

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»

Хіміко-технологічний факультет

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра технології електрохімічних виробництв

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

О. В. Лінючева

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«_____» _____ червня 2020 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

спеціальності: _____ 161 Хімічні технології та інженерія _____
(код і назва)

на тему: _____ Гальванічні покриття в авіабудуванні. Розробка технологічного процесу нанесення блискучого цинкового покриття на сталеві деталі _____

Виконав: студентка _____ IV _____ курсу, групи _____ ХЕ-61 _____
(шифр групи)

Максимчук Анна Едуардівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник _____ к.т.н., асист., Ущаповський Д.Ю. _____
(посада, наукова ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультанти

Автоматизація

(назва розділу)

доц. Сазонов А.Ю.

(посада, наукова ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Охорона праці

(назва розділу)

доц. к.т.н. Полукаров Ю.О.

(посада, наукова ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Економічна частина

(назва розділу)

доц. к.т.н. Підлісна О.А.

(посада, наукова ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, наукова ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ – 2020 року

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

Спеціальність 161- Хімічні технології та інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О.В. Лінючева
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» __ червня 2018 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту

_____ Максимчук Анні Едуардівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Гальванічні покриття в авіабудуванні. Розробка технологічного процесу нанесення блискучого цинкового покриття на сталеві деталі» керівник проекту Ущатовський Д.Ю., к.т.н., асист.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 22 » __ квітня 2020 р. № 1031-с

2. Термін подання студентом проекту « 12 » червня 2020 р.

3. Вихідні дані до проекту Матеріали з практики. Зарубіжні та вітчизняні монографії та періодичні видання. Завдання з продуктивності 14000 м²/рік. _

4. Зміст пояснювальної записки Складання технологічної карти, розрахунок балансів струму, напруги, енергії, обґрунтування і вибір покриття, розрахунок організаційно-економічних показників, заходи охорони праці, автоматизація процесу хромування, екологічна безпека.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) 1) Креслення гальванічної ванни, 2) Схема технологічного процесу, 3) Схема автоматизації, 4) Економічна частина, 5) Очищення стічних вод

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання « 01 » квітня 2020 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Наведення характеристик деталей, що підлягають обробці		
2	Вибір виду покриття		
3	Вибір підготовчих операцій		
4	Вибір складу електроліту для нанесення гальванічного покриття		
5	Вибір завершальних операцій		
6	Складання карти технологічного процесу		
7	Виконання технологічних розрахунків		
8	Виконання креслень ванн		
9	Складання схеми очищення стічних вод		
10	Складання схеми автоматизації основного процесу		
11	Виконання економічних розрахунків		
12	Виконання розділу «Охорона праці та техніка безпеки»		
13	Оформлення пояснювальної записки		
14	Оформлення графічної частини проекту		

Студент

_____ (підпис)

А.Е.Максимчук
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

_____ (підпис)

Д.Ю. Ущатовський
(ініціали, прізвище)

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДПХЕ6113.1450..000.ПЗ	Пояснювальна записка		
3	A1	ДП ХЕ6113.1450. 001СК	Гальванічна ванна (складальний кресленник)	1	
4	A1	ДП ХЕ6113.1450. 002	Схема технологічного процесу	1	
5	A1	ДП ХЕ6113.1450. 003	Схема очистки стічних вод	1	
6	A1	ДП ХЕ6113.1450. 004	Схема автоматизації	1	
7	A1	ДП ХЕ6113.1450.005	Техніко-економічні показники гальванічного цеху	1	

				ДП ХЕ6113.1450.000		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Максимчук			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.	Ущапоський				1	1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ТЕХВ Гр. ХЕ-61	
Н/контр.						
Зав.каф.	Лінючева					

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту**

на тему: Гальванічні покриття в авіабудуванні. Розробка технологічного процесу нанесення блискучого цинкового покриття на сталеві деталі

Київ – 2020 року

РЕФЕРАТ

«Гальванічні покриття в авіабудуванні. Розробка технологічного процесу нанесення блискучого цинкового покриття на сталеві деталі»

Максимчук А.Е. – Київ: КПП імені Ігоря Сікорського, ХТФ, ХЕ-61

Дипломний проект, 2020 рік, кількість сторінок – 79, таблиць – 20, рисунків – 5, джерел – 5.

У проекті розроблено технологію нанесення блискучого цинкового покриття на деталь простої конфігурації - сталевий кронштейн підвіски керма висоти, з метою покращення захисно-декоративних властивостей виробу. Осадження покриття проводиться із сульфатного електроліту цинкування у електролізері при катодній густині струму 1 А/дм^2 . У проекті проведено конструктивні та технологічні розрахунки, вибране відповідне обладнання, розроблена схема автоматичного регулювання процесу міднення. Виконано розрахунки енергогосподарства, заробітної плати та техніко-економічних показників. У проекті використано реагентний метод очищення стічних вод, проаналізовані шкідливі та небезпечні виробничі фактори й запропоновано заходи з техніки безпеки та охорони праці.

Ключові слова: гальванічні покриття, цинкування, гальванічна ванна, безбарвне хромування, баланс струму, електроліз, стічні води.

					ДП ХЕ6113.1450.000 ПЗ					
ИЗ	Лист	№ докум	Підп	Лат	Розробка технології нанесення цинкового покриття на сталеві деталі.			Лит.	Лист	Листов
Розроб.	Максимчук									
Перев.	Ущиповський								5	79
								«КПП ім. Ігоря Сікорського», ХТФ, ХЕ-61		
Н.контр.										
Утв.	Лінючева									

ЗМІСТ

Вступ	13
РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	14
1.1 Вибір виду та товщини гальванічного покриття. Характеристика виробів на які наносять покриття.....	14
1.2 Вибір технологічного процесу.....	14
1.2.1 Обґрунтування вибору технологічного процесу	14
1.2.2 Підготовка поверхні виробів перед нанесенням гальванічного покриття	15
1.2.3 Вибір електроліту для нанесення гальванічного покриття.....	17
1.2.5 Контроль якості гальванічного покриття	22
1.3. Вибір і розрахунок обладнання для нанесення гальванічних	23
покриттів.....	23
1.3.1. Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання	23
1.3.2. Визначення виробничої програми обладнання.....	24
1.3.3. Вибір виду обладнання для нанесення гальванічного покриття, розрахунок його кількості та габаритних розмірів	25
1.3.4. Перерахунок діючого обладнання.....	26
1.4. Технологічні розрахунки.....	29
1.4.1. Баланс струму на гальванічній ванні	29
1.4.2. Баланс напруги на гальванічній ванні	31
1.4.3. Вибір джерела струму для гальванічної ванни	33
1.4.4. Визначення джоулевої теплоти, складання балансу енергії.....	34
1.4.5. Розрахунок витрат матеріалів	35
Витрати хімічних реактивів на виконання річної виробничої	36
Розрахунок витрат води	36
Витрати води на приготування електроліту.....	36
Витрати води на розкладання при електролізі.....	37
Витрати води на винесення із газами.....	38
Витрати води на випаровування з поверхні електроліту	39
Витрати води на промивні операції	40
РОЗДІЛ 2 АВТОМАТИЗАЦІЯ ГАЛЬВАНІЧНОГО ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ ЦИНКОВОГО ПОКРИТТЯ.....	42
2.1. Аналіз технологічного процесу захисного цинкового покриття як об'єкта автоматизації .	42
2.2. Опис розробленої схеми автоматизації процесу нанесення захисного цинкового покриття.....	44
РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІКО – ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ	45
3.1 Класифікація виробничих процесів	46
3.2 Оптимізація виду руху предметів праці	47

3.3	Визначення середньорічної тривалості виробничого циклу, річного випуску продукції	50
3.4	Розрахунок капіталовкладень	51
3.5	Розрахунок вартості електроенергії на технологічні потреби	52
3.6	Розрахунок оборотних засобів	52
3.7	Визначення кількості працюючих, графіку роботи підприємства	53
РОЗДІЛ 4 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА, ОЧИСТКА СТИЧНИХ ВОД.....		59
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....		66
5.1.	Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектованому об'єкті. Заходи з охорони праці.....	66
5.1.1.	Повітря робочої зони	66
5.1.2	Виробниче освітлення	5
5.1.3	Захист від виробничого шуму та вібрації.....	6
5.1.4	Електробезпека.....	7
ВИСНОВОК		9
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		10
ДОДАТОК А		5
ДОДАТОК Б.....		9

Вступ

Одною з головних вимог до металевих конструкцій, обладнання заводів і фабрик, деталей машин та різноманітних металевих виробів є довговічність. Вироби повинні мати достатню хімічну стійкість, щоб протидіяти атмосферній корозії. Щорічно внаслідок корозії руйнується багато тисяч металевих виробів, що завдає великої шкоди усім видам промисловості.

Перевагою гальванічного процесу нанесення металевих покриттів є можливість регулювання товщини покриття, змінюючи густину струму та час проведення електролізу.

Нанесення гальванічних покриттів застосовуються у багатьох галузях промисловості для захисту деталей від корозії та отримання нових функціональних властивостей: підвищеної поверхневої світло відбиваючої здатності, зносостійкості, антифрикційних властивостей, твердості, тощо. За механічними властивостями, корозійною стійкістю, чистотою та економічною доцільністю гальванічні покриття мають перевагу над усіма іншими.

Існує багато різних методів захисту металів від корозії. У техніці широко використовуються лакофарбні, хімічні і гальванічні покриття. Зазвичай, одночасно із захисними властивостями, покриття повинно бути декоративним.

При виборі покриттів у відповідності зі стандартом ГОСТ 9.303-84 слід враховувати призначення та матеріал деталей, умови експлуатації деталей, призначення та властивості покриття, спосіб нанесення покриття та економічну доцільність застосування цього покриття. Корозійна дія середовища, яка визначається умовами експлуатації виробів, є одним із найважливіших факторів, які зумовлюють вибір виду покриття.

В даному дипломному проекті розроблена технологія і розрахунок обладнання для нанесення захисно-декоративного блискучого цинкового покриття на сталеві деталі для авіабудування. Підібрано оптимальні параметри процесу, при яких буде отримано якісне покриття, що надійно захищає деталі від корозії. Розраховані економічні показники процесу, а також розроблені відповідні заходи з охорони праці.

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Змі	Днк	№ доквм.	Підпис	Да		

РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Вибір виду та товщини гальванічного покриття. Характеристика виробів на які наносять покриття

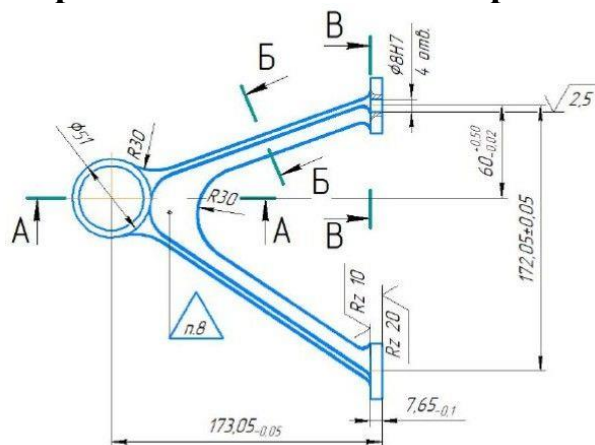


Рис.1.1- Сталевий кронштейн підвіски керма висоти

Захисне цинкове покриття наносимо на кронштейн підвіски керма висоти виготовлений зі сталі. Дану деталь використовують у авіабудування. Керуючі поверхні літака (елерони, кермо висоти і напрямку, інтерцептори, тримери і т.п.), деякі види механізації крила (поворотні щитки, закрилки і т.п.) стулки шасі, вантажні люки з'єднуються з нерухомими частинами конструкції літака за допомогою вузлів навішування, основними елементами яких є кронштейни.

Оскільки планується використання деталі в помірному кліматі згідно ГОСТ 9.303-84, доцільно обрати цинкове покриття з товщиною 10 мкм з подальшим обр'язковим безбарвним хроматуванням.

1.2 Вибір технологічного процесу

1.2.1 Обґрунтування вибору технологічного процесу

Одна з головних вимог до покриття – міцне зчеплення з основою. Тому перед нанесенням покриття поверхню виробу слід ретельно очистити від продуктів корозії та жирових плівок.

Після механічної обробки шорсткість металу основи для захисного покриття не повинна перевищувати Ra 10. Неоднорідність прокату, загорнена окалина, раковини, тріщини, пори, розшарування, що проявилися після травлення, є браком, якщо при контрольному зачищенні, зазначені дефекти виводять деталі за граничні відхилення.

Прийом деталей проводиться згідно вимог до поверхні основного металу, які наведені в ГОСТ 9.301-86.

При виборі електроліту звертаємо увагу на його стійкість, токсичність, розсіювальну здатність та економічну доцільність. Нанесення гальванічного покриття провидимо на підвісках у стаціонарних ваннах.

1.2.2 Підготовка поверхні виробів перед нанесенням гальванічного покриття

Для отримання якісних покриттів перед електролізом необхідно провести серію операцій призначених для очистки поверхні металу-основи від різноманітних мастил, змазок, полірувальних паст, іржі та ін. Наявність забруднень значно погіршує адгезію покриття.

Жирові забруднення за походженням поділяються на мінеральні, тваринні та рослинні.

Жири мінерального походження (консистентні мастила і мінеральні масла, полірувальні пасти) не розчиняються у воді. Їх видаляють органічними розчинниками. Проте робота з такими розчинами потребує суворого дотримання правил техніки безпеки, до того ж такі розчинники є дорогими та потребують складного устаткування [1].

Жири рослинного і тваринного походження можна розчинити у водних розчинах лугів і солей лужних металів.

Хімічне знежирення, проводиться для видалення основної кількості жирових забруднень в розчині зі складом (г/л):

Тринатрій фосфат ГОСТ 201-76 30...70,

Натрію карбонат ГОСТ 5100-76 20...25,

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Адк.
						15
Змі	Днк	№ доквм.	Підпис	Да		

Натрію гідроксид ГОСТ2 263-79 5...15,

Натрію силікат ГОСТ13078-81 10...20.

Температура хімічного знежирення 70...80 °C, до 20 хв.

Контроль температури проводять на початку зміни потім через 4 год спиртовим термометром.

Для видалення іржі та оксидів з поверхні металу проводять операцію травлення у стаціонарній ванні, обладнана місцевою витяжною вентиляцією (швидкість руху повітря 1...1,2 м/с).

Це хімічне розчинення продуктів окиснення металу в розчинах кислот або лугів.

Для травлення сталевих деталей використовується розчин складу (г/дм³):

Кислота хлоридна ГОСТ 857-78 200...250,

Уротропін ГОСТ 1381-78 3...5.

Температура процесу – 18...25 °C, час обробки – 20...40 хв. Приготування і коректування електроліту проводять згідно ОСТ 107.460092.001-86.

Безпосередньо перед нанесення покриття вироби активують у стаціонарній ванні, яка обладнана місцевою витяжною вентиляцією (швидкість руху повітря 0,8...1 м/с) в розчині:

Кислота сульфатна ГОСТ2184-77 - 50...100.

Температура процесу 18...25 °C, час обробки: 0,25...0,5 хв. Приготування і коректування електроліту проводять згідно ОСТ 107.460092.001-86.

Промивання проводиться в ваннах стаціонарного типу з холодною проточною водою у стаціонарній ванні. Застосовують воду питну ГОСТ 2874-82.

1.2.3 Вибірелектроліту для нанесення гальванічного покриття

Цинкування проводять в простих (кислих, сірчанокислих, хлористих, борфтористоводневих) і складних комплексних (ціаністих, цинкатних, пірофосфатних, аміакатних, амінокомплексних та ін.) електролітах.

Якість опадів і швидкість їх осадження залежать від природи і складу електролітів, які в значній мірі визначаються характером і ступенем зміни катодних потенціалів. Чим більше катодний поляризація, тим більше дрібнозернисті і рівномірні по товщині покриття осідають на деталі.[3]

У *кислих електролітах* без спеціальних добавок катодна поляризація невелика, хоча опади з кислих електролітів задовільні за структурою, але менш рівномірні по товщині шару, ніж з ціаністих і інших комплексних електролітів. Крім того, часто до сірчанокислих електролітів додають блискоутворюючі речовини. Допустима щільність струму і швидкість осадження в кислих електролітах можуть бути значно вище, ніж в комплексних. Найбільш ефективними є борфтористоводневі електроліти, так як вони мають високі буферні властивості.

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

Відприроди і складу електролітівзалежатьякістьосадів на катоді і швидкістьпроцесуосадження. Оскількиякістьосадів і швидкістьпроцесу в значніймірівизначаються характером і ступенемзмінікатоднихпотенціалів, то для порівняльноїоцінкиелектролітівнаведених в таблиці1.2 найкраще виходити з відносного розташування поляризаційних кривих (Рис.1.2) [4]. Чим різкіше виражена катодна поляризація, тим більш рівномірні і дрібнозернисті по товщині утворюються на катоді осади.

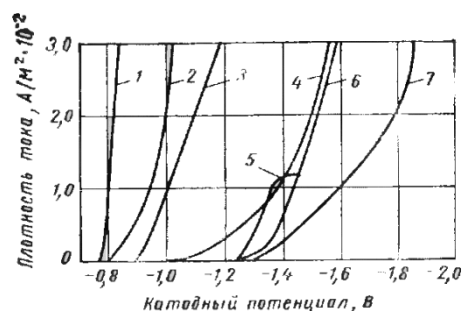


Рис.1.2 – Відносне розміщення поляризаційних кривих при електроосадженню цинку з різних електролітів без перемішування.

Таблиця 1.1 – Склад кислих електролітів для цинкування та умови електролізу

Компоненти електролітів	Склад електролітів (г/л)						
	1	2	3	4	5	6	7
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	215	200-250	140	70-100	—	450-700	—
ZnCl ₂	—	—	—	—	—	—	200-250
Zn(BF ₄) ₂	—	—	—	—	250-300	—	—
Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O	30	25-30	—	—	—	25-30	—
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	50-100	—	70	—	—	—	—
NH ₄ Cl	—	—	—	200-250	—	—	250-300
NH ₄ BF ₄	—	—	—	—	25-30	—	—
CH ₃ COONH ₄	—	—	—	30-40	—	—	—
NaCl	—	—	25	—	—	—	—
H ₃ BO ₃	—	25-30	—	—	10-15	—	—
Декстрин	10	8-10	—	—	—	—	—
Диспергатор НФ	—	—	—	50-100мл/л	—	—	—
ДЦУ	—	0,5-1	2	—	—	—	—
У-2	—	1-1,5	—	—	—	—	—
ОП-10	—	—	—	—	8-10	—	—
Тиокарбамид	—	—	—	—	2-3	—	—
рН	3,8-4,5	4-4,2	2	3,5-5	3-4,5	3,5-4,5	3,8-5
t, °C	18-25	15-30	20	18-25	20	40-50	18-65
i _к , А/дм ² · 10 ⁻²	0,5-2	1-3	2	1-3	до 4-5	10-300	10-100

Осадження цинку з *ціаністих електролітів* відбувається при високій катодного поляризації, особливо при великому вмісті вільного CN^- . Опади з ціаністих електролітів виходять дуже дрібнозернистими і більш рівномірними по товщині, ніж з кислих електролітів без спеціальних добавок.

У ціаністих електролітах вихід металу по струму нижче, ніж в кислих електролітах, він знижується при підвищенні щільності струму (особливо різко при великому вмісті вільного CN^-), що сприяє поліпшенню рівномірності розподілу металу на катоді. Допустима щільність струму в ціаністих електролітах, як правило, нижче, ніж в кислих.

Ціаністі електроліти застосовують в промисловості для нанесення покриттів на деталі різної форми - простих і складних по конфігурації.

У ціаністих електролітах (без спеціальних добавок) відбувається значне наводнення сталевих деталей, що призводить до різкого погіршення їх механічних властивостей після цинкування: зменшується пластичність, збільшується схильність стали до крихкого руйнування. Тому не допускається електролітичне цинкування в ціаністих електролітах деталей, виготовлених із сталей з межею міцності 1400 МПа і більше. Великим недоліком ціаністих електролітів є їх токсичність, пов'язана з випаровуванням синильної кислоти як при роботі електроліту, так і при його приготуванні.

У *пірофосфатних електролітах* стаціонарні потенціали і потенціали виділення Zn на катоді мають більш негативні значення, ніж в кислих електролітах. Підвищена катодний поляризованість і зниження виходу Zn по току при збільшенні щільності струму в цих електролітах обумовлюють більш рівномірний розподіл металу по катодного поверхні. Якість опадів у великій мірі залежить також від рН, концентрації вільного $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ або $\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ і температури.

У *аміакатних електролітах* Zn присутній у вигляді аміачного комплексного катіона $\text{Zn}(\text{NH}_3)_n^{2+}$ (де $n = 1 \div 4$ в залежності від концентрації аміаку). Відновлення цих іонів протікає при більш негативному потенціалі, ніж відновлення простих гідратованих іонів, але з підвищенням щільності струму катодний потенціал змінюється не так різко, як у ціаністих і пірофосфатних

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змі	Арк	№ доквм.	Підпис	Да		

електролітах, а нахил поляризаційних кривих менше. Розсіювальна здатність аміакатних електролітів вище, ніж в простих кислих (без спеціальних добавок), але поступається розсіює здатності ціаністих. Аноди в аміакатних електролітах розчиняються в інтервалі робочих густин струму (рівним катодних) з високим виходом по току.

До **комплексних електролітів** відносяться етилендіамінового, моноетаноламінові, тріетаноламінові, поліетіленполіамінові, гліколеві, трілонатні і ін.

Лужні не ціаністі, тобто **цинкатні**, електроліти на відміну від ціаністих нетоксичні і більш прості і стійкі за складом, ніж ціаністі. Катодна поляризація в цинкатних електролітах без спеціальних добавок ПАР виражається порівняно невеликою величиною і мало залежить від концентрації цинку і лугу.

Блискучі цинкові покриття утворюються тільки на ретельно відполірованій поверхні сталі, міді та інших металів після короткочасного (5-10с) підвищення на початку електролізу густини струму («поштовху» струму) при перемиканні полярності. Також блискуче цинкове покриття (на полірованої сталі) з цинкатного електроліту отримують при електролізі реверсним струмом і з поштовхом струму на початку електролізу.

Сульфатні електроліти прості в роботі, не токсичні, мають високий вихід за струмом (близький до 100%) та стабільні, тому доцільно буде використовувати саме цей електроліт, який має склад №2 з табл.1.3

Таблиця 1.3– Неполадки ванни цинкування та способи їх усунення

Характер неполадок	Причини	Способи усунення
1	2	3
Покриття губчасте, темне, рихле	1. Висока густина струму 2. Високий рівень рН 3. Міст домішок (Cu ²⁺ , Pb, St, As, Fe ²⁺ → Fe ³⁺)	As, Sn, Pb-опрацювання електроліту; Cu видаляється контактним обміном або цементациєю; Fe ²⁺ → Fe ³⁺ = Fe(OH) ₃ ; якщо це органічні домішки-дати H ₂ O ₂ +вуглець=відстоювання протягом однієї доби, після чого відфільтровування електроліту; якщо ж вийшли з ладу желатин або

		клей, потрібно додати тонік 0,5 г/л.
Темні плями на покритті	1. Низька густина струму 2. Електроліт з декстрином (неякісний)	H_2O_2 + перемішування + вугілля → фільтрування
Шорсткість покриття	1. Висока густина струму 2. Низька концентрація іонів Zn^{2+} 3. Забруднення електроліту	
Відшаровування покриття	1. Погане знежирення 2. Різке підвищення густини струму	1. Відрегулювати режим цинкування 2. Поліпшити підготовку виробів перед цинкуванням

Аноди застосовувати з цинку марки ЦО (ГОСТ 1180-74). Аноди підвішують на штанги за допомогою латунних, мідних або сталевих гачків. При цьому неприпустимий контакт мідних або латунних гачків з електролітом. Іони Zn^{2+} надходять в розчин за рахунок розчинення цинкових анодів, і коли Zn^{2+} накопичується занадто багато, частина цинкових анодів замінюється сталевими, щоб довести концентрацію Zn^{2+} до оптимального рівня.

1.2.4 Вибір і обґрунтування завершальних операцій

Після нанесення покриття проводять видалення водню термічною обробкою. Деталі нагрівають при температурі 180-200 °C протягом 2-3 год.

Для підвищення корозійної стійкості та покращення зовнішнього вигляду, деталі пасивують. Пасивування заключається у зануренні деталей в розчин для пасивування з утворення пасивної плівки товщиною 0,5-1 мкм.

Склад розчину для пасивування (г/дм³):

CrO_3 – 10-15;

HNO_3 – 3-7;

Na_2SO_4 – 10-15.

Тривалість пасивування 18-36 с за температури 18-25°C.

Далі проводять безбарвне хроматування. Для отримання безбарвних хроматних плівок на блискуче цинкове покриття, що отримане з лужних або слабо кислих електролітів використовують композицію Likonda® 21.

Композиція Likonda® 21 це суха порошкоподібна суміш сполук Cr(VI) і Cr(III) та неорганічних солей. Склад розчину для хроматування (в г/дм³) [5]:

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змі	Друк	№ док.м.	Підпис	Дат		

Композиція Likonda® 21	– 40...50,
Сульфатна кислота	– 1,5...1,8,
Нітратна кислота	– 2.

Кислотність розчину підтримувати в межах рН 1,9 ... 2,5. Температура розчину 15 °С...30 °С. Тривалість хроматування 20 с...40 с. Рекомендується проводити легке перемішування стислим повітрям або похитуванням підвісок.

Сушіння проводиться за температура 50- 60°С, час - до повного висихання, але не менше 5-15 хв. Сушіння проводять в сушильній камері. Для цього деталі із сітчастих корзинок висипають на низ сушильної шафи. Дозволяється сушити деталі на повітрі. Потрібно провести термообробку деталі в сушильній шафі при температурі 180 – 200 °С протягом 2 - 8 год.

1.2.5 Контроль якості гальванічного покриття

Якість отриманого покриття повинна відповідати вимогам ГОСТ 9.301-86 .

Контроль зовнішнього вигляду покриття проводиться на 100 % деталей шляхом огляду неозброєним оком. Покриття повинне бути міцно зчеплене з основним металом, без лущення, скалок, здуттів і розтріскування.

На поверхні покритої деталі не є браком наступні ознаки:

- нерівномірність блиску й кольору;
- сліди від потьоків води;
- відсутність покриття в місцях контакту деталі із пристосуванням, що перебуває на неробочій поверхні деталі, крім особливих випадків, обумовлених у конструкторському документі;
- зміна інтенсивності кольору після нагрівання.

Методами, що дозволяють виміряти товщину кожного шару є кулонометричний, метод рентгенівської спектрометрії, мікроскопічний метод і метод сканування електронним мікроскопом. Пріоритетним є контроль товщини покриття за допомогою неруйнівного методу.

Оскільки обладнання для сканування електронним мікроскопом є більш дорогим та складним, буде застосовуватися метод рентгенівської спектрометрії.

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змі	Друк	№ докум.	Підпис	Да		

Метод заснований на аналізі спектру, отриманого шляхом впливу на досліджуваний матеріал рентгенівським випромінюванням. Під час опромінення рентгенівськими променями атом кожного хімічного елемента зразка випромінює енергію (вторинне випромінювання), по спектру якого елемент може бути однозначно визначено. Детектор рентгенофлуоресцентного приладу реєструє вторинне випромінювання, визначає його енергію і інтенсивність і представляє у вигляді спектра. Оцінка спектра за допомогою спеціальних алгоритмів дає можливість визначити з яких елементів складається зразок, їх відсотковий вміст, а також товщину матеріалу. Відносна похибка методу складає 10%. Застосовувати рентгенофлуоресцентний товщиномір Маххі 6.

Контроль на міцність зчеплення забезпечується методом нагріву до 200°C та витримці протягом 1 години з наступним візуальним оглядом поверхні покриття. На контрольованій поверхні не повинне спостерігатися здуття або відшаровування покриття.

Контроль товщини та міцності зчеплення проводимо для 0,1-1% виробів, але не менше 3.

1.3. Вибір і розрахунок обладнання для нанесення гальванічних покриттів

1.3.1. 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 виходячи з кількості календарних днів у році (365) за вирахуванням вихідних (104) і святкових (11) днів, при п'ятиденному робочому тижні тривалістю 40 год. і однозмінній роботі складає приблизно:

$$T_H = \left((365 - 104 - 11) \cdot \frac{40}{5} - 6 \right) = 1994 \text{ год}$$

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання T_d визначають, виходячи із T_H з урахуванням загальних річних витрат часу на неминучі простої обладнання (K_{np}), які в гальванічному виробництві можуть складати від 2 до 8%, тобто:

$$T_d = T_H - K_{np} \cdot T_H = 1994 - 0,02 \cdot 2002 = 1954,12 \text{ год}$$

Прийняли загальні витрати часу на простої обладнання – 2 % від T_H .

1.3.2. 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 % ($K_{bp} = 0,005...0,03$) від P_z в одиницях, які прийняті для даного виду продукції (квадратні метри площі, штуки, кілограми ваги деталей):

$$P_p = P_z + K_{bp} \cdot P_z,$$

$$P_p = 10000 + 0,02 \cdot 10000 = 10200 \text{ м}^2/\text{рік}$$

Добова виробнича програма $P_{доб}$ складає:

$$P_{доб} = \frac{P_p}{T_{доб}},$$

$$P_{доб} = 10200/251 = 40,64 \text{ м}^2/\text{добу}$$

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

Годинна виробнича програма P_z визначається як:

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

$$P_z = \frac{10200}{1954,12} = 5,22 \text{ м}^2/\text{год}$$

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

Вид обладнання обирають, виходячи з розмірів оброблюваних виробів та особливостей технологічного процесу. Для нанесення покриття на дрібні деталі вибирають, установки з барабанными електролізерами, обробку інших деталей здійснюють у гальванічних ваннах, обладнаних підвісними пристроями .

Для розрахунку обладнання необхідно знати:

- річну виробничу програму, $m^2 \cdot \text{рік}^{-1}$ ($\text{кг} \cdot \text{рік}^{-1}$, $\text{шт} \cdot \text{рік}^{-1}$);
- час обробки однієї завантажувальної одиниці (підвіска з деталями або барабан) з урахуванням часу на завантаження і вивантаження τ , хв;
- товщину покриття на деталях, мкм;
- габаритні розміри деталі та її площу.

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

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

Тривалість обробки однієї завантажувальної підвіски τ складається із двох величин:

$$\tau = \tau_m + \tau_{об},$$

де $\tau_{об}$ - час обслуговування, необхідний для завантаження деталей у ванну та їх вивантаження, приймаємо 1 хв; τ_m - технологічний час (час обробки деталей у ванні) за формолою:

$$\tau_m = \frac{\delta \cdot d_m \cdot 60}{k_{e/x} \cdot i_k}$$

$$\tau_m = \frac{10 \cdot 10^{-2} \cdot 7,1 \cdot 60}{1,22 \cdot 1} = 34,9 \text{ хв}$$

$$\tau = 1 + 34,9 = 35,9 \text{ хв}$$

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змі	Друк	№ доквм.	Підпис	Да		

де δ_n – товщина покриття, мкм; d_m – густина металу покриття, г/см³;
 $k_{e/x}$ – електрохімічний еквівалент, г/А · год; i_k – середня катодна густина струму, А/дм².

$$n = \frac{1961,69 \cdot 60}{35,9 \cdot 1,1} = 2980$$

Тоді разове завантаження усіх ванн Y_c , м² (шт. або кг).

$$Y_c = \frac{P_c}{n}$$

$$Y_c = \frac{10200}{2980} = 3,42 \text{ м}^2$$

1.3.4. 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.

Габаритні розміри вибраного типу ванни:

$B=1000$ мм – ширина ванни;

$L=2000$ мм – довжина ванни;

$H=1000$ мм – висота ванни;

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

$$l_n = l - 2 \cdot l_1,$$

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

де l – внутрішня довжина ванни – 1 м; l_1 – відстань від краю підвіски до борта ванни (приймають у межах 0,10...0,15 м).

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

$$h_n = 1 - 0,15 - 0,05 - 0,2 = 0,6 \text{ м},$$

де h – внутрішня висота ванни – 1 м; h_1 – відстань від дна ванни до нижнього краю підвіски – $0,15$, м; h_2 – відстань від верхнього краю підвіски до дзеркала електроліту (приймають $0,05$ м); h_3 – відстань від дзеркала електроліту до верхнього краю ванни – $0,2$ м.

Визначивши габаритні розміри підвіски і знаючи габаритні розміри деталей, визначають кількість деталей n_d , яку можна закріпити на одну підвіску (між деталями необхідно передбачити невеликі зазори, деталі не повинні екранувати одна одну).

$$n_d = 29 \text{ шт.}$$

Схема розташування деталей на підвісці наведена на рис. 1.3

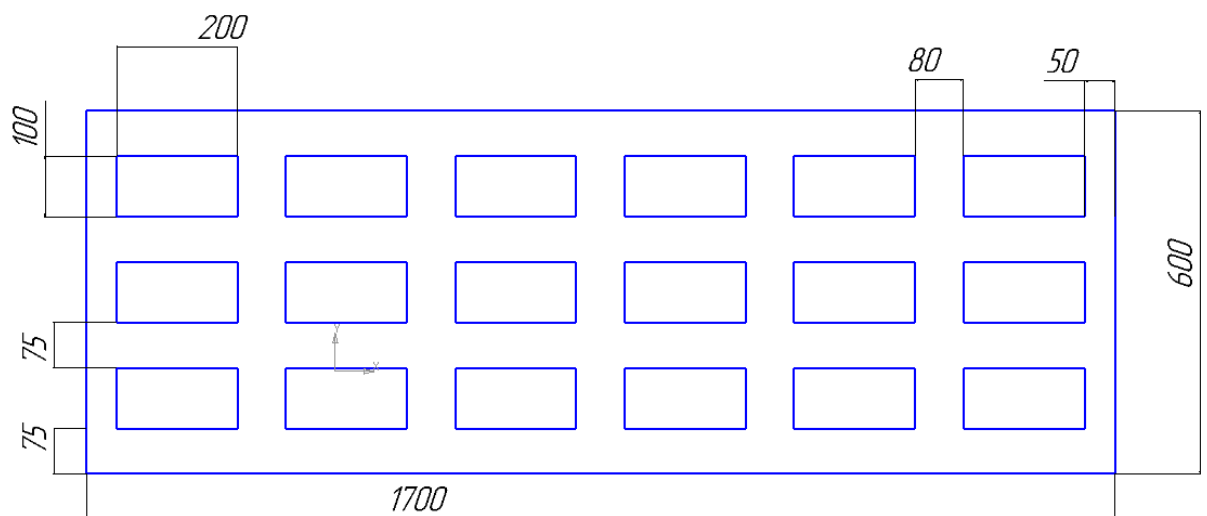


Рис. 1.3. Схема розташування деталей на підвісці

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

$$S_n = S_d \cdot n_d,$$

$$S_n = 0,149 \cdot 29 = 4,321 \text{ м}^2,$$

де S_d – поверхня однієї деталі $0,149 \text{ м}^2$;

n_d – кількість деталей на підвісці 29 шт.

Визначають поверхню одноразового завантаження у ванну $S_{03}, \text{ м}^2$:

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

$$S_{03} = 4,321 \cdot 1 = 4,321 \text{ м}^2$$

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

Потім розраховують відстань між анодом і ближнім краєм підвіски з деталями l_{a-k} і перевіряють, чи відповідає вона унормованому значенню, яке повинно складати $0,10...0,30 \text{ м}$, що необхідно для забезпечення максимальної рівномірності покриття.

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

$$l_{a-k} = \frac{1 - 0,2 - 2 \cdot 0,02 - 2 \cdot 0,1}{2} = 0,28 \text{ м},$$

де B – внутрішня ширина ванни 1 м ; B_n – товщина підвіски з деталями (визначається із креслення підвіски з деталями) $0,02 \text{ м}$; B_a – товщина анодів

$0,02 \text{ м}$; B_1 – відстань між анодом і боковою стінкою ванни, приймають $0,05...0,1 \text{ м}$.

Розрахована величина l_{a-k} не повинна бути меншою унормованого значення.

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

$$n_6 = \frac{Y_c}{S_{03}}$$

$$n_6 = \frac{3,42}{4,321} = 0,8 \approx 1 \text{ ванна}$$

коли n_6 – дробове число, то його заокруглюють у більший бік.

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змі	Друк	№ доквм.	Підпис	Да		

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

$$P_p' = S_{oz} \cdot n_s \cdot \frac{T_o \cdot 60}{\tau \cdot K_{ob}}$$

$$P_p' = 4,321 \cdot 1 \cdot \frac{1961,96 \cdot 60}{35,9 \cdot 1,1} = 12880 \text{ м}^2/\text{рік}$$

та коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_{зав} = \frac{P_p}{P_p'}$$

$$K_{зав} = \frac{10200}{12880} = 0,79$$

1.4.Технологічні розрахунки

1.4.1.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 визначається як добуток величини технологічної густини струму на катоді $i_k = 1 \text{ А/м}^2$ на площу деталей одноразового завантаження S_{oz} , м^2 :

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

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

Для розрахунків рекомендується вибирати верхнє допустиме за технологією значення катодної густини струму.

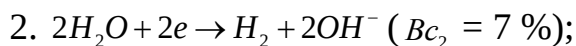
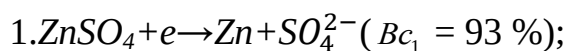
Сила струму на ванні цинкування:

$$I = 1,03 \cdot 100 \cdot 4,321 = 445,063 \text{ А}$$

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змі	Друк	№ докум.	Підпис	Да		

У сульфатному електроліті цинкування на електродах перебігають такі електрохімічні процеси:

на катоді:



на аноді:



Сила струму, яка витрачається на кожну реакцію:

на катоді:

$$I_1 = \frac{I \cdot B_{c1}}{100} = \frac{445,063 \cdot 93}{100} = 413,9A$$

$$I_2 = \frac{I \cdot B_{c2}}{100} = \frac{445,063 \cdot 7}{100} = 31,15A$$

на аноді:

$$I_3 = \frac{I \cdot B_{c3}}{100} = \frac{445,063 \cdot 100}{100} = 445,063A$$

Результати розрахунків зводимо у таблицю 1.4

Таблиця 1.4 Баланс електрики ванни цинкування на одну годину роботи

Надходження	Q, А	%	Витрати	Q, А	%
На катоді:			Виділення цинку за		
			Реакцією 1	413,9	93
Від	445,063	100	Виділення водню	31,15	7
зовнішнього			за реакцією 2		
джерела					
струму					
Разом	445,063	100	Разом	445,063	100
На аноді:	445,063	100	Розчинення цинку за	445,063	100

Від зовнішнього джерела струму			реакцією 3		
Разом	445,063	100	Разом	445,063	100

На осадження цинку витрачається 93% підведеної електрики.

1.4.2. 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_{oc} , яке обслуговує ванну. Знаючи величину струму і напругу на джерелі струму, визначають електричну потужність, яка витрачається на електроліз.

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

$$U = E_a - E_k + \Delta U_{om} + \Delta U_l + \Delta U_k.$$

Величини потенціалів електродів під струмом в електролітах, найбільш поширених у промисловості вибираємо із довідників з гальванотехніки.

Омічне падіння напруги в електроліті ΔU_{om} , B розраховують за формулою:

$$\Delta U_{om} = \frac{K \cdot i_{cp} \cdot l_{a-k}}{\chi},$$

або

$$\Delta U_{om} = i_{cp} \cdot l_{a-k} \cdot \rho_e,$$

де i_{cp} – середня густина струму в міжелектродному просторі, A/m^2 , розраховується за формулою $i_{cp} = \sqrt{i_k \cdot i_a}$; l_{a-k} – відстань між анодом і краєм підвіски з деталями, χ – питома електропровідність електроліту, $Cm \cdot m^{-1}$; ρ_e –

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Адк.
						31
Змі	Днк	№ доквм.	Підпис	Да		

питомий електричний опір електроліту, $\Omega \cdot \text{м}$. Величини χ і ρ_e вибираємо в довідковій літературі з гальванотехніки.

Коли в процесі електролізу на електродах утворюються гази, бульбашки яких заповнюють міжелектродний простір, то при визначенні падіння напруги в електроліті необхідно врахувати вплив газонаповнення на омичний опір. У цьому разі ΔU_{om} визначають за формулою:

$$\Delta U_{om} = K \cdot i_{cp} \cdot l_{a-k} \cdot \rho_e,$$

де K – коефіцієнт, який враховує збільшення опору за рахунок газонаповнення, величина K знаходиться у межах 1,01...1,25.

Сума падіння напруги на електродах, провідниках першого роду та в контактах ванни $\Delta U_I + \Delta U_k$ приймають у межах величини, яка не перевищує 10 % загальної напруги на ванні U , B визначається як:

$$U = \frac{(E_a - E_k + \Delta U_{om})}{0,9},$$

а сума:

$$\Delta U_I + \Delta U_k = 0,1 \cdot U$$

Мінімальна напруга на джерелі струму U_{dc} складається із суми напруги на ванні U та падіння напруги в шинопроводах від джерела струму до ванни, яке приймають не більшим 10 % від U_{dc} . Отже:

$$U_{dc} = 1,1 \cdot U$$

Баланс напруги процесу цинкування розраховують за формулою:

$$U = E_a - E_k + \Delta U_{om} + \Delta U_I + \Delta U_k,$$

де різниця потенціалів:

$$E_a - E_k = -0,95 - (-1,7) = 0,75 \text{ В}.$$

При середній густині струму, яка проходить через електроліт:

$$i_{cp} = \sqrt{i_k i_a} = \sqrt{100 \cdot 50} = 70,71 \text{ А/м}^2$$

падіння напруги в електроліті становитиме:

$$\Delta U_{om} = K \cdot i_{cp} \cdot l_{a-k} / \rho_e = 1,05 \cdot 70,71 \cdot 0,28 / 14,93 = 1,39 \text{ В}$$

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Адк.
						32
Змі	Днк	№ доквм.	Підпис	Да		

де i_{cp} – середня густина струму в міжелектродному просторі, А/м², розраховується за формулою $i_{cp} = \sqrt{i_k \cdot i_a}$; l_{a-k} – відстань між анодом і краєм підвіски з деталями; ρ_e – питомий електричний опір електроліту, Ом · см.

Тоді напруга на ванні

$$U = 1,1 \cdot (E_a - E_k + \Delta U_{om}) = 1,1 \cdot (0,75 + 1,39) = 2,354 \text{ В.}$$

Сума падіння напруги на електродах, провідниках і контактах ванни:

$$\Delta U_l + \Delta U_k = 0,1 \cdot 2,354 = 0,2354 \text{ В}$$

Мінімальна напруга джерела струму для ванни цинкування:

$$U_{dc} = 1,1 \cdot 2,354 = 2,5894 \text{ В}$$

Таблиця 1.5 Баланс напруги на ванні цинкування

Надходженн я	U, В		Витрати	U, В	
Напруга на ванні	2,354	100	Різниця потенціалів підструмом E_a – E_k	0,75	30,8
			Падіння напруги в електроліті ΔU_{om}	1,39	59,2
			Падіння напруги на електродах, контактах і провідниках $\Delta U_l + \Delta U_k$	0,2354	10
Разом	2,354	100	Разом	2,354	100

1.4.3. 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

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

Виходячи із сили струму і напруги на ванні, було вибрано джерело постійного струму, серії ТЕ1-800/12Т, які мають наступні характеристики:

- номінальна напруга – 12 В;
- номінальний струм – 800 А.

Для вибраного випрямного агрегату визначають коефіцієнт завантаження:

$$K = \frac{N_{\text{дс}}}{N_{\text{пасп}}} = \frac{2,61}{9,6} \approx 0,272$$

де $N_{\text{дс}}$ – потужність, необхідна для виконання завданої програми,

$$N_{\text{дс}} = U \cdot I \cdot 10^{-3} = 2,354 \cdot 445,063 \cdot 10^{-3} = 1,05 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{пасп}} = \frac{800 \cdot 12}{1000} = 9,6 \text{ кВт} - \text{паспортна потужність вибраного агрегату.}$$

1.4.4. Визначення джоулевої теплоти, складання балансу енергії

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

$W_{\text{дж}}$

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

Визначаємо кількість джоулевої теплоти і складаємо баланс енергії на одну годину роботи ванни цинкування.

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

$$W_{\text{заг}} = U \cdot I \cdot \tau \cdot 3600 \cdot 10^{-3} = 2,354 \cdot 445,063 \cdot 0,598 \cdot 3600 \cdot 10^{-3} = 2255,4 \text{ кДж},$$

де I – струм на ванні, А; U – напруга на ванні, В; τ – час роботи ванни під струмом, год.

Даний процес проходить із розчинними анодами з виходом за струмом на катоді і аноді, близьким до 100%.

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змі	Друк	№ доквм.	Підпис	Да		

$$W_{заг} \approx W_{хім} = 2255,4 \text{ кДж}$$

Таблиця 1.6 Баланс енергії на ванні цинкування

Прихід	кДж	%	Витрати	кДж	%
Електрична енергія від джерела	2255,4	100	Джоулева	2255,4	100
			Хімічна енергія	0	0
Разом	2255,4	100	Разом	2255,4	100

1.4.5. Розрахунок витрат матеріалів

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

Витрати хімічних реактивів на початковий запуск обладнання

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

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

де C_i – концентрація відповідного компонента електроліту, $\text{кг}/\text{м}^3$;

V_B – 2 м^3 об'єм ванни;

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

$n_B = 1$ – кількість ванн даного типу.

$$C_{\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} = 250 \text{ кг}/\text{м}^3;$$

$$C_{\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} = 75 \text{ кг}/\text{м}^3;$$

$$C_{\text{Al}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} = 65 \text{ кг}/\text{м}^3;$$

$$C_{\text{Декстрин}} = 8 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

$$G_{\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} = 250 \cdot 2 \cdot 0,8 = 400 \text{ кг},$$

$$G_{\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} = 75 \cdot 2 \cdot 0,8 = 120 \text{ кг},$$

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Адк.
						35
Змі	Днк	№ доквм.	Підпис	Да		

$$G_{Al_2SO_4 \cdot 7H_2O} = 65 \cdot 2 \cdot 0,8 = 104 \text{ кг},$$

$$G_{\text{Декстрин}} = 8 \cdot 2 \cdot 0,8 = 12,8 \text{ кг}.$$

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 виноситься із ванни при виконанні річної виробничої програми.

Величину V_{BT} можна визначити як:

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

де $S = 10200 \text{ м}^2$ – сумарна поверхня деталей, яка обробляється за рік;

1,15 – враховує площу занурюваної частини підвісок;

$A_e = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{м}^2$ – норма витрат електроліту, який виноситься з деталями.

$$V_{BT} = 1,15 \cdot 10200 \cdot 0,25 \cdot 10^{-3} = 2,93 \text{ м}^3,$$

$$G_{ZnSO_4 \cdot 7H_2O} = 250 \cdot 2 \cdot 2,93 = 1465 \text{ кг},$$

$$G_{Na_2SO_4 \cdot 7H_2O} = 75 \cdot 2 \cdot 2,93 = 439,5 \text{ кг},$$

$$G_{Al_2SO_4 \cdot 7H_2O} = 65 \cdot 2 \cdot 2,93 = 380,9 \text{ кг},$$

$$G_{\text{Декстрин}} = 8 \cdot 2 \cdot 2,93 = 46,88 \text{ кг}$$

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

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Адк.
						36
Змі	Дпк	№ доквм.	Підпис	Да		

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 м³ електроліту, кг/м³;

$V_{заг}$ – сумарні витрати електроліту на виконання річної виробничої програми, м³.

Величину C_{H_2O} можна визначити за формулою:

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

де $d_{ел} = 1,09 \cdot 10^3$ кг/м³ – густина електроліту;

$C_1, C_2, \dots, C_n$ – вміст компонентів в електролітах, кг/м³:

$$C_{ZnSO_4 \cdot 7H_2O} = 250 \text{ кг/м}^3;$$

$$C_{Na_2SO_4 \cdot 7H_2O} = 75 \text{ кг/м}^3;$$

$$C_{Al_2SO_4 \cdot 7H_2O} = 65 \text{ кг/м}^3;$$

$$C_{Декстрин} = 8 \text{ кг/м}^3.$$

$$C_{H_2O} = 1,09 \cdot 10^3 - (250 + 75 + 65 + 8) = 692 \text{ кг}$$

Сумарні витрати електроліту знаходять за формулою:

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

де

V_B – 2 м³ об'єм ванни;

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

$n_B = 1$ – кількість ванн даного типу

$V_{BT} = 2,93$ м³ – об'єм електроліту, винесеного деталями.

.

$$V_{заг} = 2 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 2,93 = 4,53 \text{ м}^3$$

Тоді:

$$G'_{H_2O} = 692 \cdot 4,53 = 3134,76 \text{ кг}.$$

Витрати води на розкладання при електролізі

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змі	Друк	№ доквм.	Підпис	Да		

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

$$C''_{H_2O} = I \cdot \frac{18 \cdot T_0 \cdot B'_c}{2 \cdot 26,8} \cdot 10^{-5} \cdot n_6,$$

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

$$C''_{H_2O} = 165,83 \cdot \frac{18 \cdot 1961,69 \cdot 7}{2 \cdot 26,8} \cdot 10^{-5} \cdot 1 = 0,05 \text{ кг}$$

Витрати води на винесення із газами

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

$$C'''_{H_2O} = C'_{H_2O} \cdot V_z^t \cdot n_6,$$

де C'_{H_2O} – вміст води, який виноситься із ванни одним 1 м³ газів, кг/м³;

V_z^t – загальний об'єм вологого газу, який виділяється за температури електролізу, м³.

Величину C'_{H_2O} визначають як:

$$C'_{H_2O} = 0,000805 \cdot \frac{P_{H_2O}}{P_6 - P_{H_2O}},$$

де $P_{H_2O} = 3.1690$ кПа – парціальний тиск парів води при температурі електролізу;

$P_6 = 101,308$ кПа – загальний тиск парогазової суміші.

$$C'_{H_2O} = 0,000805 \cdot \frac{3,1690}{1013,08 - 3,169} = 2,6 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^3$$

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

$$V_{H_2}^0 = 0,418 \cdot 165,83 \cdot 2011,16 \cdot 7 \cdot 10^{-5} = 9,76 \text{ м}^3.$$

Об'єм вологого газу за температури електролізу:

$$V_z^t = \frac{V_z^0 \cdot 1013 \cdot (273 + t_{ел})}{273 \cdot (P_6 - P_{H_2O})},$$

де $t_{ел} = 25^\circ\text{C}$ – температура електролізу.

$$V_{\Gamma}^t = \frac{9,76 \cdot 1013 \cdot (273 + 25)}{273 \cdot (101,308 - 3,169)} = 109,96 \text{ м}^3,$$

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Адк.
						38
Змі	Днк	№ доквм.	Підпис	Да		

тоді:

$$C_{H_2O}^{III} = 2,6 \cdot 10^{-5} \cdot 109,96 = 0,00286 \text{ кг.}$$

Витрати води на випаровування з поверхні електроліту

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

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

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;

$S_B=0,8875 \text{ м}^2$ – поверхня дзеркала електроліту;

$n_B=1$ – кількість ванн даного типу;

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 $P_s = 3166 \text{ Па}$ – тиск насиченої водяної пари за температури навколишнього середовища повітря;

$\varphi=60\%$ - вологість повітря в умовах цеху.

$$P_n = \frac{3166 \cdot 60}{100} = 1899,6$$

тоді:

$$C_{H_2O}^{IV} = \frac{45,6 \cdot 0,86 \cdot 0,8875 \cdot (3166 - 1899,6) \cdot 1961,69 \cdot 1}{1013,08} = 47242 \text{ кг}$$

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Адк.
						39
Змі	Днк	№ доквм.	Підпис	Да		

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 промивки. При трьохступіневому промиванні способом занурення, погодинну витрату води $V_{год}$ визначають за формулою:

$$V_{год} = A_e \cdot K \cdot P_e, \text{ дм}^3 / \text{год}$$

де $A_e = 0,25, \text{ дм}^3 / \text{м}^2$ – норми виносу розчину із ванни поверхнею деталей;

$P_e = 5,072, \text{ м}^2 / \text{год}$ – годинна виробнича програма ванни;

K – критерій остаточної промивки деталей.

Його визначають за співвідношенням:

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

де $C_0 = 250 \text{ г/дм}^3$ – концентрація основного компонента у ванні, після якої проводиться промивка;

$C_k = 0,8 \text{ г/дм}^3$ – гранично допустима концентрація основного компонента у воді після промивки.

$$K = \frac{250}{0,8} = 312,5$$

$$V_{год} = 0,25 \cdot 312,5 \cdot 5,072 = 396,25 \text{ дм}^3 / \text{год}$$

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

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

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Адк.
						40
Змі	Днк	№ доквм.	Підпис	Да		

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

$$V_{\text{сум}} = 396,25 \cdot 2011,16 \cdot 1,5 = 1195383 \text{ м}^3.$$

Сумарні витрати води на весь процес електролізу складають:

$$\sum V = 1,9195 + 0,00784 + 0,00000286 + 1195,383 = 1197 \text{ м}^3$$

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змі	Дрк	№ доквм.	Підпис	Да		

РОЗДІЛ 2 АВТОМАТИЗАЦІЯ ГАЛЬВАНІЧНОГО ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ ЦИНКОВОГО ПОКРИТТЯ

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 сталевим деталям захисту від корозії.

Для нанесення покриття використовуємо електроліт такого складу:

$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 200...300 г/л,
 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ - 50...100 г/л,
 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ - 25...130 г/л
Декстрин 8...10 г/л

Режим:

Температура 15-30°C

Густина струму 1 А/дм²

Сила струму 445,063А

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змі	Друк	№ доквм.	Підпис	Да		

Напруга 2,354В

Час електролізу 36,08 хв.

В автоматизованих системах вимірювання температури здійснюється на основі фізичних властивостей тіл, що функціонально пов'язані з температурою останніх. Процес цинкування ведуть при температурах 15–30 °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.

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.

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	15–30 °С	вимірювання, 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	3,5-4	вимірювання, регулювання, реєстрація
4	Ванна для нанесення цинкування покриття	Сила струму та напруга	445,063 А 2,354 В	контроль, регулювання

2.2. Опис розробленої схеми автоматизації процесу нанесення захисного цинкового покриття

В процесі нанесення 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 покриття. Тому в дану схему включено автоматичне вимірювання та контроль рН.

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змі	Арк	№ докum.	Підпис	Да		

РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІКО – ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

Вартість будь-якої продукції складається з витрат виробництва і з новоствореної вартості (додаткова вартість). Витрати виробництва визначаються як витрати на виготовлення продукції. Витрати на випуск продукції що виробляється з урахуванням нормальної фондоозброєності, продуктивності праці, режимного ходу часу роботи, витрати ресурсів. Використання норм і обумовлює суспільно-необхідні витрати виробництва. На реальних підприємствах відбуваються відхилення – завищення витрат виробництва за рахунок малої продуктивності. Для окремих видів продукції витрати виробництва розглядаються як їх собівартість. У зв'язку з важливістю собівартості постає питання про повний та уніфікований облік всіх витрат, пов'язаних з випуском продукції.

Для виконання організаційно-економічної частини дипломного проекту, відповідно до діючої «Галузевої інструкції з планування, обліку виробництва та калькуляції собівартості на підприємствах хімічної промисловості», необхідно розрахувати техніко-економічні показники цеху анодування та повну собівартість продукції. Для цього необхідно зробити наступні розрахунки:

1. Виробничої потужності;
2. Ефективного фонду робочого часу цеха;
3. Амортизаційних відрахувань;
4. Вартості сировини та матеріалів;
5. Вартості електроенергії на технологічні потреби;
6. Основної та додаткової заробітної плати виробничих робітників нарахуваннями;
6. Витрати на утримання та експлуатацію обладнання;
7. Цехові витрати;
8. Загальнозаводські витрати.

На підставі виконаних розрахунків проводиться аналіз техніко – економічних показників, на підставі якого роблять висновки в необхідності

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змі	Днк	№ доквм.	Підпис	Да		

створення виробничого підрозділу для підприємства. А саме, чи стане вироблена продукція проєктованого цеху задовольняти потреби покупців і при цьому нарощувати норми вигоди за рахунок нарощування конкурентної спроможності, розширенням ринку збуту і забезпечення стабільної роботи всього підприємства в цілому

3.1 Класифікація виробничих процесів

Деталі з сталі, що поступають на цинкування, проходять обробку за описаною вище технологічною схемою. Поділ процесів на основні, бічні та підсобні наведений в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Поділ процесів на основні, підсобні, допоміжні, бічні

Основні	1) контроль 2) монтаж деталей на підіски; 3)знежирення хімічне; 4) промивка в теплій воді; 5) промивка в теплій проточній воді; 6) промивка в холодній проточній воді; 7) травлення хімічне; 8) промивка в холодній проточній воді; 9) активація хімічна; 10) промивка в холодній проточній воді; 11) цинкування електрохімічне; 12) промивка у ванні уловлювання; 13) промивка в холодній проточній воді; 14) безбарвне хроматування; 15) промивка у ванні уловлювання; 16) промивка в холодній проточній воді; 17) сушіння; 18) демонтаж.
---------	--

	19) контроль
Підсобні	1) закупка реактивів;
Допоміжні	1) відправка продукції на склад; 2) приготування робочих розчинів.
Бічні	1) очистка стічних вод.

3.2 Оптимізація виду руху предметів праці

Річне завдання підприємства, з урахуванням виправного браку виробів складає $P_p = 10200 \text{ м}^2/\text{рік}$. Технологічний процес нанесення цинкового покриття складається з певних виробничих операцій (з урахуванням тривалості виконання), які мають забезпечити необхідні експлуатаційні характеристики виробів (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Виробничі операції нанесення захисного цинкового покриття

Назва операції	Тривалість виконання, хв.
1) контроль;	8
2) монтаж деталей на підіски;	5
3) знежирення хімічне;	20
4) промивка в теплій воді;	30
5) промивка в теплій проточній воді;	0,5
6) промивка в холодній проточній воді;	0,5
7) травлення хімічне;	20
8) промивка в холодній проточній воді;	0,5
9) активація хімічна;	0,5
10) промивка в холодній проточній воді;	0,5
11) цинкування електрохімічне;	36
12) промивка у ванні уловлювання;	3

13) промивка в холодній проточній воді;	3
14) безбарвне хроматування;	0,5
15) промивка у ванні уловлювання;	0,5
16) промивка в холодній проточній воді;	0,5
17) сушіння;	20
18) демонтаж;	3
19) контроль	8

Знайдемо тривалість виробничого циклу та річний випуск продукції для послідовного, паралельного та синхронізованого видів руху предметів праці (ВРПП) та, підібравши оптимальний ВРПП, розрахуємо для нього кількість одиниць обладнання та чисельність робочих місць.

Послідовний ВРПП

Знайдемо тривалість виробничого циклу при разовому завантаженні:

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{разов}} = 5 + (2 \cdot 8) + (8 \cdot 0,5) + (3 \cdot 20) + (3 \cdot 3) + 30 + 36,08 = 160 \text{ хв} \\ = 2,6 \text{ год}$$

Робітники працюють за 8-годинним робочим днем в одну зміну. За один робочий день при послідовному ВРПП кількість завантажень B становить:

$$B = \frac{8}{2,6} \approx 3 \text{ рази}$$

Тривалість робочого циклу для послідовного ВРПП становить

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{послід}} = B \sum n = 3 \cdot 2,7 = 7,8 \text{ (год)}$$

Разове завантаження усіх ванн дорівнює $U_c = 3,42 \text{ м}^2$, цех працює 251 день на рік, отже річний випуск продукції (м^2) за послідовним ВРПП становить:

$$B_{\text{рік}}^{\text{послід}} = 251 \cdot B \cdot U_c = 251 \cdot 3 \cdot 3,42 = 2575,26 \text{ м}^2$$

Як було вище згадано, річне завдання підприємства становить $P_p = 10200 \text{ м}^2/\text{рік}$, отже виробнича програма цеху за послідовним ВРПП економічно недоцільна.

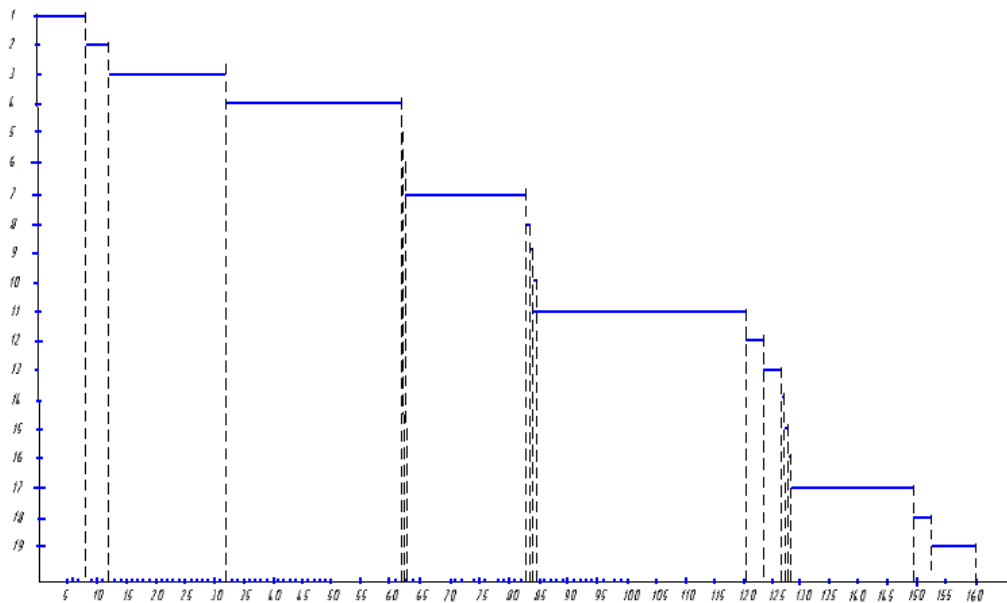


Рисунок 3.1. Графік послідовного ВРПП

Паралельний ВРПП

Тривалість робочого циклу для паралельного ВРПП становить:

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{пар}} = (B - 1) \cdot t_{\text{max}} + \sum_{i=1}^{19} t_i$$

Розрахуємо кількість завантажень, при паралельному ВРПП :

$$B = \frac{T_{\text{ВЦ}}^{\text{пар}} + t_{\text{max}} - \sum_{i=1}^m t_i}{t_{\text{max}}} = \frac{232 + 36 - 160}{36} = 3$$

Фактична тривалість виробничого циклу при паралельному ВРПП складає:

$$T_{\text{вц}}^{\text{пар}} = (160) + (3-1) \cdot 10 = 180 \text{ хв} = 3 \text{ год}$$

Річна виробнича програма складає:

$$B_{\text{рік}}^{\text{пар}} = 251 \cdot B \cdot Y_c = 251 \cdot 3 \cdot 3,42 = 2575,26$$

Річне завдання підприємства становить $P_p = 10200 \text{ м}^2/\text{рік}$, отже виробнича програма цеху за паралельним ВРПП економічно недоцільна.

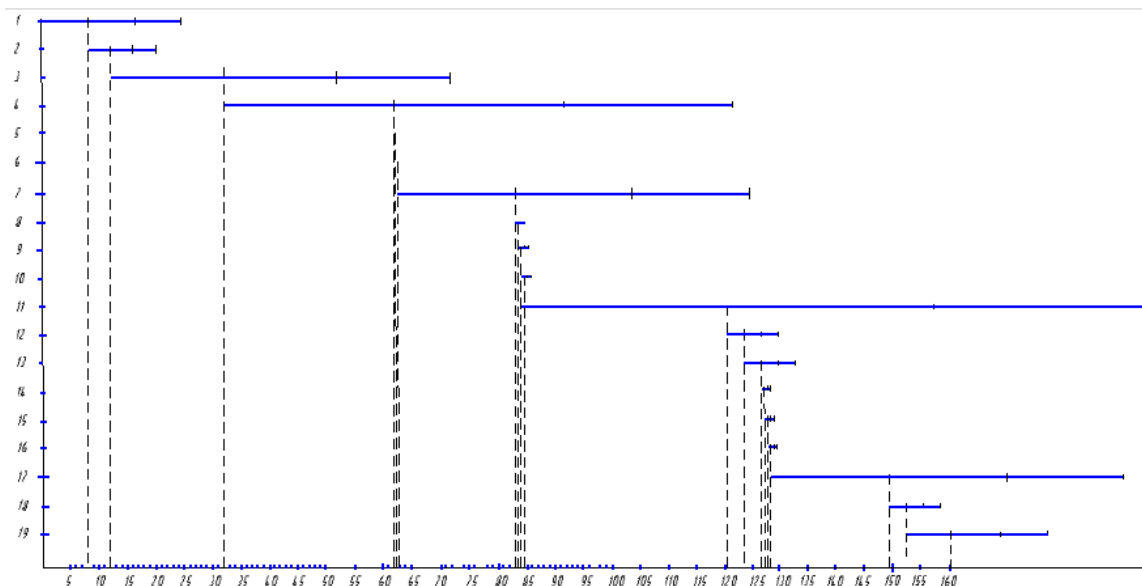


Рисунок 3.2. Графік паралельного ВРПП

При послідовному ВРПП неможливе виконання річної норми. При паралельному ВРПП фактична тривалість виробничого циклу менше, алене виконується річна норма продукції, тому необхідно встановити додаткове обладнання на стадіях хімічного знежирення та промивання.

3.3 Визначення середньорічної тривалості виробничого циклу, річного випуску продукції

Розрахуємо середньорічну тривалість виробничого циклу та річний випуск продукції, якщо:

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змі	Дрк	№ доквм.	Підпис	Да		

- фактична тривалість виробничого циклу
- річна тривалість роботи цеху: $T_p = 251 \cdot 8 = 2008$ год/рік
- режим роботи в дві зміни, тривалість зміни 8 годин

I зміна – з 08⁰⁰ до 16⁰⁰

Середньорічна тривалість виробничого циклу

$$T_{ВЦ}^{с.р.} = K \cdot T_{ВЦ}^{\phi} = \frac{24 \cdot D_k}{T_p \cdot D_p} \cdot T_{ВЦ}^{\phi} = \frac{24 \cdot 365}{8 \cdot 251} \cdot 2,6 = 11,34 \text{ хв}$$

де 24 – годин в добі;

D_k – кількість календарних днів у році;

T_p – тривалість роботи підприємства протягом доби;

D_p – кількість робочих днів.

Тоді річна виробнича програма складає:

$$B_{рік}^{сінх} = 251 \cdot B \cdot Y_c = 251 \cdot 12 \cdot 3,42 = 10301 \text{ м}^2$$

3.4 Розрахунок капіталовкладень

Впровадження паралельного ВРПП використання мінімальної кількості обладнання – по одиниці обладнання на кожній операції. Загальна кількість обладнання, що необхідна для технологічного процесу приведена в таблиці 3.3:

Таблиця 3.3 – Розрахунок вартості придбання та монтажу нового обладнання

№	Назва обладнання	Кількість одиниць	Загальна вартість, грн
1	Ванна для проміжних операцій	13	65 000
2	Ванна для нанесення цинкового покриття	1	25000
3	Трубопровід	1	12 000
4	Джерело струму	1	50 000

5	Сушильна шафа	1	4 000
6	Нематеріальні активи	-	8 000
7	Будівлі і споруди	-	900 000
Загальна вартість			1 064 000

3.5 Розрахунок вартості електроенергії на технологічні потреби

Витрати на електроенергію: Потужність обладнання N= 8 кВт. Згідно тарифів на електроенергію 2020 для першого класу напруги ціна за 1 кВт·год = 165,35 копійок. Підприємство працює 8 годин на добу 251 днів на рік:

$$E_b = 8 \cdot 251 \cdot 8 \cdot 1,6535 = 22752,16 \text{ грн/рік}$$

3.6 Розрахунок оборотних засобів

Розрахунок вартості сировини

Розрахунок вартості сировини, матеріалів і напівфабрикатів базується на нормах витрат, встановлених галузевими нормативами, стандартами та технологічними регламентами підприємств, обраним проектним рішенням.

Результати розрахунків наведені в таблиці 3.4

Таблиця 3.4 – Розрахунок вартості сировини на річну програму цеху

Найменування	Витрата на рік, кг	Вартість, грн
Аноди цинкові	694	62 460
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	250	6 500
Na ₂ SO ₄ ·3H ₂ O	75	900
Al ₂ (SO ₄) ₃	65	3 510
Декстрин	8	152
Вода	1197000	17 005
Електроенергія	20000 кВт	37 070

Запасні частини	-	5 000
Всього	128097	

3.7 Визначення кількості працюючих, графіку роботи підприємства

Кількість людей, що задіяні у безпосередньому виробничому процесі визначимо із графіка оптимального руху предметів праці.

Кількість працюючих на виробництві розраховуємо за графіком синхронізованого ВРПП.

До складу робочого персоналу входять:

- головний технолог, який слідкує за ходом технологічного процесу;
- старший інженер, замінює головного технолога у разі його відсутності на ділянці, проводить контроль якості;
- працівники (гальваніки), які виконують завішування деталей на підвіску, керування оператором, демонтаж з підвіски.

Таблиця 3.5 – Кількість персоналу

Відділ	Посада	Кількість осіб
Керівний відділ	Начальник цеху	1
	Головний технолог	1
Відділ гальваніки	Гальванік	2
	Старший інженер	1
	Електрик	1
Відділ обслуговування	Робітники приймальних і відвантажувальних пунктів	1
	Прибиральниця	1
	Охоронець	4
Всього		12

Режим роботи охорони не співпадає з режимом роботи підприємства.

Чисельність персоналу явочна і за списком

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змі	Днк	№ доквм.	Підпис	Да		

Явочна чисельність – максимально допустима чисельність працівників, необхідна для виконання відповідного об'єму робіт та для повної комплектації робочих місць у кожному структурному підрозділі підприємства, протягом робочої зміни. Режим роботи однозмінний, тривалість зміни 8 годин для робочого персоналу та спеціалістів. Робочий день начальника цеху ненормований. Основні працівники щорічно отримуватимуть відпустку на 15 діб, протягом яких виконуватиметься плановий ремонт.

Явочна чисельність дорівнює чисельності за списком і складає 9 осіб.

Графік змінності

Графік змінності однієї бригади в цеху, що працює 5 днів на тиждень (понеділок – п'ятниця) в 1 зміну (з 8⁰⁰ до 16⁰⁰).

Нормативна тривалість роботи працівника:

$$T_{\text{прац}}^{\text{рік.норм.}} = \frac{365 - T_{\text{св}}}{7} \cdot 40 - (T_{\text{св}}^* - 1) = \frac{365 - 10}{7} \cdot 40 - (8 - 1) = 2021 \text{ год/рік}$$

$$T_{\text{прац}}^{\text{факт}} = \frac{365}{T_{\text{зм/об.}}} \cdot (T_{\text{зм/об.}} - T_{\text{вих}}) \cdot t_{\text{зм}} = \frac{365}{7} \cdot (7 - 2) \cdot 8 = 2058,7 \text{ год/рік}$$

Таблиця 3.6 – Структура персоналу

Посада	Кількість осіб	Тарифний розряд	Заробітна плата, грн	
			Замісяць	За рік
Начальник цеху	1	22	10000	120 000
Головний технолог	1	15	9000	108 000
Гальванік	2	7	10000	120 000
Старший інженер	1	5	7000	84 000
Електрик	1	3	4000	48 000
Прибиральниця	1	2	3200	38 400
Робітники приймальних і	1	2	3200	38 400

відвантажувальних пунктів				
Охоронець	4	2	16 000	192 000
Всього	9	62 000		748 800

Згідно з п.5 ст.8 Закону України «Про збір та облік єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування» №2464-VI від 08.05.2016 власник підприємства здійснюватиме нарахування на фонд оплати праці, які складають суму 22% від заробітної плати.

$$H=0,22 \cdot 3П=0,22 \cdot 748800=164\,736 \text{ грн}$$

Калькуляція на продукцію

Розраховуємо амортизацію ОФ.

1. Амортизація будівель та споруд:

$$A_{\text{буд}} = H_A^{\text{буд}} / T_{ek} = 900000 / 20 = 45000 \text{ (грн/рік)}$$

2. Амортизація приладів і обладнання:

$$A_{\text{обл}} = H_A^{\text{обл}} / T_{ek} = 144000 / 5 = 28800 \text{ (грн/рік)}$$

3. Амортизація нематеріальних активів:

$$A_{\text{нм.а}} = H_A^{\text{нм.а}} / T_{ek} = 8000 / 12 = 666,67 \text{ (грн/рік)}$$

4. Амортизація трубопроводів:

$$A_{\text{тр}} = H_A^{\text{тр}} / T_{ek} = 12000 / 15 = 800 \text{ (грн/рік)}$$

5. Всього

$$A = 45000 + 28800 + 666,67 + 800 = 75266,67 \text{ (грн/рік)}$$

Таблиця 3.7 - Калькуляція продукції

№	Статті затрат	Затрати на річний випуск грн/рік
1	Амортизація	75 266,67
2	Сировина і матеріали	128 097
3	Заробітна плата виробничого персоналу	748 800
4	Нарахування на заробітну плату виробничого персоналу	164 736
5	Всього	1 116 899,67

3.8 Розрахунок техніко-економічних показників

Собівартість одиниці продукції:

$$C = \frac{C_p}{P_p} = \frac{1\,116\,899\,67}{10200} = 109,5$$

де P_p – кількість випущеної продукції в рік; C_p – річна собівартість продукції.

Ринкова ціна даного виду цинкування – $\Pi = 160$ грн/м².

6. Прибуток:

$$\Pi = \Pi - C = (160 - 109,5) \cdot 10200 = 515100 \text{ грн}$$

7. Капіталовкладення

$$K = OF + O63 = 1064000 + 128097 = 1\,192\,097 \text{ грн}$$

8. Рентабельність виробництва

$$P = \frac{\Pi}{C} \cdot 100 = \frac{515100}{1\,116\,899\,67} \cdot 100 = 46\%$$

9. Період повернення капіталовкладень

$$T_{\text{пов}} = \frac{K}{\Pi} = \frac{1\,192\,097}{515\,100} = 2,3 \text{ роки}$$

10.Економічна ефективність

$$E = \frac{\Pi}{K} = \frac{1}{T_{\text{пов}}} = \frac{1}{3,078} = 0,325$$

$$E = \frac{\Pi}{K} = \frac{1}{T_{\text{пов}}} = \frac{1}{2,3} = 0,43$$

11.Дохід від реалізації

$$\Pi \cdot B = 160 \cdot 10200 = 163200 \text{ грн/рік}$$

12.Фондовіддача

$$\Phi B = \frac{\Pi B}{O\Phi} = \frac{1632000}{1064000} = 1,54 \text{ грн/грн}$$

13.Фондоємність

$$\Phi \epsilon = \frac{1}{\Phi B} = \frac{1}{1,54} = 0,65 \text{ грн/грн}$$

Таблиця 3.8 - Техніко-економічні показники підприємства

Показник	Обґрунтування для розрахунків	Значення показників підприємства
1. Річний випуск продукції, м ² /рік	В	10 200
2. Вартість основних фондів, грн.	ОФ	1 064 000
3.Вартість оборотних засобів, грн	ОБЗ	223 392
4. Капіталовкладення у проект, грн.	К = ОФ + ОБЗ	1 192 097
5. Ринкова вартість продукту, грн/м ²	Ц	160
6. Рентабельність продукту, %	Р = (Π·100)/С	46
7. Термін повернення капіталовкладень, років	Тпов = К/Π	2,3
8.Коефіцієнт економічної ефективності	Е = Π/К	0,43
9. Фондовіддача виробничих фондів, грн/грн.	ΦВ = (В·Ц)/ВФ	1,54
10. Фондоємність, грн/грн.	Φε = 1/ΦВ	0,65

3.9 Технічний контроль

Порядок технічного контролю виробничого процесу: об'єкти, суб'єкти, види і методи контролю, виконавці.

Технічний контроль – сукупність методів, заходів та засобів, які забезпечують відповідність якості продукції, яка випускається, вимогам стандартів і нормативів. Об'єктом технологічного контролю є технологічний процес. Контроль поділяють на вхідний, заключний, проміжний.

Вхідний контроль включає в себе перевірку стану деталей (на сліди корозії). Також проводиться контроль рН електроліту автоматичною системою регулювання.

Результати записуються в базу даних ПК. Контроль якості проводить старший інженер.

Заключний. Проводиться контроль якості цинкового покриття, а саме: зовнішнього вигляду, товщини покриття, та фізико – механічні властивості.

Результати записуються до бази даних ПК та, при необхідності (коли показники, та властивості продукту змінюються у будь-яку сторону), головний технолог аналізує дані, отримані при усіх контролях якості. Контроль якості продукції, здійснюється по закінченні кожної операції процесу цинкування.

Проміжний контроль здійснюється самими робітниками, враховуючи їх рівень кваліфікації. При невідповідності якості продукції вимогам замовників, її відправляють на повторну операцію анодування із попереднім зняттям старого покриття.

РОЗДІЛ 4 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА, ОЧИСТКА СТІЧНИХ ВОД

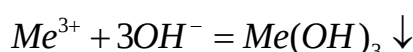
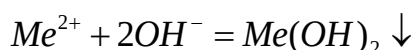
В проєкті доцільніше використовувати реагентний метод очищення стічних вод. Цей метод дозволяє знижувати концентрацію домішок до рівня їх ГДК. Технологія очищення стічних вод включає в себе етапи окислення, відновлення, нейтралізації, коагуляції, осадження. В результаті обробки стоків токсичні речовини руйнуються з утворенням нових малотоксичних сполук, які виводяться разом з осадом.

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

Хімічна нейтралізація кислих і лужних вод відбувається за реакцією:



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



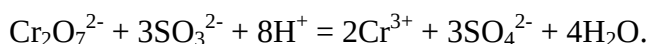
Реагентне очищення стічних вод від іонів важких металів складається з двох стадій:

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

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

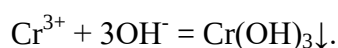
Очищення від хромовмісних стічних вод проводять також реагентним методом в два етапи. 1-й етап - відновлення Cr^{6+} в тривалентну форму; 2-й етап - осадження Cr^{3+} у вигляді гідроксиду.

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

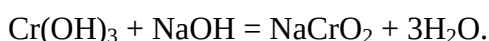


Реакція відновлення протікає в кислому середовищі, для цього стічні води підкислюють 10-15%-ним розчином сульфатної кислоти. Найбільша швидкість і повнота реакцій відновлення має місце при оптимальному рН 2-2,5 з інтенсивним перемішуванням реагентів.

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 за реакцією:



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 луку утворює розчинні хромати:



Таблиця 4.1 Нейтралізація і очищення використаної води

№ операції	Найменування і зміст операції	Обладнання	Матеріал		Режим роботи час витримки хв.
			Найменування, марка	Кількість	
1	2	3	4	5	6
1. Очищення кисло-лужних стоків нейтралізація.					
005	Нейтралізація	Інструкція з охорони праці для корегувальників гальванічного цеху			
	Нейтралізація поданих з бака накопичувача стоки розчином сухого натрію в реакторі	10%-вий розчин $\text{NaOH}_{\text{техн.}}$ ГОСТ 2263-79			15
Змі	Друк	№ докум.	Підпис	Да	ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ

	Додавання в реактор розчину їдкого натрію	10%-вий розчин NaOH _{техн.} ГОСТ 2263-79			15
035	Контрольна	Інструкція з охорони праці для корегувальників гальванічного цеху			
	Перевірка повноти осадження проводиться шляхом вимірювання рН розчину, значення якого повинне бути 7-8. Потім водні стоки подаються в бак відстійник	Іонометр ЭВ-74			
040	Відстоювання	Інструкція з охорони праці для корегувальників гальванічного цеху			
	У баку-відстійника проводиться відстоювання осадів	Бак-відстійник			60
045	Контрольна	Інструкція з охорони праці для контролерів гальванічного цеху			
	Провести контроль значення рН, яке повинне бути в межах 7-8. Потім стоки направити в друк-фільтр	рН метр			

050	Фільтрація	Інструкція з охорони праці і техніки безпеки при контролі і випробуванні ємностей, що працюють під тиском			
	Проводиться на вакуум фільтрі, в якому обов'язкова наявність сита з латунної сітки і фільтру з бязі	Фільтр сталевий емальований 221.722.00.00 СЕ 018-11-12-01	Бязь бавовня на ГОСТ 11680-76 Сітка латунна 045	1,5×1,5м	

055	Вивантаження	Інструкція з охорони праці при зберіганні, транспортуванні і утилізації хімічних речовин			
	Вивантажується осад в спеціально виготовлени ящик	Ящик власного виготовленн я			
060	Сушка	Інструкція з охорони праці для працівників, що експлуатують сушильні шафи			
	Сушити осад в сушильній шафі	Сушильна шафа			

Технологічний процес нейтралізації і очищення стічних вод

Очистка кислоотно-лужних стоків

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

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

3. Перевірити повноту нейтралізації, яка здійснюється перевіркою величини рН на іонімірі універсальному ЕВ-74. Значення рН повинні бути в межах 7-8. При необхідності підкислення розчину в нього додають 10%-й розчин H₂SO₄. Кислота зберігається в бутлі з пластиковим кожухом.

Хімічна нейтралізація кислих і лужних вод відбувається за реакцією:



4. Подати стоки насосом в бак відстійник 9.

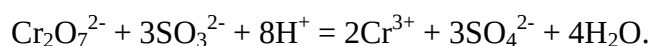
Очищення хромових стоків

5. Хромові стоки поступають в бак-усереднювач 2 з ванни промивання і з ванни уловлювання (по мірі забруднення). Ці стоки знешкоджуються на 2-ій стадії.

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змі	Друк	№ доквм.	Підпис	Да		

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

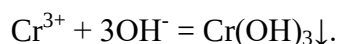
На 1-му етапі відновлення Cr^{6+} до Cr^{3+} відбувається за реакцією:



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

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

Утворення $\text{Cr}(\text{OH})_3$ відбувається за реакцією:



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.

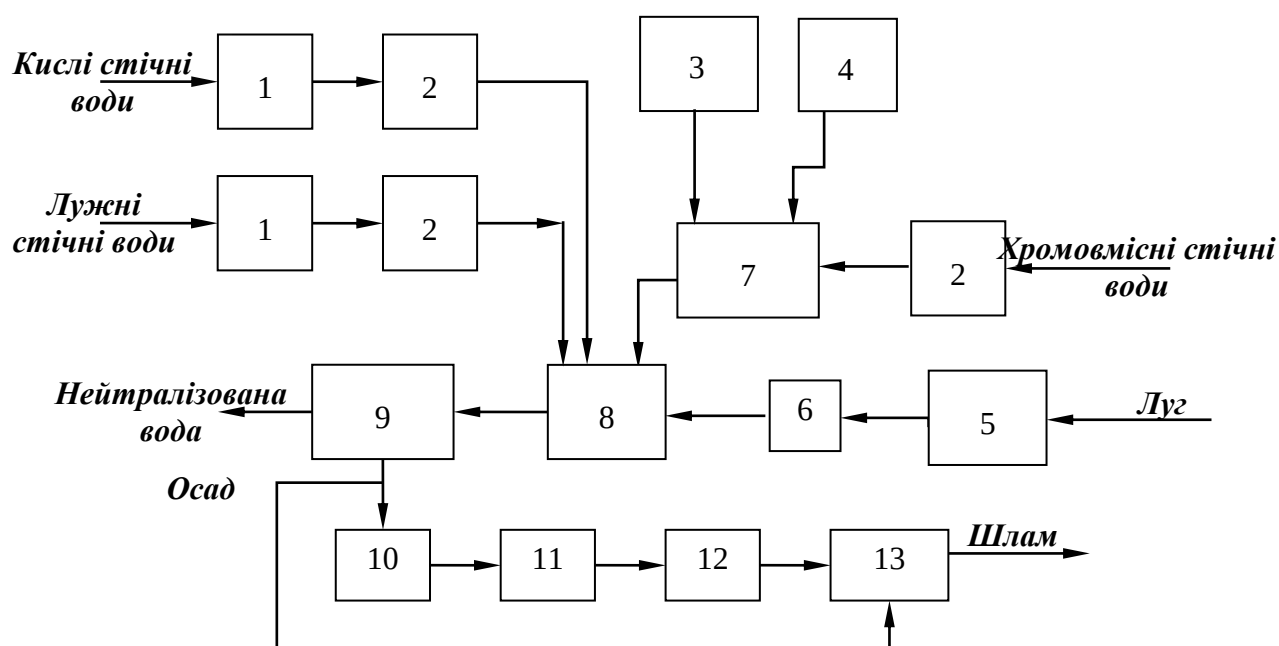


Рис.4.1 Схема ділянки очищення стічних вод

1 - пісковловлювачі; 2 - усереднювач; 3 - кислота; 4 - відновник; 5 - бак розчину; 6 - дозатор; 7 - реактор; 8 - нейтралізатор; 9 - відстійник; 10 – осадоушільнювач; 11 - вакуум-фільтр; 12 - накопичувач зневоднених осадів; 13 - шламовий майданчик

Робота бака-відстійника

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

12. В міру необхідності у відстійник для корегування 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 на 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.

15. На вакуум-фільтрі відбувається відділення шламу від очищеної води. Вода прямує в каналізацію. Осад вивантажується в ящики, просушується і поступає на утилізацію або на місце зберігання відходів.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

При реалізації даного проекту, в процесі нанесення блискучого цинкового 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 виконано з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки. В данному розділі на основі аналізу шкідливих та небезпечних факторів виробництва розроблені заходи щодо створення здорових та безпечних умов праці і пожежної безпеки виробництва.

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

5.1.1. Повітря робочої зони

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99, роботи у цеху відносяться до категорії середньої важкості Па та Пб. Для даних категорій робіт, у таблиці 4.1. наведено прийняті проектом значення параметрів мікроклімату виробничих приміщень для двох періодів року.

Таблиця 4.1 Санітарні норми параметрів мікроклімату у
робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія	Температура, °С			Відносна вологість повітря, %		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	Фактична		Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
			Нижня межа	Верхня межа				
Холод.	Па	18–20	15–17	23–24	40–60	75	0,2	<0,3
	Пб	17–19	13–15	21–23	40–60	75	0,2	<0,4
Теплий	Па	21–23	17–18	27–29	40–60	65	0,3	0,2–0,4
	Пб	20–22	16–17	27–29	40–60	70	0,3	0,2–0,5

Таблиця 4.2. Коротка санітарна характеристика цеху, що проектується

Назва виробничої ділянки	Шкідливі речовини, що виділяються, причини їх виділення	Група шкідливих речовин, характеристика шкідливого впливу	ГДК шкідливих речовин у повітряній зоні, мг/м ³	Клас небезпечності шкідливих речовин	Засоби індивідуального захисту	Засоби до ліквідації допомоги	Методи контролю визначення ШР у повітряній зоні	Класи виробництва згідно СН 245-71	Санітарна група виробничого процесу згідно СН П 2.09.04-87
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ванна хімічного та електрохімічного знеження	NaOH, при приготуванні розчину, випаровування поверхні.	Подразнюючі. Подразнює шкіру дихальні шляхи, хімічні опіки	2	2	Спец. одяг, респіратор, гумові рукавиці	Промити проточною водою. Шкіру промити 5% розчином оцтової кислоти.	метод Титриметричний	IV	3а
Ванна активації	HCl, при приготуванні розчину, випаровування поверхні.	Подразнюючі. Подразнює шкіру та слизові оболонки, викликає опіки	2	3	Непроникаючий костюм, гумові рукавиці, захисні окуляри та респіратор класу А	Промити проточною водою. Нейтралізувати 2% р-м Na ₂ CO ₃	Нефелометричний метод	V	16
Ванна цинкування	ZnSO ₄ , при приготуванні розчину, випаровування поверхні.	Подразнюючі. Викликає алергічні захворювання, діє на шкіру, очі та дихальні шляхи	5	3	Спец. одяг, рукавиці, респіратор щільно прилеглі захисні окуляри	Промити проточною водою. Нейтралізувати 2% р-м NaHCO ₃	метод Фотометричний	IV	3б

5.1.2 Виробниче освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018, розрядробіт у виробничому приміщенні - IVa. Згідно з нормами для таких робітнеобхіднеосвітлення 300 лк при загальному штучному освітленні. Передбачаєтьсявикористаннясуміщеногоосвітлення, причому природнеосвітлення є бічнимодностороннім, а штучнеосвітлення – комбінованим.

Проектом передбачені наступні системи освітлення за функціональним призначенням: робоча, аварійна, евакуаційна, ремонтна, охоронна. Для виконання ремонтних і аварійних робіт застосовуються лампи розжарювання.

Для освітлення виробничого приміщення передбачені газорозрядні лампи низького тиску (типу ЛБ, ЛДЦ, ЛД) і високого тиску (типу ДРЛ). Для місцевого освітлення передбачене аварійне і евакуаційне освітлення, для якого будуть використовуватися світильники прямого типу. Для виміру і контролю освітленості в приміщеннях використовують люксметри Ю-117 з періодичністю 1 раз на рік і після ремонту освітлювальних установок і заміни ламп. Світильники аварійного освітлення приєднані до мережі, не залежної від мережі живлення робочого освітлення.

Для аварійного освітлення застосовуються лампи розжарювання типу Вабо Б (по ГОСТ 2239-79) і люмінесцентні типу ЛДЦ (по ГОСТ 6825-74).

Контроль освітлення проводиться після заміни світильників люксометром Ю-116 (ГОСТ 14841-69) один раз на рік і після кожного ремонту освітлювальних установок.

Для того щоб забезпечити штучним освітленням цех гальванічних покриттів необхідно 300 газорозрядних люмінесцентних ламп типу ЛБ30 і 150 ламп денного світла з покращеною передачею кольорів типу ЛДЦ30. Фактична освітленість розраховується виходячи з формули:

$$E_{\phi} = \frac{\Phi_{\text{л}} \cdot N \cdot \eta}{S \cdot K_z \cdot z} = \frac{3200 \cdot 55 \cdot 4 \cdot 0,6}{700 \cdot 1,8 \cdot 1,1} = 305 \text{ лк}$$

Де $\Phi_{\text{л}}$ - світловий потік лампи ЛБ40 – 3200 лк

K_z – коефіцієнт запасу, який враховує зниження освітлення в результаті забруднення та старіння ламп (1,3 – 1,8); N

– кількість світильників

η - коефіцієнт використання світлового потоку = 0,4 S –

площадь освітлюваного приміщення 700 м^2

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення (1,1 – 1,15)

$E_{\phi} > E_{\text{н}} = 200 \text{ лк}$

Значення E_{ϕ} відповідає встановленим нормам у відповідності до СНиП II – 4 – 79.

5.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрації

Основними джерелами шуму та вібрації в цеху є: автооператори; двигуни системи вентиляції; робота системи охолодження; генератори постійного струму і випрямлячі змінного струму; допоміжні електроприводи.

Рівень шуму в цеху залежить від одночасної роботи всіх видів устаткування, коливаючись в межах 70-76 дБА, що відповідає нормам для роботи на постійних робочих місцях і робочих зонах виробничого підприємства (-гідно ДСН 3.3.6.037-99, максимально допустиме значення - 80 дБА).

Згідно ДСН 3.3.6.037-99, зниження шуму досягається наступними способами:

- ізоляція джерел шуму засобами звукоізоляції і звукопоглинання, що перешкоджають розповсюдженню шуму та вібрації;
- підвішування моб'ємних звукопоглиначів у вигляді перфорованих кубів або шарів;

- рухомі частини автооператора обладнуються амортизаційними засобами. Частини автооператора, що можуть ударятися, обладнуються гумовими гальмівниками; винесенням двигунів системи вентиляції у кімнати із звукоізоляційними стінами;
- генераторами постійного струму, холодильна система, двигун системи вентиляції обладнуються металевими кожухами і встановлюються на віброзахисні прокладки.

Для ручної роботи із зонами локальної вібрації, згідно ГОСТ 12.4.002-74, застосовують рукавиці із спеціальними віброзахисними вкладишами, прокладки або пластини, забезпечені кріпленнями для рук, вкладиші у вигляді м'яких тампонів з ультратонкого волокна, жорсткі вкладиші (ебонітові, гумові), беруші.

5.1.4 Електробезпека

Приміщення гальванічних дільниць відносяться до класу особливо небезпечних за ступенем ураження людини електричним струмом, згідно ПУЕ.

До можливих причин ураження людей електричним струмом відносять випадковий дотик до струмопровідних частин обладнання, яке опинилось під напругою в результаті порушення ізоляції; ураження через електричну дугу.

У цеху потенційними джерелами електробезпеки є:

- трансформаторна підстанція,
- гальванічні ванни для нанесення покриттів і ванни-уловлювачі,
- шини, які забезпечують підвід струму до ванн.

Електричнеобладнання в гальванічному цеху живиться відтрифазноїчотирьохпровідноїмережізмінного струму промисловоїчастоти, напругою 380

					ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ	Адк.
						8

ВИСНОВОК

У даному бакалаврському проєкті розроблений технологічний процес гальванічного нанесення захисно-декоративного блискучого цинкового покриття товщиною 10 мкм на сталеву деталь.

Розроблено технологічний процес гальванічного нанесення захисно-декоративного блискучого цинкового з використанням сульфатного електроліту. Цей електроліт характеризується порівняно низькою агресивністю, простотою приготування та високими механічними характеристиками отриманих покриттів.

Для нанесення покриття проєктом розроблено гальванічний процес продуктивністю 10200 м²/рік, що складається з підготовчих операцій операцій, основного процесу нанесення покриття та завершальних операцій.

Складено баланс струму, напруги та енергії гальванічної ванни хромування. Приведено тепловий розрахунок гальванічної ванни та витрат енергоносіїв для забезпечення теплового режиму. Розраховано витрати матеріалів.

Шляхом оснащення гальванічної ванни пристроями для контролю та регулювання таких параметрів: рН, рівня електроліту, сили струму та напруги була досягнута автоматизація процесу нанесення цинкового покриття, його регулювання, контроль та сигналізації параметрів.

В економічній частині проєкту розрахована собівартість нанесення покриття, а також основні техніко-економічні показники спроектованого цеху.

Проведений аналіз умов праці робітників на гальванічному виробництві та передбачено заходи, які забезпечують безпеки праці.

З		№ 2	7	5

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Краткий справочник физико–химических величин. Изд. 8–е, перераб. //Под. ред. А.А. Равделя и А.М. Пономарёвой. – Л.: Химия, 1983. – 232 с., ил.
2. Левинзон А. М. Электролитическое осаждение металлов подгруппы железа.— Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983.—96 с., ил.—
(Справочника гальванотехника/Под ред. П. М. Вячеславова; Вып. 3).
3. Кудрявцев Н. Т. Электролитические покрытия металлами. М.: Химия, 1979 г. С. 135-170.
4. Прикладная электрохимия. Учеб. Для вузов./Под ред. докт. техн. наук проф. А.П. Томилова. – 3-е изд., перераб. – М.: Химия, 1984. С. 280-283.
5. Технология электрохимических покрытий: Учеб. для средних специальных учебных заведений/ М.А. Дасоян, И.Я. Пальмская, Е.В. Сахарова. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 391 с.

2	3	4	5	6

ДП ХЕ6113.1450.00.000 ПЗ

Адк.

10

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, мідний провід						
030	Знежирення хімічне	Проводять в ванні хімічного знежирення.	Na ₃ PO ₄ Na ₂ CO ₃ NaOH Na ₂ SiO ₃	30...70 20...25 5...15 10...20	20, до повного знежирення	70...80		Контроль температури проводять на початку зміни потім через 4 год термометром спиртовим
040	Промивання	Промивають деталі в теплій воді	Вода		20...60	50...60		
050	Промивання	Промивають деталі в теплій проточній воді	Вода питна		0,25...0,5	50...60		Застосовують воду питну ГОСТ 2874-82

060	Промивання	Промивають деталі в холодній проточній воді	Вода питна		0,25 ...0,5	18... 25		Застосовують воду питну ГОСТ 2874-82
070	Травлення хімічне	Проводять травлення в розчині кислоти	HCl Уротропін	200... 250 3...5	20...4 0	18... 25		Приготування і коректування електроліту проводити згідно ОСТ 107.460092.001-86
080	Промивання	Промивають деталі в холодній проточній воді	Вода питна		0,25 ...0,5	18... 25		Застосовують воду питну ГОСТ 2874-82
090	Активация хімічна	Активувати в розчині кислоти	H ₂ SO ₄	50...100	0,25 ...0,5	18... 25		
100	Промивання	Промивають деталі в холодній проточній воді	Вода питна		0,25 ...0,5	18... 25		Застосовують воду питну ГОСТ 2874-82
110	Цинкування електрохімічне	Цинкування в сульфатному електроліті	ZnSO ₄ •7H ₂ O Na ₂ SO ₄ •10 H ₂ O Al ₂ (SO ₄) ₃ •1 8H ₂ O Декстрин Блискоутворювач	200-300 50-100 25-130 8	36	15... 30	1	На початку електролізу застосувати анодну поляризацію та катодний «поштовх» струму в 1,5 рази більше робочого

120	Термічне зневоднення				120- 180	180- 200		
130	Пасивування	Обробка деталей в розчині для пасивації	CrO ₃ HNO ₃ Na ₂ SO ₄	10-15 3-7 10-15	0,3- 0,6	18- 25		
140	Промивання у ванні вловлювання	Промивають деталі в холодній воді	Вода питна		2...3	18... 25		
150	Промивання	Промивають деталі в холодній проточній воді	Вода водопровідна		2...3	18... 25		
160	Безбарвне хроматування	Отримання безбарвних хроматних плівок	Композиція Likonda® 21 H ₂ SO ₄ HNO ₃	40-50 1,5-1,8 2	0,3- 0,6	15... 30		
170	Промивання у	Промивають деталі в	Вода питна		0,25 ...0,5	18... 25		Застосовують воду питну ГОСТ 2874-82

	ванні вловлюв ання	холодній воді						
180	Промива ння	Промивають деталі в холодній проточній воді	Вода водопровід на		0,250,5	18... .25		Застосовують воду питну ГОСТ 2874-82
190	Сушіння	Сушать деталі гарячим повітрям в сушильній шафі			10...2 0	70... 90		Сушити до повного видалення вологи
200	Демонта ж	Демонтують деталі з пристосуванн я						
210	Контрол ь	Перевірка поверхні 100 % деталей.						Контроль стану поверхні деталей за ГОСТ 9.301-86

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

Позиція на схемі	Назва параметру	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметру	Місце монтажу	Назва та характеристика	Тип моделі	Кількість	Завод-виробник	Маса, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-1	Температура	Електроліт, електролітична ванна	18...25 °С	Місцевий	Термоперетворювач опору платиновий НСХ 100П, діапазон вимірювання (–50)...+500 °С, допустимий тиск $P_y = 0,5$ МПа	ТС П-11 87	1	НВО «Електротермія», м. Луцьк	0,5
1-2	Температура	Електроліт, електролітична ванна	18...25 °С	Щит керування	Прилад вторинний пневматичний, показувальний, реєструвальний зі станцією керування, $P_{вх} = 0,02-0,1$ МПа	Ф К 00 71	1	АТ «Тизприбор», м. Москва	2
2-1	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	1,4 м	Місцевий	Рівнемір буйковий з пневматичним вихідним сигналом; $P_{вих} = 0,02-0,1$ МПа; діапазон температур: (–50)...+100°С діапазон вимірювання: від 0,02 до 1 м, клас точності 1	LP-80	1	ТОВ „КСК” М. Київ	3

2-2	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	1,4 м	Щит керування	Прилад вторинний пневматичний, показувальний, реєструвальний зі станцією керування, $P_{вх} = 0,02-0,1$ МПа	Ф К 00 71	2	АТ «Тизприбор», м. Москва	2
2-3	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	1,4 м	Щит керування	Регулятор пневматичний, пропорційно-інтегральний, $P_{вих} = 0,01-0,2$ МПа	Fisher C-1	2	Emerson Automatic solution м. Москва	3
2-4	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	1,4 м	Трубопровід	Мембранний Пневмопривід. Допустимий тиск 16 бар Робоча температура -10 – 120°C		1	Гомельський завод вимірювальних приладів	8
3-1	Рівень	Бак з електролітом	1 м	Місцевий	Рівнемір буйковий з пневматичним вихідним сигналом; $P_{вих} = 0,02-0,1$ МПа; діапазон температур: (-50)...+100°C діапазон вимірювання: від 0,02 до 1 м, клас точності 1	LP-80	1	ТОВ „КСК” М. Київ	3
3-2	Рівень	Бак з електролітом	1 м	Щит керування	Прилад вторинний пневматичний, показувальний, сигналізувальний $P_{вх} = 0,02-0,1$ МПа	Ф К 00 71	2	АТ «Тизприбор», м. Москва	2

4-1	pH	Електроліт, електролітична ванна	11-12	Місцевий	pH-метр промисловий у складі первинного вимірювального перетворювача магістрального виконання ДМ-5М (заглибного – ДПг-4М) та проміжного перетворювача П- 215М, $I_{вих} = 0 \dots 5$ мА; цифровий інтерфейс RS-485	ДМ- 5М	1	Engineering system LLC М.Київ	0,8
4-2	pH	Електроліт, електролітична ванна	11-12	Місцевий	Двоканальний універсальний мікропроцесорний індикатор з функцією технологічної сигналізації; вхідні сигнали: 0- 5мА, 0 (4) -20 мА	ИТ М- 120 НУ	1	ООО «МІКРОЛ» М. Івано Франківськ	1
5-1	Густина струму та напруга	Електролітична ванна	$I = 445A$, $U = 2,3B$	Місцевий	Агрегат випрямний для гальванічних ванн, $I_{max} = 600 A$, $U_{max} = 80 B$	ITECH IT6562 C	1	ВАТ „ТЕХЕНКОМ” М. Київ.	7

5-2	Сила струму та напруга	Електролітична ванна	$I = 445\text{A}$, $U = 2,3\text{В}$	Місцевий	Пульт дистанційного керування для випрямного агрегату ВАР-6300-24У4	ПДК ІТЕСН ІТ6562С	1	ВАТ „ТЕХЕНКОМ” М. Київ.	0,3
НЛ1 НЛ3 НЛ5	Технологічна сигналізація	-	-	Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна з червоним індикатором, $U_{\text{жив}} = 220\text{ В}$, 50/60 Гц	ЛС 47-2	3	«ІЕК Україна», м. Київ	0,3
НЛ2 НЛ4 НЛ6	Технологічна сигналізація	-	-	Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна з зеленим індикатором, $U_{\text{жив}} = 220\text{ В}$, 50/60 Гц	ЛС 47-2	3	«ІЕК Україна», м. Київ	0,3

