (5-1) [12].

Специфікацію на використанні технічні засоби наведено у додатку Б

2.3. Висновки щодо виконання поставлених задач автоматизації

Поставлені в роботі задачі, щодо автоматизації вимірювання, регулювання та реєстрації параметрів, а саме: температури (18...25°C), рівня, рН (10...11) вдалося вирішити шляхом складання схеми автоматизації, яка є основним технічним документом, що визначає функціональну структуру окремих вузлів автоматичного контролю, керування і регулювання технологічного процесу та оснащення об'єкта керування (в даному випадку електролітичної ванни процесу нанесення захисного цинкового покриття) приладами і засобами автоматизації.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІКО – ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

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

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

КВЕД: код 25.61 що включає нанесення цинку на недорогоценні метали.

Мета діяльності: задоволення потреб приладобудівної промисловості усталевих деталях з антикорозійними властивостями.

Основні завдання, які вирішує підприємство:

1. забезпечення споживачів якісною продукцією у відведених часових межах;
2. забезпечення персоналу підприємства заробітною платою, нормальними умовами праці;
3. недопущення збоїв у роботі підприємства (зриву поставки, випуску бракованої продукції, різкого скорочення обсягів виробництва і зниження рентабельності);
4. отримання доходу за рахунок реалізації споживачам виготовленої продукції.

Схема організаційної структури підрозділу хімічного виробництва по гальванічному нанесенні захисного цинку, лінійна структура.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

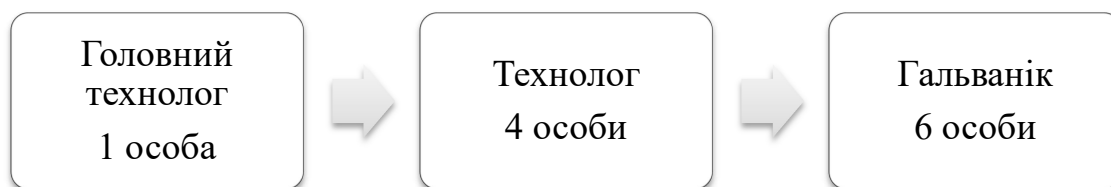


Рис. 3.1. Організаційна структура підрозділу хімічного виробництва по гальванічному нанесенні захисного цинку

3.1 Технологічна підготовка виробництва

Класифікація виробничих процесів підприємства.

Нанесення захисного цинкового покриття на сталеві деталі здійснюється за технологічною схемою, що складається з операцій наведених в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 Класифікація виробничих процесів

Операція	Найменування	Тривалість, хв
1	Монтаж	5
2	Знежирення хімічне	5
3	Промивання тепле	20
4	Промивання холодне	0.25
5	Електрохімічне знежирення	0.5
6	Промивання тепле	0.25
7	Промивання холодне	0.25
8	Травлення хімічне	3
9	Промивання холодне	0.25
10	Активація хімічна	1
11	Промивання холодне	0.25
12	Цинкування електрохімічне	20
13	Промивання холодне	0.25
14	Освітлення і пасивація	0.5
15	Промивання у ванні вловлювання	0.5
16	Промивання тепле	1
17	Промивання холодне	0.25
18	Висушування	0.25
19	Демонтаж	5
Сума		63.5

Визначення оптимального виду руху предметів праці. Річна програма становить 22110 м². Тоді добова виробнича програма складає:

$$P_{доб} = \frac{22110}{251} = 88,1 \text{ м}^2/\text{день},$$

де $T_{доб} = 251$ доби – кількість робочих діб у календарному році. Виробничий режим підрозділу дві зміни на день по 8 годин на день.

Тоді виробнича програма зміни становить:

$$P_{змін} = \frac{88,1}{2} = 44,05 \text{ м}^2/\text{зміну}.$$

Кількість циклів цинкування за одну зміну, які необхідні для забезпечення виробничої програми:

$$m = \frac{P_{змін}}{U_c} = \frac{44,05}{1,94} = 22,7 \approx 23 \text{ завантажень/зміну},$$

де U_c – площа разового завантаження ванни цинкування, приведена в технологічних розрахунках.

Сумарний час всіх основних операцій приведено в таблиці 3.1.

Розрахуємо випуск для різних ВРПП:

1. Для послідовного:

$$N_{завант} = \frac{T_{в.ц.}^{посл}}{\sum_{i=1}^{20} t_i} = \frac{16 \cdot 60}{63,5} = 15 \text{ разів},$$

$$V_{посл}^{Річ} = 15 \cdot 251 \cdot 1,94 = 7362 \text{ м}^2;$$

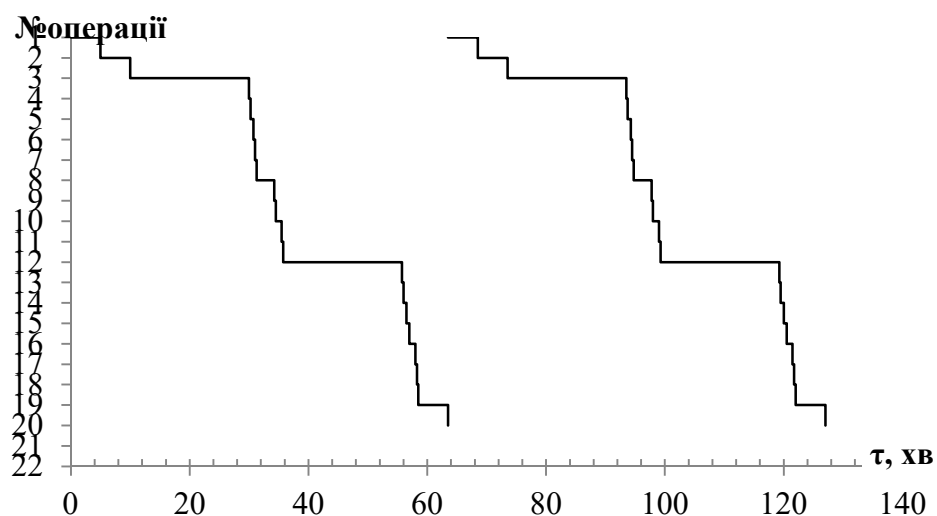


Рис. 3.2 Графік послідовного ВРПП

2. Для паралельного:

$$N_{\text{завант}} = \frac{T_{\text{в.ц.}}^{\text{пар}} + t_{\text{max}} - \sum_{i=1}^{17} t_i}{t_{\text{max}}} = \frac{16 * 60 + 20 - 63,5}{20} = 46 \text{ разів},$$

$$B_{\text{пар}}^{\text{річ}} = 46 * 251 * 1,94 = 22314 \text{ м}^2;$$

№ операції

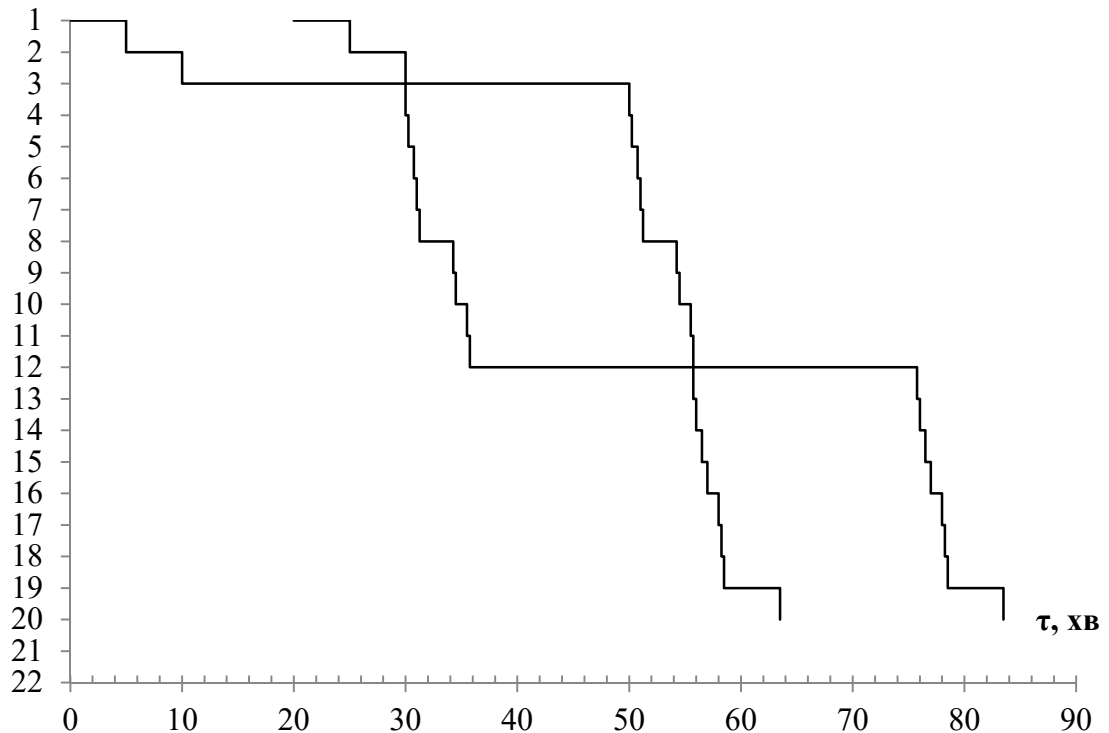


Рис. 3.3 Графік паралельного ВРПП з простом обладнання

3. Для синхронізованого:

а. Якщо ритм рівний тривалості найкоротшої операції $R=t_{\text{min}}=0,25\text{хв}$:

$$N_{\text{завант}} = \frac{T_{\text{в.ц.}}^{\text{синх}} + R - \sum_{i=1}^{17} t_i}{R} = \frac{16 * 60 + 0,25 - 63,5}{0,25} = 3587 \text{ разів},$$

$$B_{\text{синх}}^{\text{річ}} = 3587 * 251 * 1,94 = 1746654 \text{ м}^2$$

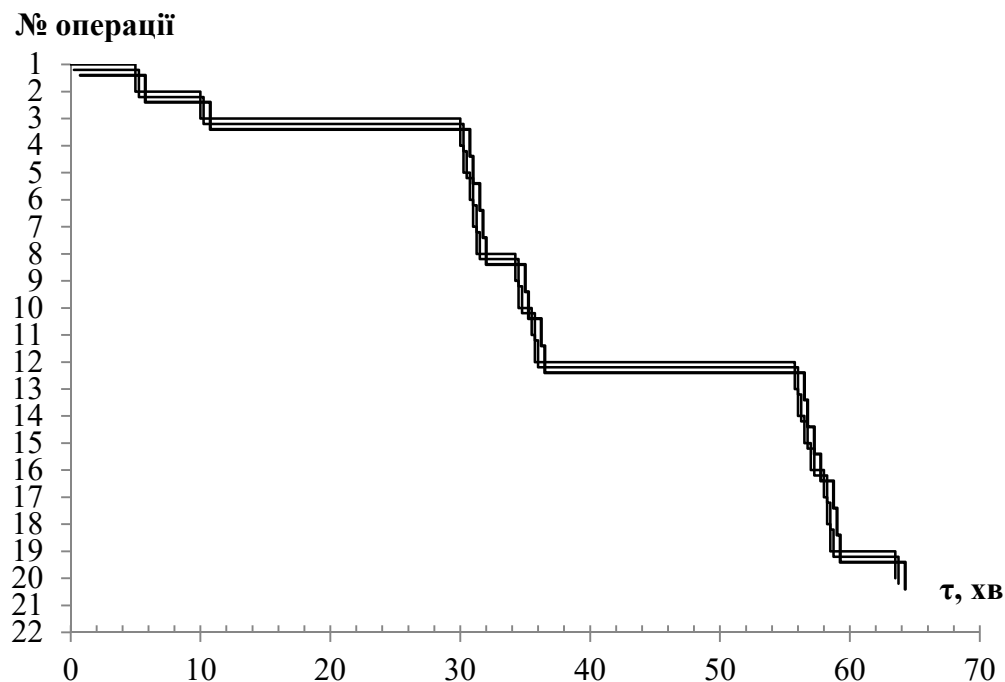


Рис.3.4 Графік синхронізованого ВРПП

б. Якщо ритм розрахований за формулою:

$$R = \frac{T_{\text{вц}} - \sum t_i}{N - 1} = \frac{16 \cdot 60 - 63,5}{46 - 1} = 20 \text{ хв},$$

де N – кількість завантажень на день.

Виходячи з розрахунків синхронізований ВРПП з ритмом 20 хв, відповідає паралельному ВРПП.

Як видно з попередніх розрахунків для виконання річної програми рекомендується використовувати синхронізований ВРПП, з ритмом 20 хв, який рівний тривалості електрохімічного цинкування, з метою економії дорогоцінного обладнання, а саме ванни електрохімічного цинкування. Кількість завантажень деталей за робочу добу синхронізованому ВРПП, становить 46 раз.

Для повного виконання програми потрібна наступна кількість ванн: хімічного знежирення 1 шт, теплої промивки 2 шт, електрохімічного знежирення 1 шт, холодної промивки 3 шт, хімічного травлення 1 шт, хімічної активації 1 шт, електрохімічного цинкування 1 шт, уловлювання каскадного типу. Отже, сумарна кількість одиниць обладнання становить 13 одиниць.

Чисельність персоналу явочна. Для виконання повного обсягу робіт на підприємстві достатньо 5 працівника на зміну: 2 технологи та 3 гольваніка. Та 1

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

головного технолога, який контролює весь процес і працює лише першу 1 зміну на день.

$$\text{Ч}_{\text{яв.}} = 5 \text{ осіб}$$

Чисельність персоналу за списком:

$$\text{Ч}_{\text{сп.}} = \text{Ч}_{\text{яв.}} \cdot K_{\text{пер.}} = \text{Ч}_{\text{яв.}} \cdot \frac{T_{\text{рік підп.}}}{T_{\text{рік прац.}}} = 5 \cdot \frac{\frac{16}{24} \cdot 251}{\frac{8}{24} \cdot 251} = 10 \text{ осіб}$$

Графік роботи підприємства:

Понеділок – п'ятниця: 6.00 – 22.00

Графік змінності. До складу бригади входить 2 технолога і 3 гальваніки.

Таблиця 3.2 Графік змінності

Дні Прац	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Гол.техн	1	1	1	1	1	В	В	1	1	1	1	1	В	В	1	1	1	1	1	В
Бриг. 1	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2	2	В	В	1	1	1	1	1	В
Бриг. 2	2	2	2	2	2	В	В	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2	2	В

Примітки. «Р» - робочий день, «В» - вихідний день, «1» - перша зміна (06:00 – 14:00 год), «2» - друга зміна (14:00 – 22:00 год)

3.2 Організація контролю якості

Технічний контроль на виробництві.

Об'єкти контролю:

1. сировина і матеріали;
2. технологічні процеси і обладнання;
3. готова продукція;
4. напівфабрикати власно виготовлення;
5. тара, пакування, транспорт;
6. допоміжні виробничі процеси (ремонт, складування, зберігання).

Суб'єкт контролю:

1. головний технолог.

Види контролю:

1. за технічним рівнем – ручний;
2. за параметрами, що визначаються –геометричний, якісний;
3. за стабільністю процесу – вхідний, поточний, вихідний;
4. за охопленням об’єктів контролю – груповий;
5. за обсягом – вибірковий [13].

Якість покриття багато в чому залежить від якості металу основи, тому контролю піддаються і покриття і основний метал. 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. Отже, контроль якості продукції, яка виготовляється є важливим виробничим процесом на підприємстві. В даному випадку продукцією є гальванічне покриття цинком сталевих деталей, які використовуються у приладобудуванні.

Оскільки, продукція, що виробляється не входить до переліку товарів, які підлягають обов’язковій сертифікації на території України, тому контроль якості та відповідності продукції буде здійснюватись на основі ТУ розроблених для даного виробництва. Методи контролю якості регламентуються згідно з ГОСТ 9.302-88.

Процес контролю включає в себе перевірку якості отримуваних покриттів та контроль деяких матеріальних ресурсів, які беруть участь у виробництві. Всі операції контролю якості поділяються на вхідні, поточні та вихідні

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		59

Таблиця 3.3 Контроль якості

Вид контролю	Об'єкт контролю	Суб'єкт контролю	Характеристики контролю	Примітка	Вартість, грн/р/п/к
1	2	3	4	5	6
<i>Вхідний</i>	Сталеві пластини, які використовуються в касових апаратах;	Технолог	За технічним рівнем: ручний; За параметрами що визначаються : візуальний; За ступенем охоплення об'єктів: груповий; за осягом: суцільний.	За результатами вхідного контролю саме вони оформлюють журнал вхідного контролю. Здійснюється контроль механічної цілісності, зовнішнього вигляду та відповідності стандарту підприємства. Контроль здійснюється в ручну та проводиться на 100 % деталей неозброєним оком в добре освітлюваному приміщенні на відстані 25 см від контрольованої поверхні та є суцільним за об'ємом.	40000
<i>Поточний</i>	Операції підготовки (знежирення, травлення і активації) та основні операції цинкування	Спеціальна апаратура та гальваніки	За технічним рівнем: механізований За параметрами що визначаються : візуальний; За ступенем охоплення об'єктів: груповий; за осягом: вибіркового.	Здійснюється контроль фізичних параметрів процесу, які впливають на якість отримуваних покриттів та їх технологічну відповідність: - Температура електролітів для електрохімічного знежирювання 18...25°C Приготування і коректування розчину проводять згідно ОСТ 107.460092.001-86; контроль є автоматизованим, за об'ємом – суцільний. - Промивка деталей проходить в холодній проточній воді; контроль є автоматизованим, за об'ємом – суцільний. - При активації температура має бути в межах 18-25 °C контроль є автоматизованим, за об'ємом – суцільний. - рН електроліту цинкування 11...12; контроль є автоматизованим, за об'ємом – суцільний. - Вміст добавок та основних складових; контроль є механізованим, за об'ємом – вибіркового.	80000

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	6	7
<i>Вихідний</i>	покриття отримані під час процесу	Головний технолог	За технічним рівнем: ручний; За параметрами що визначаються: візуальний; За ступенем охоплення об'єктів: груповий; за осягом: суцільний	Контроль зовнішнього виду покриття проводиться на 100 % деталей неозброєним оком в добре освітлюваному приміщенні на відстані 25 см від контрольованої поверхні. На вигляд: – покриття, одержані з електроліту цинкування, - від ясно сірого з блакитним відливом (при безбарвній пасивації) до темно сірого; – на поверхні покритих деталей як наслідок відхилень, що допускаються, 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 отворах; – на поверхні деталі, покритої необхідним покриттям не є браком наступні ознаки: нерівномірність кольору і блиску, сліди від потьоків води і розчинів хромових і фосфатних солей, «засвітлення», що утворилися при контролі вимірювальними інструментами і пристосуваннями; – на поверхні деталі, покритої декількома видами покриттів або із застосуванням ізоляції не є бракуваннями наступні ознаки: зсув межі покриття до 2 мм вниз або іншу сторону; окремі точені впливання одного покриття в інше; потемніння металу в зоні переходу одного кріплення в інше. Для контролю пористості покриття відбирають для кожної партії від 0,1 до 10% деталей, але не менше 3 шт.	100000

Контроль зовнішнього виду покриття проводиться на 100 % деталей неозброєним оком в добре освітлюваному приміщенні на відстані 25 см від контрольованої поверхні. На вигляд:

- покриття, одержані з електроліту цинкування, - від ясно сірого з блакитним відливом (при безбарвній пасивації) до темно сірого;
- на поверхні покритих деталей як наслідок відхилень, що допускаються, на поверхні основного металу можуть бути: сліди від механічної обробки прокату і інші відхилення допускаються стандартами або технічними умовами

					<i>ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		61

на основний метал, плями і темні смуги в труднодоступних для зачистки отворах;

– на поверхні деталі, покритої необхідним покриттям не є браком наступні ознаки: нерівномірність кольору і блиску, сліди від потьоків води і розчинів хромових і фосфатних солей, «засвітлення», що утворилися при контролі вимірювальними інструментами і пристосуваннями;

– на поверхні деталі, покритої декількома видами покриттів або із застосуванням ізоляції не є бракуваннями наступні ознаки: зсув межі покриття до 2мм вниз або іншу сторону; окремі точені впливання одного покриття в інше; потемніння металу в зоні переходу одного кріплення в інше.

Для контролю пористості покриття відбирають для кожної партії від 0,1 до 10% деталей, але не менше 3 шт.

Метод нанесення сітки подряпин застосовний для визначення міцності зчеплення покриттів завтовшки не більше 20 мкм. На поверхню наносять

4 - 6 паралельних ліній сталевим вістрям до основного металу на відстані

2 - 3 мм один від одного і 4 - 6 перпендикулярних їм паралельних ліній. На поверхні не повинне спостерігатися відшарування.

При застосуванні методу обпилювання зразок з покриттям затискають в лещата і обпилюють по зрізу напилком з набором дрібних зубів. Тирсі проводять у напрямі основного металу до покриття під кутом 45° . При цьому не повинне спостерігатися відшарування покриття. Метод застосовний для деталей з покриттям завтовшки більше 5 мкм.

Для контролю товщини покриття відбирають від кожної партії від 0,1 до 10% деталей, але не менше 3 шт, за винятком арбітражного контролю товщини покриття металографічним методом, який може бути проведений на одній деталі з партії.

Товщина покриття повинна відповідати конструкторській документації. У отворах і порах, на внутрішніх поверхнях товщина покриття може зменшуватися на 50%.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Товщину покриття слід контролювати одним з вказаних методів: методом струменя, металографічним, гравіметричним, методом краплі.

Метод струменя застосовувати для визначення місцевої товщини покриття при його товщині 3 - 30 мкм на поверхні 0,3 см². Метод полягає в тому, що на ділянку покриття з капіляра, що калібрується, направляють струмінь розчину, здатного руйнувати метал покриття. Товщина покриття визначається або за часом руйнування металу покриття, або за об'ємом розчину, який використовували на руйнування.

Металографічний метод слід застосовувати як арбітражний, а також при налагодженні процесу. Даний метод заснований на тому, що робиться розріз деталі з покриттям, потім на зрізі готують металографічний шліф і використовуючи оптичні прилади, вимірюють товщину контрольованого покриття.

Гравіметричний метод. Метод застосовують для деталей будь-якої партії, масою не більше 200 г при вибіркового контролю. Деталь з покриттям заздалегідь знежирюють, висушують і зважують. Потім в спеціальному розчині знімають покриття і знову зважують деталь. По різниці маси, знаючи площу поверхні деталі, можна судити про товщину покриття, яке було нанесено на деталь до розчинення.

Оскільки в проекті цинкове покриття наноситься на листи металу то в проекті для визначення товщини покриття використовується метод краплі

Метод краплі застосовується для вимірювання місцевої товщини покриття. За допомогою спеціальної краплинної установки на покриття наносять краплі розчину, здатного розчиняти метал, - покриття. Час знаходження краплі на поверхні виробу фіксоване, потім краплю видаляють і наносять наступну до тих пір, поки покриття не буде зруйновано вщент. Товщину визначають по калібрувальному графіку залежно від кількості крапель, що пішли на повне руйнування покриття.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Краплинний метод непридатний для вимірювання товщини покриття складних профільованих і дрібних деталях, оскільки крапля розчину не може утриматися необхідний час на випробовуваній ділянці і розтікається.

Карти якості:

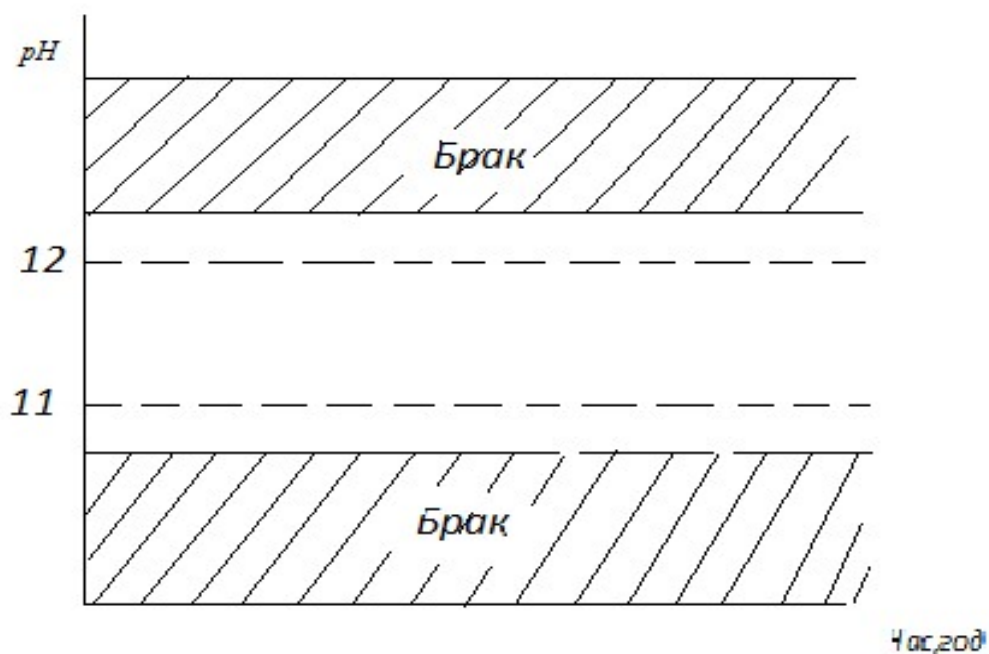


Рис 3.5 Карта якості контролю pH електроліту цинкування.

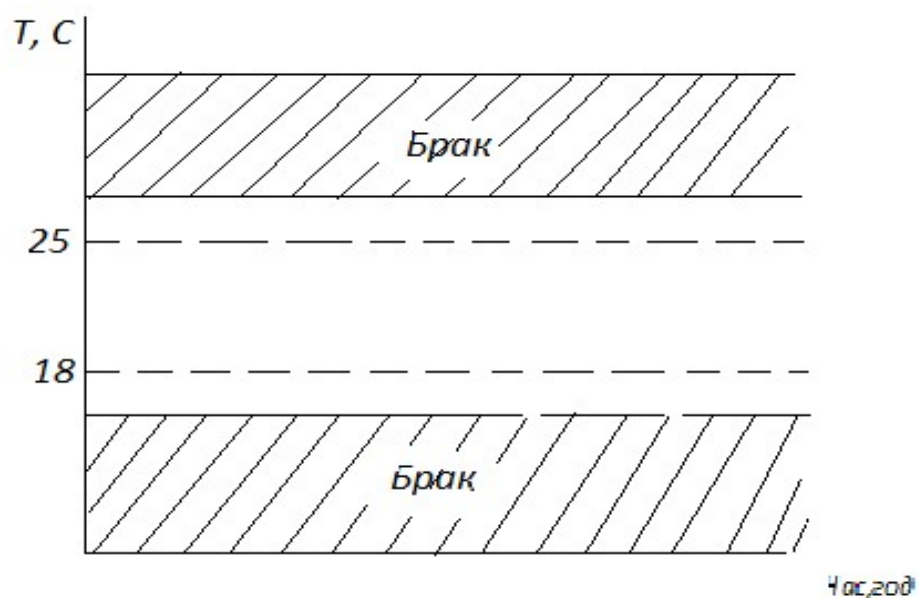


Рис 3.6. Карта якості контролю температур при цинкуванні.

3.3 Матеріальна, документальна організаційно-технічна підготовка виробництва

Таблиця 3.4 - Склад основних фондів

№	Найменування обладнання	Кількість одиниць	Вартість, грн/одиницю	Загальна вартість, грн
1	Ванна промивання в теплій воді	2	9000	18000
2	Ванна промивання в холодній воді	3	9000	27000
3	Ванна уловлювання каскадного типу	1	16000	16000
4	Ванна хімічного знежирення	1	9000	9000
5	Ванна електрохімічного знежирення	1	9000	9000
6	Ванна хімічного травлення	1	9000	9000
7	Ванна хімічної активації	1	9000	9000
8	Ванна електрохімічного цинкування	1	140000	140000
10	Система автоматизації	1	20000	20000
11	Сушильна шафа	1	10000	20000
12	Будівлі і споруди		500000	500000
13	Трубопроводи		70000	70000
14	Нематеріальні активи		10000	10000
Всього:		13	820000	857000

Таблиця 3.5 - Тарифна сітка

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

Таблиця 3.6 Фонд заробітної плати

Посада	Кількість осіб	Тарифний розряд	Тарифний коефіцієнт	Тарифна ставка, грн/год	Заробітна плата, грн		
					За день	За місяць	За рік
Головний технолог	1	16	2.56	56.3	450.6	9011.2	113090.6
Технолог	4	11	1.91	42.0	1344.6	6723.2	337504.6
Гальванік	6	6	1.36	29.9	1436.2	4787.2	360476.2
Всього	11				3231.4	20521.6	811071.4

Примітка. Тарифна ставка однієї години роботи працівника першого розряду – 22 грн.

Тоді нарахування на ЗП:

$$H = 0,22 \cdot ЗП = 0,22 \cdot 811071,4 = 178435,7 \text{ грн}$$

Амортизація основних фондів:

1. Амортизація будівель та споруд:

$$A_{\text{буд}} = \frac{H_A^{\text{буд}}}{T_{\text{вик}}} = \frac{500000}{20} = 25000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

2. Амортизація приладів і обладнання:

$$A_{\text{обл}} = \frac{H_A^{\text{обл}}}{T_{\text{вик}}} = \frac{277000}{5} = 55400 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

3. Амортизація нематеріальних активів:

$$A_{\text{нма}} = \frac{H_A^{\text{нма}}}{T_{\text{вик}}} = \frac{10000}{12} = 833 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

4. Амортизація трубопроводів:

$$A_{\text{тр}} = \frac{H_A^{\text{тр}}}{T_{\text{вик}}} = \frac{70000}{15} = 4667 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

5. Всього:

$$A = 25000 + 55400 + 833 + 4667 = 85900 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Таблиця 3.7 Річні оборотні фонди

Найменування	Ціна, грн/кг	Витрата на рік, кг	Вартість, грн
Оксид цинку	75	109	8175
Гідроксид натрію	50	2358	117900
Триоксостанат (IV) натрію	320	5.45	1744
Вода, грн	8	352.2	2785.2
Електроенергія	1495.5	4.03	6026.9
Всього			136631.1

Таблиця 3.8 Калькуляція продукції

№	Елементи затрат	Витрати		% від собівартості
		На річну програму, грн/рік	На одиницю продукції, грн./м ²	
1	Амортизація	85900	3.9	6%
2	Оборотні фонди	136631.1	6.2	9%
3	Заробітна плата	811071.4	36.7	53%
4	Нарахування на ЗП	178435.7	8.1	12%
5	Не матеріальні активи	220000	10.0	14%
6	Додаткова ЗП	100000	4.5	7%
6	Повна собівартість	1532038.122	69.3	100%

3.4 Техніко-економічні показники

1. Прибуток:

$$\Pi = \text{Ц} - \text{С} = 80 - 69,3 = 10,7 \text{ грн/м}^2$$

2. Рентабельність:

$$P = \frac{\Pi}{\text{С}} \cdot 100 = \frac{10,7}{69,3} \cdot 100 = 15\%$$

3. Капіталовкладення:

$$K = \text{ОЗ} + \text{ОБЗ} = 857\,000 + 136631,1 = 993631,1 \text{ грн}$$

4. Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{\Pi}{K} = \frac{10,7 \cdot 22110}{993631,1} = 0,24$$

5. Період повернення капіталовкладень:

$$T_{\text{пов.}} = \frac{1}{E} = \frac{1}{0,24} = 4,2 \text{ роки}$$

6. Чисельність персоналу явочна: 5 осіб(на зміну).

7. Чисельність персоналу за списком: 10 осіб.

8. Фондовіддача основних засобів:

$$\Phi B_{\text{ОЗ}} = \frac{B}{\text{ОЗ}} = \frac{22110 \cdot 69,3}{968691,3} = 1,79 \text{ грн/грн}$$

9. Фондовіддача оборотних засобів:

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

$$\Phi B_{063} = \frac{B}{O63} = \frac{22110 * 69,3}{13661,1} = 11,21 \text{ грн/грн}$$

10. Фондоємність основних засобів:

$$\Phi \epsilon_{03} = \frac{1}{\Phi B_{03}} = \frac{1}{1,79} = 0,56 \text{ грн/грн}$$

11. Фондоємність оборотних засобів

$$\Phi \epsilon_{063} = \frac{1}{\Phi B_{063}} = \frac{1}{11,21} = 0,09 \text{ грн/грн}$$

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

При реалізації даного проекту, в процесі нанесення хромового покриття, що відбувається в цеху для нанесення гальванічних покриттів, використовуються шкідливі, хімічно агресивні, пожежо- і вибухонебезпечні речовини й матеріали; передбачено використання механічної, електричної, теплової енергії та енергії стисненого повітря.

Проект виконаний з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки. В даному розділі на основі даних атестації робочого місця розроблені заходи, спрямовані на створення здорових і безпечних умов праці та забезпечення пожежної безпеки на проектуваному об'єкті.

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

4.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042 - 99 може бути віднесена до категорії робіт середньої тяжкості 26 [15].

Проектом узгоджені санітарні норми параметрів мікроклімату в робочій зоні приміщення в залежності від категорії робіт по важкості і періоду року.

Таблиця 4.1. Нормовані значення температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні приміщення[1]

Період року	Категорія робіт	Оптимальні норми		
		Т, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	26	17-19	40 - 60	0,2
Теплий	26	20-22	40 - 60	0,3

Межі допустимої температури поверхні обладнання дорівнюють:

- холодний період року: $t_{\text{нор.пов.обл.}} = t_{\text{опт.пов.роб.зони}} + 2^{\circ}\text{C} = (17-19) + 2^{\circ}\text{C} = 21^{\circ}\text{C}$
- теплий період року: $t_{\text{нор.пов.обл.}} = t_{\text{опт.пов.роб.зони}} + 2^{\circ}\text{C} = (20-22) + 2^{\circ}\text{C} = 24^{\circ}\text{C}$

Нижче в таблиці 4.2 приведена коротка санітарна характеристика цеха.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		69

Таблиця 4.2. Коротка санітарна характеристика виробництва, що проектується.

Найменування виробничої ділянки		Виділяються шкідливі речовини (ШР) і причини виділення.	Група ШР и характеристика технічних дій	ГДК ШР в повітрі робочої зони, мг/м	Клас небезпечності ШР	Засоби індивідуального захисту	Засоби доікарняної допомоги	Метод контролю вмісту ШР в повітрі робочої зони	Клас виробництва згідно СН245-71	Сан. Група процесу по СнП2.09.04-87
Гальванічний цех	NaOH. При приготуванні розчинів, випаровування з поверхні електроліта	Подразнюючі, визиває дію на шкіру і дихальні шляхи хімічні опіки		2	3	Спец. одяг, респіратор типу "пелюсток", окуляри	Промити проточною водою, потім примочки з 5%-го р-ну оцтової або лимонної к-ти	Фотометричний, фотометричний		
	ЛВ-4584 ТУ6-09-40-2871-81. При приготуванні розчинів. Випаровування з поверхні електроліту	Подразнюючі, діє на шкіру, очі		2	2	Непроникний відповідний костюм, рукавиці з резини, тісноприлягаючі захисні окуляри	Промити проточною водою	фотометричний		1Б
	ZnO. При приготуванні розчинів. Випаровування з поверхні електроліту	Загальнотоксичні, викликає швидко проходження захворювання ("лיתейную лихорадку"), протікає по типу інфекційного катару дихальних шляхів		2	3	Спец. одяг, респіратор типу "пелюсток"	Визвати блювоту, дати яйце або протиотруту Стрижевского	фотометричний		

В гальванічному цеху передбачена механічна припливна і місцева витяжна вентиляція. Мінімальна кратність повітрообміну не менше 5. Повітряний баланс для цеху гальванічного цинкування від'ємний на 10-15%.

В відповідності до ДБН Д.2.2-20-99 вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони підтримується з допомогою місцевої, загальнообмінної і аварійної вентиляції. Ванни з шкідливими виділеннями обладнані бортовими відсмоктувачами. [16].

Передбачене опалення за допомогою калориферів, для забезпечення нормальної температури повітря в зимовий час. Для попередження переохолодження і застудних захворювань робітників, при вході в цех передбачені теплові повітряні завіси.

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

1. Приготування і коректування розчинів ванн здійснюється при дії місцевої вентиляції. З метою зменшення випаровування шкідливих речовин і зменшення кількості парів які вдихають працівники.

2. Заміна по можливості шкідливих і горючих речовин менш токсичними, негорючими матеріалами, наприклад, ціаністий електроліт цинкування замінимо лужним.

3. В процесі приготування травільних розчинів кислоту вводять тонким струменем в холодну воду при ретельному перемішуванні.

4. Для зменшення виносу електроліту з поверхні ванн в склад електроліту введені присадки, ПАР.

5. Для попередження попадання на підлогу розчинів проміжки між ваннами закриваються козирками.

6. Для зменшення кількості електроліту, який потрапляє в стічні води, одразу після ванни нанесення покриття передбачена непроточна ванна уловлювання.

7. Зниження температури процесу з метою зменшення випаровування розчину.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

4.1.2 Розрахунок місцевої витяжної вентиляції

Метою розрахунку являється визначення кількості повітря з шкідливими домішками, що видаляється двосторонніми бортовими відсмоктувачами від ванн знежирювання і цинкування. Розміри ванн: $l=3$ м і $B=0.8$ м.

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

$$L_n = 3600 \cdot l \cdot K_z \cdot K_m \cdot b \cdot \sqrt{[(t_p - t_n) \cdot n \cdot \epsilon^3]},$$

де b - ширина ванни, м, l - довжина ванни, м, t_p - температура рідини у ванні, °C; t_n - температура повітря в приміщенні, °C; $K_z=1,5$ - коефіцієнт запасу; K_m - коефіцієнт запасу для відсмоктувача торців ванни, залежить від співвідношення ширини ванни до її довжини:

$$K_m = \left(1 + \frac{b}{8 \cdot l}\right)^2 - \text{для двостороннього бортового відсмоктувача;}$$

b - безрозмірна характеристика: $\frac{1}{15}$ - для двохстороннього відсмоктувача

n - кількість прямих кутів між границями потоку повітря, $n = 3$ - для вільного розташування ванн.

Таблиця 4.3. Коефіцієнти і результати розрахунків витрат повітря

Процес	T, °C	K_m	t_n	L_n , м³/год
Знежирення (NaOH)	70	1.07	20	1595
Цинкування	25	1.07	20	50,5
Разом				1645,5

Сумарні втрати в повітроводах, з урахуванням втрат на фільтрі ≈ 20 кгс/м²:

$$P_{\text{расп}} = (16,46 + 20) \cdot 1.1 = 40 \text{ кгс/м}^2.$$

Виходячи з цього, вибираємо вентилятор для $L = 1670 \text{ м}^3/\text{ч}$ і втратах в повітроводах $R_{\text{расп}} = 40 \text{ кгс}/\text{м}^2$. Вентилятор ЦЧ – 70 № 8 серія А-1, КПД $\eta = 0.75$, $n_v = 670 \text{ об}/\text{хв}$, потужність на валу $N_v = 2 \text{ кВт}$. Електродвигун А02-52-6 серія А02, $N_y = 4 \text{ кВт}$, $\eta_{\text{ел.д}} = 960 \text{ об}/\text{хв}$, маса електродвигуна $m_{\text{ел.д}} = 368 \text{ кг}$.

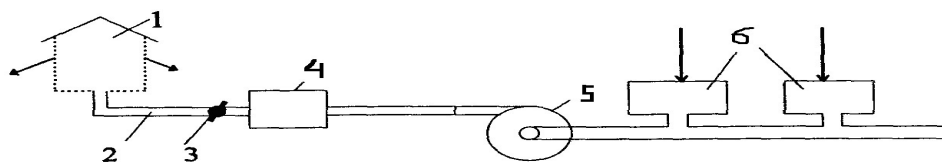


Рис. 4.1. Витяжна вентиляція

1.Витяжна труба; 2.Повітровід; 3.Регулююча заслінка. 4.Очисник.
5.Вентилятор. 6.Бортові відсмоктувачі.

4.1.3 Виробниче освітлення

Відповідно до ДСНВ 2.5-28-06 розряд робіт у виробничому приміщенні IVa.

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 [17].

Загальне штучне освітлення здійснюється за допомогою люмінесцентних ламп типу ЛБ-80 – 10 штук та світильниками типу В4А у вибухозахищеному виконанні –10 штук. Для контролю за освітленням використовується фотоелектричний об'єктивний люксметр Ю-116. Контроль здійснюється раз на рік, а також після заміни ламп.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		73

Таблиця 4.4. Норми штучного та природного освітлення для гальванічних виробничих приміщень [17]

Характер зорових робіт	Розряд і підрозряд зорової роботи	Освітленість, лк		Значення КПО, %	
		Штучне освітлення		Природне освітлення	Суміщене освітлення
		Комбіноване	Загальне		
середньої точності	IVa	700	300	1,2-1,5	0,9

4.1.4 Захист від виробничого шуму та вібрації

Джерела інтенсивного шуму і вібрації - машини і механізми з невірноваженими обертальними масами, а також технологічні установки і апарати, в яких рух газів і рідин відбувається з великими швидкостями і має пульсуючий характер.

Джерелами шуму у гальванічному виробництві є барботери, автооператори, насоси, вентилятори, системи повітрообміну. Рівень звуку на даному виробництві складає 92 дБ, що перевищує допустимі норми шуму на робочих місцях, в промислових приміщеннях згідно з ДСН 3.3.6.037-99 рівень звуку повинен складати 80 дБА [18].

Передбачено зниження шуму досягається наступними методами:

- ізоляцію джерел шуму засобами звукоізоляції і звукопоглинання (перегородки і кожухи, перешкоджаючі розповсюдженню шуму), Використання глушників, які встановлюються на повітроводах, на вихлопі й усмоктуванні технологічного устаткування, а також глушіння шуму вентильційних установок;
- акустичною обробкою приміщень, а зокрема, приміщення звукопоглинаючих пористими матеріалами;
- використання індивідуальних засобів захисту (протишумні вкладки у вуха, тампони із ультра тонкого волокна, навушники типу ВЦННІОТ, шлеми, каски);

- використовувати в якості звукопоглиначів капронове волокно, паралон, мінеральну вату, скловолокно, пористий полівінілхлорид, азбест, пористу штукатурку, вату, та інші.

- архітектурно-планувальним рішенням: відстань від стіни до обладнання з робочої сторони лінії 1.5м, з неробочої 1.2-1.5м; площа виробничого приміщення на одного працюючого не менше 4.5м²; мінімальна висота приміщення 5 м, при цьому площа приміщення зайнята лінією нікелювання, не перевищує 25 % загальної площі гальванічного цеху.

Для контролю відповідності фактичних рівнів шуму на робочих місцях припустимим рівням необхідно вимірювати шум, коли працює не менш 2/3 встановлених у даному приміщенні одиниць технологічного устаткування при найбільш характерному режимі його роботи. Повинні бути включені вентиляційні установки, а також інші зазвичай використовувані в приміщенні пристрої, що є джерелами шуму.

Зниження вібрації в джерелі її виникнення досягається шляхом зменшення сили, яка викликає коливання. Зниження вібрації може бути досягнуте зрівноваженням мас, віброізоляцією.

В цеху, що проектується використовують прилад ВШВ-003 для вимірювання рівня шуму, а для вимірювання вібрації передбачене використання акселерометрів.

4.1.5 Електробезпека

Гальванічний цех за ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом відноситься до особливо небезпечних приміщень, оскільки характеризується наявністю хімічно активного середовища, руйнуючого ізоляцію і струмоведучих частин електрообладнання.

Основними причинами ураження електричним струмом являються: випадкове доторкання до струмоведучих частин обладнання, які опинились під

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

напругою в результаті пошкодження ізоляції, а також ураження кроковою напругою та електродугою.

Живлення електрообладнання здійснюється від трьохфазної чотирьох - провідної електричної мережі змінного струму, напругою 380/220В, частотою 50 Гц з глухо- заземленою нейтралю.

Сила струму, що проходить крізь людину, при однофазному доторканні в електричному ланцюзі:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{л}} + R_0} \cdot 10^3, \text{мА}; \quad I_{\text{л}} = \frac{220}{4000 + 4} \cdot 10^3 = 54,9 \text{мА};$$

де $U_{\text{ф}} = 220$ - напруга, В; $R_{\text{л}} = 4000$ - опір тіла людини, Ом; $R_0 = 4$ - опір заземлення, Ом.

Відповідно до ГОСТ 12.1.038-82 в нормальному режимі роботи електрообладнання $I_{\text{л}} = 0.3$ мА, $U_{\text{д}} = 2$ В, а при аварійному режимі – $I_{\text{л}} = 6$ мА, $U_{\text{д}} = 36$ В [23].

Напруга дотику: $U_{\text{л}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}} = 54,9 \cdot 4000 \cdot 10^{-3} = 220 \text{В}$.

Звідси слідує, що при порушенні вимог ПУЕ на виробництві можливі електротравми з тяжкими наслідками.

Електрообладнання цеху має вибухозахисне або закрите виконання. Струмоведачі частини ванн ізолювані і захищені кожухами. Основний захист від ураження електричним струмом досягається за допомогою ізоляції дротів ($R_{\text{із}} = 0.5 \text{МОм}$).

Для захисту людей від ураження електричним струмом прийняті наступні міри:

- захисне відключення електроустановок;
- подвійна ізоляція струмоведачих частин;
- використання малих напруг для живлення ручних електроінструментів;
- захисні засоби для електрообладнання персоналу (діелектричні рукавички, резинові килимки, інструменти з ізолюючими ручками);
- регулярне проведення інструктажу і розміщення наглядного матеріалу.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Для захисту людей від ураження електричним струмом металічні конструктивні частини електромереж установки зануляються.

Ванни обладнані сигнальними лампочками: для попередження про подачу напруги на ванну - червона, про зняття напруги з ванни - зелена.

4.1.6 Безпека технологічних процесів і обладнання

Процес нанесення гальванічного покриття реалізується в автоматичній лінії.

Обслуговування і ремонт обладнання буде проводитися тільки спеціально навчений персонал при повній зупинці лінії. Використовують дві групи методів і засобів забезпечення безпеки праці:

- виключення контакту людини з небезпечними виробничими факторами шляхом автоматизації процесу виробництва;

- у відповідності характеристик до виробничого середовища з характеристиками людини, які забезпечують адаптацію, природні захисні властивості організму до умов навколишнього середовища.

Небезпечним є автооператор, що переносить підвіски з деталями з однієї ванни в іншу і може травмувати працівників. Аварійний стан може виникнути у випадку відмови автоматики. Існує небезпека отримання опіків внаслідок розливу сірчаної, соляної кислоти та їдких лугів.

Передбачені наступні заходи безпеки:

- повна герметизація трубопроводів в яких відбувається перекачка хімічних речовин, гарячої та пари води під тиском.;

- особливо при роботі з кислотами та лугами обов'язково необхідно використовувати засоби індивідуального захисту (халати, респіратори, захисні окуляри, гумові рукавиці)

- дотримання режиму технологічного процесу;

- апарати, температура зовнішньої стінки яких більша 30 °С, обладнанні теплоізованою поверхнею із вініласту (ванни нікелювання, хімічного

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		77

знежирення та гарячої промивки які працюють при температурах 45 °С, 60 °С, 65 °С відповідно).

- для швидкої зупинки усіх частин, що рухаються, передбачені аварійні кнопки «Стоп загальний», «Аварійний стоп».

- для запобігання переливання електроліту через край ванни при зануренні підвісок між верхнім краєм ванни і дзеркалом електроліту дотримується відстань не менше 200 мм.

- проміжок між ваннами закривається козирками для запобігання потрапляння на підлогу розчинів при перенесенні підвісок з деталями.

4.2 Пожежна безпека

Основними причинами займань в електроустановках являються: короткозамкнуте замикання між частинами обладнання (шини, електроди), розряди зарядів статичної електрики, механічні пошкодження обладнання і електропроводу[20].

Для гасіння виникаючої пожежі передбачена водопровідна мережа. В цеху наявні вогнегасники рідкі і вуглекислі ГОСТ 7276-77. Для пожежного зв'язку і сигналізації передбачені оповіщувачі типу ПК і ГА і телефонний зв'язок. Цех обладнаний охоронопожежною сигналізацією [20].

Будівлі і споруди згідно СН 305-77 підлягають захисту від прямих ударів блискавки-громовідводами. Блискавкозахист – це комплекс захисних пристроїв, призначений для забезпечення безпеки людей, збереження споруд і будинків, устаткування і матеріалів від розрядів блискавки. Блискавка здатна впливати на будівлі і споруди прямими ударами, які викликають безпосереднє пошкодження і руйнування, та за допомогою явищ електростатичній і електромагнітній індукції та заносу високих потенціалів через надземні і підземні металічні комунікації та повітря.

Будівлі захищаються від прямих ударів блискавки блискавковідводами стрижневого типу, встановлений на окремих опорах, на кожному опорі

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		78

передбачений один струмовідвід. Захист будівель від прямих ударів блискавки здійснюється за допомогою блискавкоприймача, який безпосередньо приймає удар блискавки, струмовідводу, який служить для відводу струму в землю і заземлювача, через який струм блискавки переходить безпосередньо в землю [20].

Основними причинами короткого замикання являються пошкодження електроізоляції проводів, дія на проводи хімічних активних речовин. До заходів попередження перевантажень і короткого замикання в електричних мережах передбачається використання плавких запобіжників та автоматів. При нещільних контактах в місцях з'єднання електропроводки, а також при окисленні місць з'єднання виникає перехідний опір, що приводить до місцевих нагрівів і загорянь. Для попередження перегріву проводів від перехідних опорів збільшують площі опорів контактів, використовують пружні контакти, паяння, болтові з'єднання.

Для відводу статичної електрики проектом передбачається заземлення корпусів виробничого обладнання, а також металічних резервуарів, в яких знаходяться рідини, які піддаються електризації, зменшенням швидкості руху речовини по трубопроводу, прискоренню стікання зарядів сприяє збільшення електропровідності матеріалів шляхом нанесення на їхню поверхню антистатичних добавок і присадок, підвищення відносної вологості повітря.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

Таблиця 4.5. Показників пожежо- і вибухонебезпечні речовин і матеріалів.

Класифікація виробництва по пожежо- і вибухонебезпечності.

Поміст	Ізоляція		Гальванічна ванна		Найменування ділянки	
	Текстоліт	Тканина	Вініпласт	N ₂	Р-ни, які використовуються в виробництві	в
тв.	тв.	тв.	тв.	газ	Агрегатний стан речовини	
горюче	тяжко - горючі	горюче	тяжко - воспл.	Горюче	Горючість, вибухонебезпечність возгорання,	
170	і	210	і	132	Т-ра спалаху, °C	
400	358	260	580	324	Т-ра самоспал, °C	
400	358	260	580	57.5	Т-ра возгорання, °C	
			і	47.5	Об'ємних %	
			і	3.45-82.5	мг/м ³	
			і	с	Категорія	
			і	T1	Група	
Вода, пісок, піна			Вода, піна	Інерт. газ	Вогнегасні пристрої	
					Категорія приміщень по ОНТП24-86	
2					Клас при-я (зони) і зовнішніх установок по ПБЕ	
П, зона А					Катег-я об'єкта і тип зони захисту по уст. блискавкозахисту відп.СН305-77	

РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА, ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

В проєкті використовується реагентний метод очищення стічних вод. Цей метод дозволяє знижувати концентрацію домішок до рівня їх ГДК. Даний метод очистки стічних вод оснований на реакціях окислення, відновлення, нейтралізації, коагуляції, осадження. В результаті обробки стоків токсичні речовини руйнуються з утворенням нових малотоксичних з'єднань, які виводяться разом з осадом.

Реагентний метод має наступні переваги: обробка води зі складним складом домішок; мала чутливість до сполук органічного характеру, масла, механічних забруднень, простота експлуатації обладнання.

Хімічна нейтралізація кислих і лужних вод відбувається по реакції:



Нейтралізація вільних мінеральних кислот досягається добавками розчинних у воді лужних компонентів. Іони важких металів при нейтралізації перетворюються на важкорозчинні гідроокси, випадні в осад:



Реагентне очищення стічних вод від іонів важких металів складається з двох процесів:

1. Утворення важкорозчинних сполук;
2. Виділення їх в осад (для кращої і швидшої коагуляції осаджуючих гідроксидів використовують флокулянт - поліакриламід).

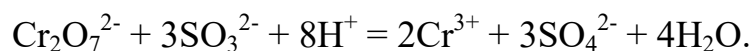
Переваги методу полягають в простоті експлуатації і можливості автоматизації безперервного очищення стічних вод до ГДК.

5.1 Очищення стічних вод від хромовмісних сполук

Проводять також реагентним методом в два етапи. 1-й етап - відновлення Cr^{6+} в тривалентну форму; 2-й етап - осадження Cr^{3+} у вигляді гідроксиду.

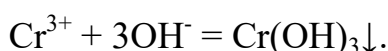
					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На 1-му етапі відновлення Cr^{6+} в Cr^{3+} відбувається по реакції:

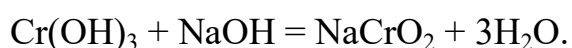


Реакція відновлення протікає в кислому середовищі, для цього стічні води підкисляють 10-15%-ним розчином сірчаної кислоти. Найбільша швидкість і повнота реакцій відновлення має місце при оптимальному рН 2-2,5 з інтенсивним перемішуванням реагентів.

На 2-му етапі осадження Cr^{3+} відбувається в лужному середовищі. Для нейтралізації використовують вапняне молоко ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), в деяких випадках соду і гідроксид натрію. Утворення $\text{Cr}(\text{OH})_3$ відбувається по реакції:



Оптимальні для осадження $\text{Cr}(\text{OH})_3$ значення рН 8,5-9,0; при виході за ці межі розчинність $\text{Cr}(\text{OH})_3$ збільшується і, як наслідок, погіршується повнота її вилучення із стічних вод. При $\text{pH} \geq 12$ амфотерний гідроксид Cr^{3+} в надлишку лугу утворює розчинні хромати [21].:



5.2 Схема очищення стічних вод гальванічного цинкування

1. По мірі накопичення кислотно-лужних стоків з бака усереднювача 2 стоки перекачуються насосом в нейтралізатор 8 (рис. 4 .1).

2. Нейтралізуються кислотно-лужні стоки 10%-м розчином гідроксиду натрію (NaOH) до значення рН 7...8 (для переведу катіонів важких металів в осад). Розчин в реактор подають вручну через люк, потім включають мішалку. Час нейтралізації 15 хв.

3. Перевірити повноту нейтралізації, яка здійснюється перевіркою величини рН на іономірі універсальному ЕВ-74. Значення рН повинні бути 7...8. При необхідності підкислення розчину в нього додають 10%-й розчин H_2SO_4 . Кислота зберігається в бутлі.

Хімічна нейтралізація кислих і лужних вод відбувається по реакції:



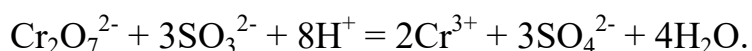
					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		82

4. Подати стоки насосом в бак відстійник 9.

5. Хромові стоки поступають в бак усереднювала 2 з ванни промивки і з ванни уловлювання (у міру забруднення). Ці стоки знешкоджуються на 2 стадії.

6. 1 стадія знешкодження проводиться в реакторі 7 і полягає у відновленні Cr^{6+} в Cr^{3+} в кислому середовищі 10%-м розчином сульфіту натрія (Na_2SO_3). Розчин сульфіту натрія зберігається в скляному бутлі, одягненому в пластиковий кожух. У реактор розчин додають вручну через люк. Потім включають мішалку. Контакт стоків з сульфітом натрія триває 20-30 хвилин.

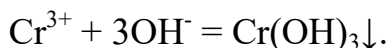
На 1-му етапі відновлення Cr^{6+} в Cr^{3+} відбувається по реакції:



7. Провести лабораторний аналіз повноти знешкодження за допомогою індикатора дефікарбида. Розчин повинен змінити забарвлення від жовтого до безбарвного.

8. 2 стадія - перевести розчинний Cr^{3+} в осад, проводиться додаванням 10%-го розчину NaOH . Розчин подається в реактор через люк вручну.

Утворення $\text{Cr}(\text{OH})_3$ відбувається по реакції:



9. Перевірка осадження Cr^{3+} проводиться виміром значення рН на лабораторному рН-метрі, яке повинне бути 7-8.

10. Потім стічні води подаються насосом в бак відстійник 9.

11. Зі всіх реакторів нейтралізаторів рідини подаються в реактор-відстійник поз.9.

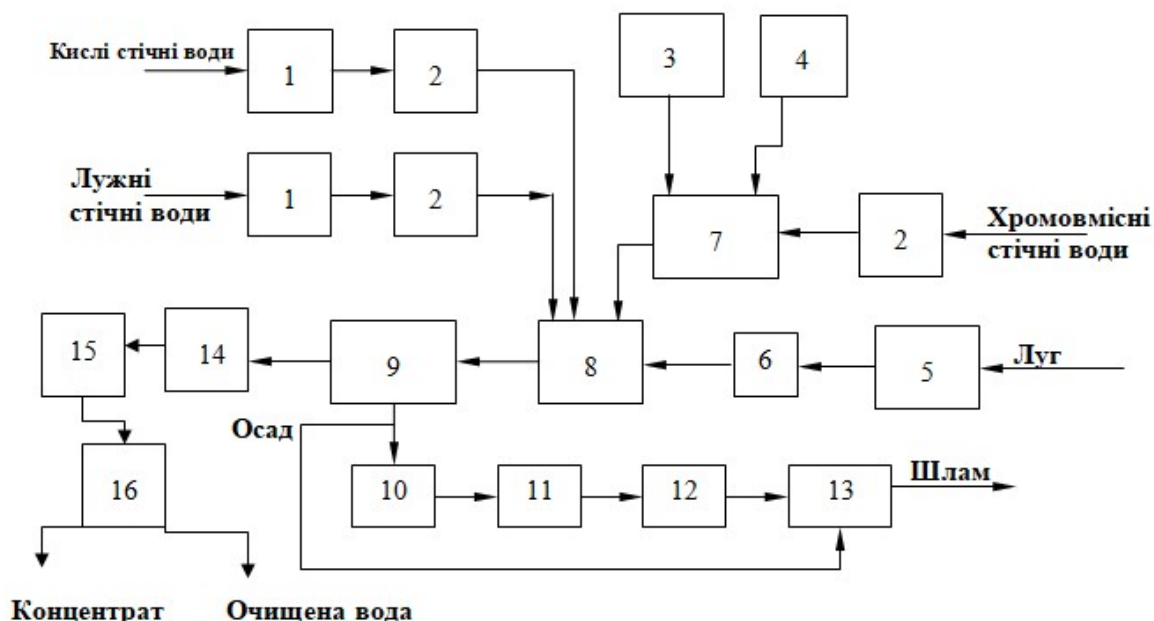
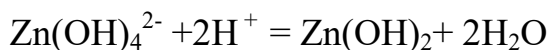
12. В міру необхідності у відстійник для коректування рН розчину додають 10%-й розчин їдкого натрію і H_2SO_4 . Час контакту стоків з лугом 15хв. Час нейтралізації прийнято 1 година. Для поліпшення процесу відстоювання в станції нейтралізації передбачено приготування 0,5%-го розчину поліакриламід, який додається в бак-відстійник з розрахунку 0,2% л/дм³ стоків.

13. Отримання 0,5%-го розчину поліакриламід здійснюється в мішалці шляхом тривалого перемішування з гарячою водою.

14. З відстійника стоки прямують на вакуум-фільтр поз.11.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

Очистка стічних вод від іонів кольорових металів, а саме Zn(OH)_2^{2-} відбувається шляхом переведу іонів Zn(OH)_2^{2-} в малорозчинні сполуки (гідроксиди) при нейтралізації стічних вод за допомогою кислих реагентів[22].



1 - пісковловлювачі; 2 - усереднювач; 3 - кислота; 4 - відновник; 5 - бак розчину; 6 - дозатор; 7 - реактор; 8 - нейтралізатор; 9 - відстійник; 10 – осадкоуцілювач; 11 - вакуум-фільтр; 12 - накопичувач зневоднених осадів; 13 - шламовий майданчик; 14 – механічний фільтр; 15 – фільтр активованого вугілля; 16 – зворотній осмос.

ВИСНОВОК

У даному бакалаврському проекті розроблений технологічний процес гальванічного нанесення матового цинкового покриття товщиною 9 мкм на сталеву деталь. Для цього передбачається використання поліпропіленових гальванічних ванн, що мають по 2 анодні штанги.

У проекті розроблений технологічний процес гальванічного нанесення матового цинкового покриття з використанням цинкатного електроліту. Цей електроліт характеризується високою розсіювальною здатністю, великим виходом за струмом, порівняно низькою агресивністю.

Для нанесення електролітичного покриття проектом розроблено гальванічний процес продуктивністю 22 000 м²/рік, що складається з операцій підготовки поверхні, цинкування, освітлення та пасивації.

Складено баланс струму, напруги та енергії гальванічної ванни цинкування. Приведено тепловий розрахунок гальванічної. Розраховано витрати матеріалів.

Обрано джерело струму для живлення гальванічної ванни.

Задачі щодо автоматизації процесу нанесення матового цинку, регулювання, контролю та сигналізації параметрів було досягнуто шляхом обладнання гальванічних ванн датчиками та приладами для контролю та регулювання величин параметрів, що були зазначені вище, а саме: температури, рівня електроліту, сили струму, напруги та рН.

В економічній частині проекту розрахована собівартість нанесення покриття, а також основні техніко-економічні показники спроектованого цеху також забезпечення контролю якості.

Проведений аналіз умов праці робітників на гальванічному виробництві і передбачені заходи, які забезпечують безпеку праці у спроектованому цеху.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1) Гальванические покрытия в машиностроении: Справочник: В 2т. / Под. ред. М.А. Шлугера. – М.: Машиностроение, 1985.
- 2) Гальванотехника / Под редакцией А.М. Гинберга, А.Ф. Иванова, Л.Л. Кравченко – М.: Металлургия, 1987 – 736 с.
- 3) Дасоян М.А. и др. Технология электрохимических покрытий.-Л: Машиностроение, 1989 – 391с.
- 4) Гамбург Ю.Д. Гальванические покрытия. Справочник по применению – Москва: Издательство «Техносфера», 2006 – 216 с.
- 5) Справочник по электрохимии/ Под ред. А.М.Сухотина. – Л: Химия, 1981– 488с.
- 6) Основи проектування хімічних виробництв. Будова обладнання та конструкції підвісних пристроїв для нанесення гальванічних покриттів: навч. посіб. / Л.А. Яцюк, О.І. Букет, Г.С. Васильєв – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 85с.
- 7) Гальванотехніка. Проектування гальванічних виробництв: навч. посіб. / О.В. Лінійчева, Л.А. Яцюк, Т.І. Мотронюк, О.І. Букет, С.В. Фроленкова – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 147 с.
- 8) Ямпольский А.М., Ильин В.А. Краткий справочник гальванотехника. – Л.: Машиностроение, 1981.– 269 с.
- 9) Краткий справочник физико-химических величин. Издание девятое / Под ред. А.А. Равделя и А. М. Пономаревой. – Спб.: Специальная Литература, 1998. – 232 с.
- 10) Справочник химика. – Т.3. – М.–Л.: Химия, 1964. – 705 с
- 11) Лукінюк, М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами [у 2 кн.]. Кн. 1. Методи та технічні засоби автоматичного контролю хіміко-технологічних процесів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки «Хімічна технологія та інженерія» / М.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

В. Лукінюк ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 4,46 Мбайт). – Київ : Політехніка, 2012. – 336 с.

12) Лукінюк, М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами [у 2 кн.]. Кн. 2. Керування хіміко-технологічними процесами [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки «Хімічна технологія та інженерія» / М. В. Лукінюк ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 4,7 Мбайт). – Київ : Політехніка, 2012. – 336 с.

13) Економіка, організація та управління хімічними підприємствами [конспект лекцій під ред. доц. Підлісної О.А.]/ Київ, 2017.

14) http://kyivenergo.ua/ru/check_my_tariff

15) ДСН 3.3.6.042 – 99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

16) ДБНВ 2.5-28-06 "Природне і штучне освітлення".

17) ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку

18) ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда.Электробезопасность.

19) Метод, вказівки до викон. розділу «Охорона праці» в дипломних проектах і роботах бакалаврів / Уклад.: Н.А. Праховнік, Ю.О. Полукаров, Л.О. Мітюк - К.: НТУУ «КПІ», 2017. - 31 с.

20) СН 305-77 Инструкция по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений.

21) Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство / под ред. В.Н.Кудрявцева. – М.: Глобус, 2002.- 352 с.

22) Запольский А. К., Образцов В. В. Комплексная переработка сточных вод гальванических производств. –К.: Техника, 1989. – 199 с.

					ДП ХЕ4203.1450.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 Технологічна карта процесу

№	Операція		Склад розчину і концентрація		Режим			Примітка
	Назва	Зміст	Назва хімічна формула	г/л	Час обробки, хв	t , °C	i , А/дм ²	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
010	Контроль	Перевірка поверхні 2-5% деталей						Контроль стану поверхні деталей за ГОСТ 9.301-86
020	Монтаж	Змонтувати деталі на пристосування,						
030	Знежирення хімічне	Проводять в ванні хімічного знежирення.	NaOH Na ₂ CO ₃ Na ₃ PO ₄ Na ₂ SiO ₃	20...40 15...20 5...15 10...30	5...10	50...70		Контроль температури проводять на початку зміни потім через 4 год термометром спиртовим
040	Промивання тепле	Промивають деталі в проточній воді	Вода проточна		20...60	50...60		Застосовують воду по ГОСТ 2874-82 «Вода питна»
050	Промивання холодне	Промивають деталі в проточній воді	Вода		0,25...0,5	18...25		Застосовують воду по ГОСТ 2874-82 «Вода питна»
060	Електрохімічне знежирення	Проводять анодне знежирення в лужному розчині	NaOH Na ₂ CO ₃ Na ₃ PO ₄ Na ₂ SiO ₃	20...40 15...20 5...15 10...30	0,5...5	50...70	2...10	Деталі завішувати на анод
070	Промивання тепле	Промивають деталі в проточній воді	Вода		0,25...0,5	50...60		Застосовують воду по ГОСТ 2874-82 «Вода питна»

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
080	Промивання холодне	Промивають деталі в проточній воді	Вода		0,25...0,5	18...25		Застосовують воду по ГОСТ 2874-82 «Вода питна»
090	Травлення хімічне	Проводять травлення в розчині кислоти	HCl Уротропін	150...200 3...5	3...5	18...25		Приготування і коректування електроліту проводити згідно ОСТ 107.460092.001-86
100	Промивання холодне	Промивають деталі в проточній воді	Вода		0,25...0,5	18...25		Застосовують воду по ГОСТ 2874-82 «Вода питна»
110	Активація хімічна	Хімічно активують деталь в розчині кислоти	HCl	50...100	1	18...25	25...40	
120	Промивання холодне	Промивають деталі в проточній воді	Вода		0,25...0,5	18...25		Застосовують воду по ГОСТ 2874-82 «Вода питна»
130	Цинкування електрохімічне	Нанесення матового цинкового покриття	ZnO NaOH Na ₂ SnO ₃	5...10 65...220 0,2...0,5	20	18...25	2	
140	Промивання у ванні вловлювання	Промивають деталі в не проточній воді	Вода		1...2	18...25		Застосовують воду по ГОСТ 2874-82 «Вода питна»
150	Промивання холодне	Промивають деталі в проточній воді	Вода		0,25...0,5	18...25		Застосовують воду по ГОСТ 2874-82 «Вода питна»
160	Освітлення та хроматування	Наносити хроматну плівку	CrO ₃ HNO ₃ Na ₂ SO ₄	10...15 3...7 10...15	0,5...1,5	25...38		

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
170	Промивання у ванні вловлювання	Промивають деталі в не проточній воді	Вода		1...2	18...25		Застосовують воду по ГОСТ 2874-82 «Вода питна»
180	Промивання тепле	Промивають деталі в проточній воді	Вода водопровідна		0,25...0,5	50...60		Застосовують воду по ГОСТ 2874-82 «Вода питна»
190	Висушування	Сушать деталі теплим повітрям в сушильній шафі			10...20	50...60		Висушувати до повного видалення вологи
200	Демонтаж	Демонтують деталі з пристосування						

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 Специфікація устаткування, матеріалів і виробів

Позиція на схемі	Назва параметру	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметру	Місце монтажу	Назва та характеристика	Тип моделі	Кількість	Завод-виробник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-1	Температура	Електроліт, електролітична ванна	18...25 °С	Місцевий	Термоперетворювач опору платиновий НСХ 100П, діапазон вимірювання (–50)...+60 °С, допустимий тиск $P_y = 0,4$ МПа	ТСП-1288	1	НВО «Електротермія», м. Луцьк
1-2	Температура	Електроліт, електролітична ванна	18...25 °С	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; вхідні сигнали: ТП НСХ В, К, L, S та ТО НСХ 50П, 100П, 50М, 100М	ДИСК-250	1	ЗАТ «Промышленная группа «Метран», м. Челябинськ
1-3	Температура	Електроліт, електролітична ванна	18...25 °С	Щит керування	Регулятор електронний пропорційно інтегральний $I_{вих} = 0-5$ мА	РП2-Т	1	Підприємство «МІКРОЛ», м. Івано-Франківськ
1-4	Температура	Електроліт, електролітична ванна	18...25 °С	Місцевий	Тиристорний підсилювач для керування електронагрівачем	У13Н	2	НВО «Електротермія», м. Луцьк
1-5	Температура	Електроліт, електролітична ванна	18...25 °С	Місцевий	Нормувальний перетворювач, $I_{вих} = 0-5$ мА	П282	1	АТ «Хімавтоматика», м. Северодонецьк

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2-1	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,7 м	Місцевий	Рівнемір буйковий з пневматичним вихідним сигналом; $P_{\text{вих}} = 0,02\text{--}0,1$ МПа; діапазон температур: (-50)...+100°C діапазон вимірювання: від 0,02 до 1 м, клас точності 1	УБ-П	1	ВО «Теплоприбор», м. Рязань
2-2	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,7 м	Щит керування	Прилад вторинний пневматичний, показувальний, реєструвальний зі станцією керування, $P_{\text{вх}} = 0,02\text{--}0,1$ МПа	ФК 0071	2	АТ «Тизприбор», м. Москва
2-3	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,7 м	Щит керування	Регулятор пневматичний, пропорційно-інтегральний, $P_{\text{вих}} = 0,02\text{--}0,1$ МПа	ФР 0091	2	АТ «Тизприбор», м. Москва
2-4	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,7 м	Місцевий	Пневмопривід мембранний, $P_{\text{вих}} = 0,02\text{--}0,1$ МПа	В26-41	1	АТ «Тизприбор», м. Москва
2-5	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,7 м	Місцевий	Перетворювач пнемоелектричний, $P_{\text{вх}}=20\text{...}100$ кПа, $I_{\text{вих}}=0(4)\text{...}20$ мА	ППЭ-ДУ	1	АТ „Хімавтоматика”, м. Северодонецьк
2-6	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,7 м	Місцевий	Перетворювач електропневматичний, $I_{\text{вх}}=0(4)\text{...}20$ мА, $P_{\text{вих}}=20\text{...}100$ кПа	ЭПП-М	1	АТ „Хімавтоматика”, м. Северодонецьк

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3-1	Рівень	Бак з електролітом	0,5 м	Місцевий	Рівнемір буйковий з пневматичним вихідним сигналом; $P_{\text{вих}} = 0,02\text{--}0,1$ МПа; діапазон температур: $(-50)\dots+100^{\circ}\text{C}$ діапазон вимірювання: від 0,02 до 1 м, клас точності 1	УБ-П	1	ВО «Теплоприбор», м. Рязань
3-2	Рівень	Бак з електролітом	0,5 м	Щит керування	Прилад вторинний пневматичний, показувальний, $P_{\text{вх}} = 0,02\text{--}0,1$ МПа	ФК 0071	2	АТ «Тизприбор», м. Москва
3-3	Рівень	Бак з електролітом	0,5 м	Місцевий	Перетворювач пневмоелектричний, $P_{\text{вх}}=20\dots100$ кПа, $I_{\text{вих}}=0(4)\dots20$ мА	ППЭ-ДУ	1	АТ „Хімавтоматика”, м. Северодонецьк
4-1	pH	Електроліт, електролітична ванна	10...11	Місцевий	Чутливий елемент рН-метра заглибного виконання; діапазон температур: $0\text{--}100^{\circ}\text{C}$, з тиском у діапазоні 0,025–0,6 МПа	ДПг-4М	1	Гомельський завод вимірювальних приладів, м. Гомель
4-2	pH	Електроліт, електролітична ванна	10...11	Місцевий	Перетворювач високоомний, $I_{\text{вих}} = 0\text{--}5$ мА	П-201	2	Гомельський завод вимірювальних приладів, м. Гомель
4-3	pH	Електроліт, електролітична ванна	10...11	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний прилад, $I_{\text{вх}} = 0\text{--}5$ мА	А543	1	ЗАТ «Промышленная группа «Метран», м. Челябинськ

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4-4	pH	Електроліт, електролітична ванна	10...11	Щит керування	Регулятор електронний, пропорційно-інтегральний, $I_{\text{вх}} = 0-5 \text{ мА}$	МІК-21	1	Підприємство «МІКРОЛ», м. Івано-Франківськ
4-5	pH	Електроліт, електролітична ванна	10...11	Місцевий	Перетворювач електропневматичний, $I_{\text{вх}} = 0-5 \text{ мА}$ $P_{\text{вих}} = 0,02-0,1 \text{ МПа}$	ПЕП-95	2	АТ «Саранский приборостроительный завод», м. Саранськ
4-6	pH	Електроліт, електролітична ванна	10...11	Місцевий	Пневмопровід мембранний, прямохідний з боковим дублером	МИМП ППХ 01	1	ВАТ «Прикарпатпром-арматура», м. Івано-Франківськ
5-1	Густина струму та напруга	Електролітична ванна	$I = 264 \text{ А}$, $U = 3,1 \text{ В}$	Місцевий	Агрегат випрямний для гальванічних ванн, $I_{\text{max}} = 800 \text{ А}$, $U_{\text{max}} = 12 \text{ В}$	ТЕІ-400/12Т	1	ЗАТ МДК «ЕЛАРП» м. Москва
5-2	Сила струму та напруга	Електролітична ванна	$I = 264 \text{ А}$, $U = 3,1 \text{ В}$	Місцевий	Пульт дистанційного керування для випрямного агрегату ВАК-6300-24У4	ПДУ ВАК	1	ЗАТ МДК «ЕЛАРП» м. Москва

ДОДАТОК В

[illegible]