

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

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

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

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

Оніщенко Наталія Олегівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник доц., к.т.н., Косогін О. В.

(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 в цьому дипломному проєкті 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

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність (програма професійного спрямування) – 161 Хімічні технології та інженерія («Енергоефективна технічна електрохімія та захист металів від корозії»)

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

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

« ____ » _____ червня _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студентці

Оніщенко Наталії Олегівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту «Гальванічні покриття в приладобудуванні. Розробка технології нанесення цинкового покриття на сталеві деталі», керівник проєкту Косогін О.В., к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «01» квітня _____ 2020 р. № 1031 – с від 22.04.2020.

2. Термін подання студентом проєкту _____ 10.06. _____ 2020 р.

3. Вихідні дані до проєкту Матеріали з практики. Зарубіжні та вітчизняні монографії та періодичні видання. Електроліт цинкатний. Завдання з продуктивності 18000 м²/рік. _____

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

6. Консультанти розділів проєкту

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.		

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

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Наведення характеристик деталей, що підлягають обробці	До 24.04.2020	
2	Вибір виду покриття	До 01.05.2020	
3	Вибір підготовчих операцій	До 08.05.2020	
4	Вибір складу електроліту для нанесення гальванічного покриття	До 13.05.2020	
5	Вибір завершальних операцій	До 18.05.2020	
6	Складання карти технологічного процесу	До 20.05.2020	
7	Виконання технологічних розрахунків	До 20.05.2020	
8	Виконання креслень ванн	До 25.05.2020	
9	Складання схеми очищення стічних вод	До 29.05.2020	
10	Складання схеми автоматизації основного процесу	До 29.05.2020	
11	Виконання економічних розрахунків	До 29.05.2020	
12	Виконання розділу «Охорона праці та техніка безпеки»	До 29.05.2020	
13	Оформлення пояснювальної записки	До 03.06.2020	
14	Оформлення графічної частини проєкту	До 10.06.2020	

Студент

(підпис)

Н.О. Оніщенко
(ініціали, прізвище)

Керівник проєкту

(підпис)

О.В. Косогін
(ініціали, прізвище)

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДПХЕ6117.1450.000 ПЗ	Пояснювальна записка	104	
3	A1	ДП ХЕ6117.1450.001 СК	Складальне креслення гальванічної ванни для пористого хромування	1	
4	A2	ДП ХЕ6117.1450.002 СхА	Схема автоматизації процесу пористого хромування	1	
5	A1		Схема технологічного процесу пористого хромування	1	
6	A1		Техніко-економічні показники гальванічного цеху пористого хромування	1	
7	A1		Схема очищення стічних вод	1	

				ДП ХЕ6117.1450.000		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Онiщенко Н.О.			Вiдомiсть дипломного проєкту	Лист	Листiв
Керiвн.	Косогiн О. В.				1	1
Консульт.					КПiм. Iгоря Сiкорського Каф. ТЕХВ Гр. ХЕ-61	
Н/контр.						
Зав.каф.	Лiнючева О.В.					

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту**

на тему: Гальванічні покриття в приладобудуванні . Розробка технології
нанесенняцинкового покриття на сталеві деталі

Київ – 2020 року

РЕФЕРАТ

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

Оніщенко Н.О. – Київ: КПІ імені Ігоря Сікорського, ХТФ, ХЕ-61

Дипломний проєкт, 2020 рік, кількість сторінок – 104, таблиць – 23, рисунків – 11, джерел – 14.

У проєкті розроблено технологію нанесення цинкового покриття на сталевий кронштейн з метою захисту виробу від корозії в атмосферних умовах. Осадження цинку проводиться із цинкатного електроліту в електролізері при катодній густині струму 3 А/дм^2 . У роботі приведені обґрунтування вибору покриття, технологічні розрахунки, запропоноване необхідне обладнання та розроблена схема автоматизації процесу цинкування. Також проведений розрахунок витрат електроенергії, заробітної плати та техніко-економічних показників. У проєкті показаний спосіб реагентного очищення стічних вод, проаналізовані шкідливі і небезпечні виробничі фактори та запропоновано заходи з техніки безпеки та охорони праці.

Ключові слова: цинк, захисне покриття, хроматування, ванна

					<i>ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			
Розроб.		Оніщенко			Розробка технології нанесення цинкового покриття на сталеві деталі		
Перев.		Косогін					
Н. Контр.							
Затв.		Лінючева					
					Лит.	Арк.	Аркушів
						6	93
					«КПІ ім. Ігоря Сікорського», ХТФ, ХЕ-61		

ABSTRACT

«Electroplating in instrumentation. The development of zinc coating technology on a steel parts»

Onishchenko N.O. Kyiv: Igor Sikorsky KPI, CTF , HE-61

Diploma project, 2020. Number of pages – 104, tables - 23, pictures - 11 and literature - 14.

The project develops the technology of applying zinc coating on a steel bracket to protect the product from corrosion in atmospheric conditions. The deposition of zinc is carried out from a zinc electrolyte in an electrolyzer at a cathode current density of 3 A / dm². The paper substantiates the choice of coating, technological calculations, proposes the necessary equipment and developed a scheme for automating the galvanizing process. Also, the calculation of electricity costs, wages and technical and economic indicators. The project shows the method of reagent wastewater treatment, analyzes harmful and dangerous production factors and proposes measures for safety and labor protection.

Key words: zinc, protective coating, chromating, bath

					<i>ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	12
1.1 Теоретична частина.....	12
1.1.1 Характеристика деталі, що підлягає обробці	12
1.1.2 Вибір виду покриття	14
1.1.3 Вибір підготовчих операцій.....	16
1.1.4 Вибір складу електроліту для нанесення гальванічного покриття.....	17
1.1.5. Аноди.....	24
1.1.6 Вибір завершальних операцій.....	25
1.1.7 Методи контролю якості	26
1.2 Основні технологічні розрахунки.....	28
1.2.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання цеху	28
1.2.2 Визначення виробничої програми обладнання.....	28
1.2.3 Розрахунок конструктивних розмірів ванни і коефіцієнту завантаження обладнання.....	29
1.2.4 Баланс кількості електрики на гальванічній ванні	35
1.2.5 Баланс напруги на гальванічній ванні	35
1.2.5.1 Вибір джерела струму для гальванічної ванни.....	37
1.2.6 Розрахунок споживання електричної енергії	37
1.2.7 Тепловий розрахунок гальванічної ванни, яка працює за кімнатної температури	38
1.2.8 Розрахунок часу використання цинкових та сталевих анодів.....	39
1.2.9 Баланс кількості електрики на гальванічній ванні із сталевими анодами ..	40
1.2.10 Баланс напруги на гальванічній ванні	41
1.2.10.1 Вибір джерела струму для гальванічної ванни.....	43

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1.2.11 Розрахунок споживання електричної енергії	44
1.2.12 Тепловий розрахунок гальванічної ванни зі сталевими анодами, яка працює за кімнатної температури	45
1.2.13 Розрахунок витрат стиснутого повітря на перемішування електроліту ...	46
1.2.14 Розрахунок витрат хімікатів, матеріалів та води для виконання річної виробничої програми	46
1.2.14.1 Розрахунок витрат анодів.....	46
1.2.14.2 Розрахунок витрат хімічних реактивів	47
1.2.14.3 Розрахунок витрат води	51
1.3 Гальванічна ванна	59

РОЗДІЛ 2 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАЛЬВАНІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЦИНУВАННЯ..... 62

2.1 Аналіз технологічного процесу захисного цинкового покриття як об'єкта автоматизації.....	62
2.2 Опис розробленої схеми автоматизації процесу нанесення цинкового покриття	64
2.3 Висновки щодо виконання поставлених задач автоматизації.....	65

РОЗДІЛ 3 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗБЕКА 66

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА..... 71

4.1. Підрозділ як складова хімічного підприємства	71
4.2 Технологічна підготовка виробництва.....	72
4.3. Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва	78

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ	83
5.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектованому об’єкті. Заходи з охорони праці.....	83
5.1.1 Повітря робочої зони	83
5.1.2 Виробниче освітлення	88
5.1.3 Виробничий шум і вібрація.....	88
5.1.4. Електробезпека.....	89
5.1.5. Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання	90
5.2 Пожежна безпека.....	91
ВИСНОВОК.....	93
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	95
ДОДАТОК А.....	5
ДОДАТОК Б	8
ДОДАТОКВ.....	12

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП

Цинк є анодним покриттям по відношенню до багатьох металів, через від'ємний стандартний електродний потенціал $-0,76$ В, тому захищає сталеві вироби електрохімічно. Покриття досить щільні та крупнокристалічні, через невелику перенапругу виділення металу, яку можна збільшити додаванням в електроліт поверхнево-активних речовин. Крім того, забоїни та подряпини не впливають суттєво на корозію виробів. При осадженні метал не схильний до дендритоутворення, що полегшує процес осадження. Також цинк є малотоксичним металом, на відміну від свинцю або кадмію, та набагато доступнішим і дешевшим.

Цинкування є самим поширеним металевим захисним покриттям сталевих виробів, машин та конструкцій. Правильний вибір товщини шару покриття забезпечує надійність виробу в експлуатації.

Метою даної роботи є розробка технологічного процесу нанесення цинкового покриття з цинкатного електроліту на СтЗкп, що застосовується для виробництва опорних конструкцій, які експлуатуються в широкому діапазоні температур, з продуктивністю $18000 \text{ м}^2/\text{рік}$.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Теоретична частина

1.1.1 Характеристика деталі, що підлягає обробці

СА 42-400-К – спеціальний кронштейн для кріплення супутникових антен. Деталь знаходиться в помірно континентальному кліматі в постійному контакті з атмосферним повітрям та вологою. Кронштейн знаходиться під дією стійкого високого атмосферного тиску, періодичного зволоження та високої річної амплітуди температур в атмосфері, що віддалена від промислових об'єктів. Враховуючи категорію розміщення та кліматичні умови деталь відноситься до групи жорстких умов експлуатації.

Конструкція складається із труби 42 мм × 2 мм в діаметрі, основи 108 мм × 108 мм, монтажної частини довжиною 195 мм та опорної труби 40 мм × 40 мм довжиною 400 мм. Діаметр щогли від 20 мм до 70 мм. Матеріал СтЗкп, який відноситься до конструкційного типу сталей, що є киплячими, вуглецевими.

Покривна площа складає 12,4 дм². Маса деталі складає 1,67 кг.

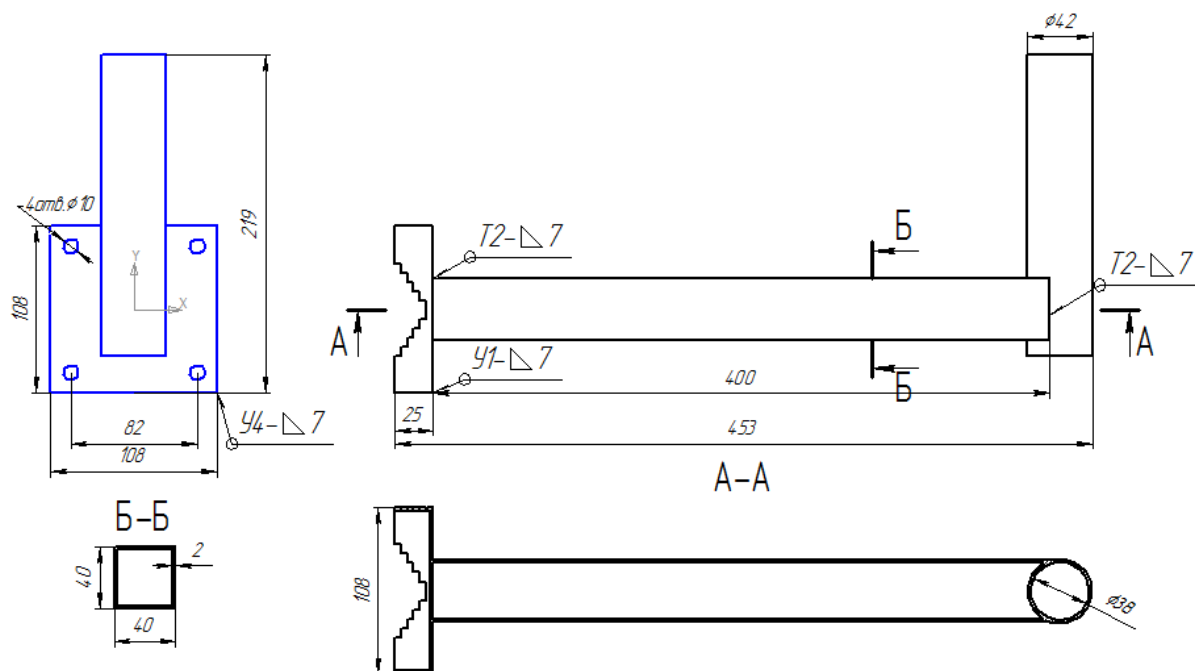


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		12

Перед надходженням до цеху деталь має механічні забруднення у вигляді пилу, поверхня деталі має окалини та задирки, містить залишки мастил та зварювальних матеріалів, локальна корозія відсутня.

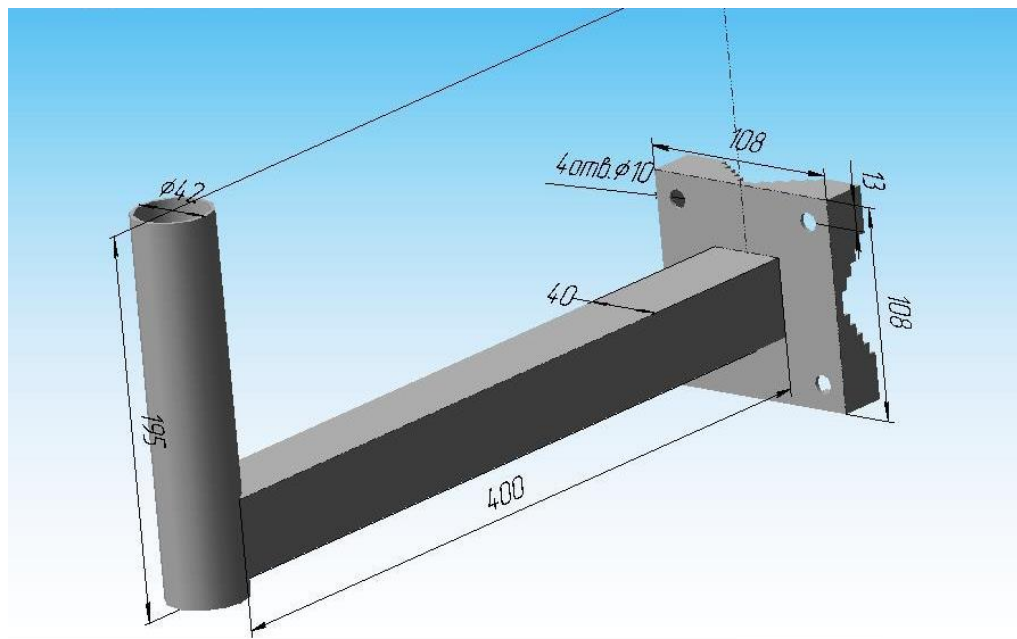


Рисунок 1.2 – Кронштейн СА 42-400-К

Однією із головних умов отримання щільно зчеплених з основою металічних покриттів є ретельне очищення поверхні, що покривається, від жирових, оксидних та інших забруднень. Такі забруднення заважають отриманню суцільного покриття, утворюючи шишкові нарости, пухирчасті здуття, метал легко відшаровується від основи.

Обробку і очистку поверхні деталі проводять механічно, хімічно і електрохімічно. Механічна обробка поділяється на шліфування, полірування, крацювання і т.д.

Шліфування – це процес видалення грубих нерівностей з поверхні металу шляхом зняття з нього тонкої стружки за допомогою дрібних зерен абразивних матеріалів. Для шліфування деталі під захисно-декоративне покриття рекомендується застосовувати матерчаті кола або стрічки. Вони відрізняються пружністю і еластичністю. Завдяки еластичності вони зручні для шліфування деталей більш складного профілю.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		13

Для підвищення продуктивності виробництва рекомендується використовувати абразивні стрічки, оскільки поверхня зіткнення з деталлю, в порівнянні зі шліфувальними кругами, значно більше, що сприяє кращому розсіюванню теплоти.

Ст3кп – це низьковуглецева сталь, тому в якості матеріалу шліфувальної стрічки рекомендується обрати тканину. Процес шліфування вести до досягнення шорсткості 25 мкм...0,160 мкм, а при полірування – 0,1 мкм. Режими обробки наведені в таблиці 1.1. Після вказаних операцій деталь промити водою.

Таблиця 1.1 – Режим шліфування і полірування низьковуглецевої сталі абразивною стрічною [1]

Основа стрічки	Матеріал абразиву	Зернистість абразиву			Швидкість стрічки, м/с	Засіб охолодження
		Шліфування		Полірування		
		Попереднє	Тонке			
Тканина	Цирконат алюмінію	80-60	20-10	6-5	30-35	Масляні емульсії, жир

1.1.2 Вибір виду покриття

За умов контакту з навколишнім середовищем в температурному діапазоні - 20 °С ...+50 °С та з періодичним потраплянням атмосферних осадів без наявності хімічних агресивних речовин, в якості металу покриття рекомендується обрати цинк. Цинкові покриття, в основному, застосовують для захисту сталевих виробів від корозії і, рідше, як підшар при гальванопокритті деталей із алюмінію та його сплавів. Колір покриття світло-сірий, але через незначну здатність цинку до самопасивації на повітрі, його рекомендується піддавати хроматуванню, за рахунок чого, цинкове покриття може набувати різних кольорів: чорного, зелено-жовтого з райдужним або сріблясто-сірого з блакитним відтінками, або фосфатуванню з подальшим просоченням мастилом або лакуванням.

Покриття цинком без хроматної обробки можна застосовувати для зберігання електропровідності, при пайці, для деталей, що піддаються точкової зварки і опресуванню пластмасами при температурі 100 °С – 150 °С. Цинк, маючи стандартний електродний потенціал -0,76 В, захищає залізо електрохімічно, тобто є анодним покриттям. При температурі 70°С потенціал цинку може стати більш додатнім за потенціал заліза і цинкове покриття буде захищати його тільки механічно [2].

В нейтральних середовищах цинкові покриття кородують в основному з кисневою деполяризацією, але в чистій атмосфері вони стійкі. Сірковмісні домішки, що знаходяться в промисловій атмосфері знижують їх корозійну стійкість. Такі покриття недостатньо стійкі і в умовах морської атмосфери. Також вони нестійкі в контакті з деревом, що просочені оліфою або маслами.

Цинкові покриття добре витримують розвальцювання, але погано піддаються запресуванню. Цинк, в порівнянні з іншими металами, що застосовуються в гальванотехніці, мало токсичний для людини. Підвищена захисна здатність цинкових покриттів в порівнянні з кадмієвими в зовнішній атмосфері пояснюється тим, що продукти корозії цинку, наприклад, сульфат цинку, менш розчинний в воді, ніж сульфат кадмію.

Потемніння цинкових покриттів з часом не впливає на їх захисну здатність. В приміщенні, забрудненому газами і продуктами згорання, цинкові покриття більш стійкі до корозійного руйнування, ніж кадмієві.

Оскільки планується використання деталі в жорстких умовах, доцільно обрати цинкове покриття з товщиною 21 мкм з подальшим безбарвним хроматуванням.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1.1.3 Вибір підготовчих операцій

Хімічне знежирення. Оскільки на поверхні деталі присутні робочі та консерваційні мастила та жирові забруднення різного походження, для знежирення використовувати розчин наступного складу (в г/дм³) [3]:

NaOH (ГОСТ 2263 – 79)	– 5...50,
Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O (ГОСТ 9337 – 79)	– 15...70,
Na ₂ CO ₃ (ГОСТ 84-76)	– 15...35,
Синтанол ДС-10 (ТУ 6-14-577-77)	– 3...5,
Силікат натрію (рідке скло) (ГОСТ 13078-81)	– 3...5

Температура розчину 60° С – 80 ° С. Тривалість обробки не менше 10 хвилин. Для повного видалення жирів після хімічного знежирення деталей завантажити у ванну з двоступеневим промиванням в теплій проточній воді при температурі 40 ° С– 50 ° С. Після теплового промивання деталей завантажити у ванну з двоступеневим промиванням в холодній проточній воді.

Хімічне травлення. Після видалення з поверхні жирових забруднень її потрібно очистити від оксидів. Шар оксиду на поверхні низьковуглецевої сталі в основному складається з магнетиту Fe₃O₄, що не розчиняється в сульфатній кислоті, тому для подальшої обробки необхідно використовувати сірчану кислоту. Для зменшення швидкості виділення водню та для запобігання від перетравлювання поверхні деталі, а також для економії кислоти використовують інгібітор БА-6. Травлення проводити в розчині наступного складу (в г/дм³) [4]:

HCl (ТУ 6-01-714-77)	– 120...200,
Інгібітор БА-6	– 40...50.

Травлення проводити при кімнатній температурі до повного видалення оксидів, але не менше 10 хвилин. Після травлення деталей завантажити у ванну з двоступеневим промиванням в холодній проточній воді.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1.1.4 Вибір складу електроліту для нанесення гальванічного покриття

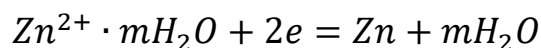
Деталь має складний профіль та використовується в жорстких умовах, тому цинкове покриття має бути дрібнозернистим та наноситися з електроліту з високою розсіювальною здатністю.

Прості електроліти.

В простих електролітах розряд іонів цинку відбувається при низькій катодній поляризації, тому осадки, отримані з кислих електролітів, мають крупнокристалічну структуру.

Сульфатний електроліт. Основним компонентом є сульфат цинку. Осадки цинку з дуже концентрованих електролітів мають велику пористість і схильні до утворення дендритів. Використання слабokonцентрованих електролітів неекономічне, так як зменшується їх електропровідність і, як наслідок, погіршується якість покриття. Тому оптимальна концентрація сульфату цинку в електролітах, що працюють при кімнатних температурах є $200 \text{ г/дм}^3 - 300 \text{ г/дм}^3$.

На катоді відбувається реакція розряду гідратованих іонів цинку:

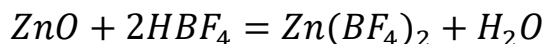


Осадження відбувається при низькій катодній поляризації, що призводить до утворення грубокристалічних осадів. Підвищення електропровідності електроліту досягається за рахунок введення солей з однойменним аніоном: сульфату натрію, сульфату амонію, сульфату алюмінію.

Сульфатні електроліти прості в роботі, не токсичні, мають високий вихід за струмом (близький до 100%) та стабільні. Проте мають низьку розсіювальну здатність, що не дозволяє використовувати їх в нанесенні цинкових покриттів на складнопрофільовані вироби.

Фторборатні електроліти. Основним компонентом є фторборат цинку, який отримується при взаємодії оксиду цинку і фторборатної кислоти:

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



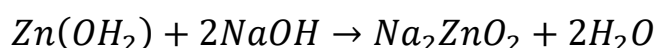
Для підвищення електропровідності вводять NH_4Cl . При цьому утворюється сіль NH_4BF_4 , що сприяє збільшенню катодної поляризації. Кислотність електроліту підтримується за допомогою борної кислоти.

Фторборатні електроліти забезпечують гарне зчеплення покритті при їх нанесенні на хромисті сталі. Катодний вихід в таких електролітах близько 100 %. Недоліком фторборатних електролітів є їх низька розсіювальна здатність, тому їх використовують для цинкування деталей нескладних конфігурацій.

Комплексні електроліти.

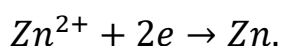
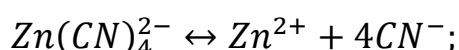
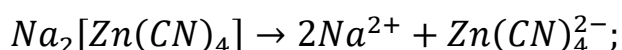
В комплексних електролітах процес протікає при значній катодній поляризації, за рахунок чого покриття має дрібнокристалічну структуру.

Ціанідні електроліти. Основним компонентом ціанідних електролітів є комплексна сіль $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{CN})_4]$, яка утворюється при взаємодії оксиду цинку або гідроксиду цинку з ціанідом натрію:



Таким чином, в результат розчинення гідроксиду цинку в розчині ціаніду натрію обов'язково утворюється гідроксид натрію, частина якого іде на утворення цинкату натрію.

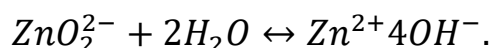
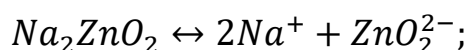
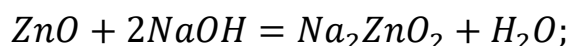
Дисоціація комплексного іона цинку протікає в декілька стадій, і на катоді відновлюються іони цинку:



					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Процес осадження цинку через малу концентрацію іонів протікає при значній поляризації, що сприяє осадженню дрібнокристалічних покриттів. У ціанідних електролітів найбільша розсіювальна здатність серед всіх електролітів цинкування. До недоліків цих електролітів слід віднести їх високу токсичність, нестабільність складу внаслідок карбонізації ціанідів, меншу швидкість осадження в порівнянні з фторборатними електролітами та високу вартість.

Цинкатні електроліти. Основним компонентом цинкатних електролітів є комплексна сіль цинку Na_2ZnO_2 або K_2ZnO_2 , яка утворюється в результаті взаємодії оксиду або гідроксиду цинку з гідроксидом натрію. Дисоціація комплексів протікає ступінчато, і процес осадження відбувається при достатньо високій катодній поляризації:



Без спеціальних домішок осадки цинку навіть при малих густинах струму мають темний колір і губчасту структуру. Тому в цинкатні електроліти додають органічні домішки: поліетиленполіамін, трилон Б, поліетиленамін і інші, що дозволяє отримувати щільні осадки цинку при більш високих густинах струму.

По своїй розсіювальній здатності цинкатні електроліти найбільш близькі до ціанідних електролітів цинкування, дозволяють осаджувати малонапружене покриття цинку на деталі складного профілю. Вони прості і більш стійкі, ніж ціанідні по складу, не вимагають ретельного догляду, дешеві, мають достатньо широкий діапазон допустимих густин струму. Вихід за струмом 96 – 98%.

З огляду на вище сказане, доцільно обрати цинкатний електроліт, оскільки він задовольняє всі вимоги, є простим, не токсичним та має малонапружені осади.

Нанесення цинку відбувається з електроліту наступного складу (в г/дм³) [4]:

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ZnO (ГОСТ 10262-73)	–	10...17,
NaOH загальний (ГОСТ 2263 – 79)	–	90...120,
Блискоутворювач НБЦ-О	–	4...6,
Блискоутворювач НБЦ- К	–	4...6.

Катодна густина струму (i_k) 3 А/дм², температура процесу кімнатна. Час електролізу розраховуємо за формулою:

$$\tau = \frac{\delta \cdot d_m \cdot 60}{k_{e/x} \cdot i_k} = \frac{21 \cdot 10^{-5} \cdot 7133 \cdot 60}{1,22 \cdot 3} = 24,6 \text{ хв},$$

де τ – час електролізу, хв;

δ – товщина покриття, дм;

d_m – густина цинку, г/дм³;

$k_{e/x}$ – електрохімічний еквівалент, г/(А·год)

Приготування цинкатного електроліту. В невеликій кількості води (1/10 робочого об'єму) розчиняють необхідний об'єм гідроксиду натрію і нагрівають до 90 °С – 100 °С. До розчину лугу обережно при неперервному перемішуванні вводять розраховану кількість ZnO до повного розчинення. Потім в ванну доливають воду до 3/4 її об'єму, ретельно перемішують отриманий розчин цинкату натрію і декатирують його в робочу ванну. В останню чергу вводять домішки, попередньо розчиненні в воді або електроліті. Електроліт проробити при густині струму 2 А/дм² протягом 2-3 годин, до отримання на катоді світлих осадків.

Корегування проводити не рідше одного разу на тиждень по даним хімічного аналізу на вміст оксиду цинку, гідроксиду натрію та блискоутворювачів. Вміст блискоутворювачів корегується додаванням НБЦ-К із розрахунку 0,5 л на 1000 А·год.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Аналіз електроліту. [5] Для визначення цинку і домішок заліза користуються об'ємним методом. Об'ємний метод полягає в наступному: 6 мл електроліту переносять в стакан на 10 мл, приливають 3 мл H_2SO_4 (густина $1,84 \text{ кг/дм}^3$) і 2 мл HNO_3 (густина $1,4 \text{ кг/дм}^3$) і випарюють майже насухо. Охолоджену пробу розбавляють водою і виливають в мірну колбу на 250 мл із нагрітою сумішшю, що складається із 10 мл NH_4Cl (20 %-й розчин) і 25 мл NH_4OH (25 %-й розчин). Далі розчин із осадом гідроксиду заліза охолоджують, доливають водою до мітки і фільтрують в суху колбу через сухий фільтр. Осад зберігають для визначення заліза. Його розчиняють на фільтрі в гарячій HCl (5мл 1 Н розчину), доводять об'єм розчину до 50 мл, додають 1 – 2 мл 10 %-го розчину сульфосаліцилату натрію або сульфосаліцилатної кислоти і, нагрів до $60^\circ C - 70^\circ C$, титрують тривалентне залізо трилоном Б до зникнення лілового забарвлення сульфосаліцилату заліза. Вміст заліза ($г/дм^3$) визначають за формулою:

$$Fe = \frac{1000aT_{Fe}}{n},$$

де a – кількість розчину трилону Б, що іде на титрування, мл; T_{Zn} – титр розчину трилону Б, виражений в г заліза; n – кількість електроліту, взятого на титрування, мл.

Фільтрат і промивні води переносять в мірну колбу на 250 або 500 мл і доливають водою до мітки. На титрування цинку беруть аліквотну частину, що відповідає 1 мл електроліту, додають 15 мл – 20 мл води, 10 мл аміачного буферного розчину (54 г NH_4Cl + 350 мл 25% аміаку в 1 л розчину) і 0,5 г індикатора хромогену чорного або 0,5 хромтемно-синього. Далі розчин титрують 0,1 Н розчином трилона Б до повного переходу забарвлення в синій колір. Вміст ($г/дм^3$) цинку розраховують за формулою:

$$Zn = \frac{1000aT_{Zn}}{n},$$

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де a – кількість розчину трилону Б, що іде на титрування, мл; T_{zn} – титр розчину трилону Б, виражений в г цинку (теоретичний титр 0,1 Н розчину трилону Б по цинку дорівнює 0,003269) ; n – кількість електроліту, взятого на титрування, мл.

Визначення вільного лугу. До 5 мл електроліту в конічну колбу на 250 мл, додають 50 мл води і 50 мл 10%-го розчину $BaCl_2$ для осадження карбонатів, п'ять крапель тимолфталейну і титрують 0,1 Н розчином HCl до знебарвлення. Підрахунок вмісту лугу (г/дм³) проводять за формулою:

$$NaOH = \frac{40an}{n},$$

де a – кількість розчину HCl , що іде на титрування, мл; n – нормальність розчину HCl ; 40 – коефіцієнт перерахунку на $NaOH$; n – кількість електроліту, взятого на титрування, мл.

Визначення карбонатів. До 10 мл електроліту додають приблизно 1 мл 25%-го аміаку, розбавляють до 50 мл, нагрівають до кипіння і додають надлишок 10 %-го розчину $BaCl_2$ (20 мл). Осад відстоюють, відфільтровують, промивають гарячою водою і розчиняють в надлишку титрованого розчину соляної кислоти (0,1 Н). Надлишок кислоти назад відтитровують лугом в присутності метилоранжу. Вміст карбонатів (г/дм³) підраховують за формулою:

$$Na_2CO_3 = \frac{53(a - lb)n}{n},$$

де a – кількість титрованого розчину HCl , взятої для титрування, мл; b – кількість титрованого розчину лугу, що пішло на зворотне титрування, мл; l – відношення між розчинами кислоти та лугу; n – нормальність титрованого розчину кислоти; 53 – коефіцієнт перерахунку на Na_2CO_3 ; n – кількість електроліту, взятого на титрування, мл.

Основні неполадки процесу цинкування в цинкатних електролітах і шляхи їх усунення наведені в таблиці 1.2.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 1.2 – основні неполадки цинкування в цинкатних електролітах та шляхи їх усунення [6]

Дефекти покриття або процесу	Причини порушення процесу	Спосіб усунення
1	2	3
Низька швидкість утворення покриття, сильне газовиділення на катоді, крихкість осадів	Підвищений вміст цинку по відношенню до лугу в розчині	Довести відношення лугу і цинку в електроліті до 9:1 – 10:1. Збільшити площу анодів
	Пасивація анодів	Зачистити аноди металічною щіткою. Збільшити анодну площу.
Темне покриття, особливо при низьких густинах струму	Невідповідність між вмістом цинку і лугу в електроліті	Довести відношення лугу і цинку в електроліті до 9:1 – 10:1.
	Потрапляння домішок солей тяжких металів	Проробити електроліт струмом на «випадкових» катодах при катодній густині 0,5 А/дм ² ...0,8 А/дм ²
Зниження концентрації цинку в електроліті	Недостатня площа анодів Низька концентрація лугу в електроліті	Збільшити кількість анодів у ванні Довести концентрацію лугу в електроліті до рецептурного значення
Збільшення концентрації цинку в електроліті	Велика анодна площа	Зменшити кількість анодів, замінити частину цинкових анодів стальними
Рясне газовиділення на катоді, чорні плями на деталях, окремі ділянки без покриття	Потрапляння хрому в електроліт	Проробити електроліт струмом на «випадкових» катодах при катодній густині 0,5 А/дм ² ...0,8 А/дм ² . Ретельно перевірити і відновити ізоляцію на підвісках

Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ

Арк

23

Продовження таблиці 1.2

1	2	3
Помутніння електроліту	Багато ($>80 \text{ г/дм}^3$) карбонатів в електроліті	Охолодити електроліт до $5^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}$, витримувати при цій температурі 24 год – 48 год, потім декатирувати або відфільтрувати

Зняття дефектних цинкових покриттів здійснюється зануренням оцинкованих деталей в 5 % – 10 % розчин сірчаної або соляної кислоти з додаванням катапіну К-І-1 від 3 – 5 г/дм^3 при температурі $15^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}$ з наступним видаленням чорного нальоту крацюванням [7].

1.1.5. Аноди

Матеріал анодів – цинк достатньо високої чистоти. Звичайні домішки в цинкових анодах – залізо, свинець і кадмій. Бажано, щоб сумарний вміст цих домішок не перевищував 0,5 по масі. Особливо чистий цинк, що містить менше 0,01 % вказаних домішок, має, проте, меншу швидкість розчинення (при тому ж анодному потенціалі). При використанні цинкатних електролітів використовують аноди, що виготовленні з технічного цинку з вмістом Sn до 1%, а Pb – від 0,5 до 1 % [4].

Використання цинкових анодів призводить до утворенню надлишку цинку у електролітичній ванні, що, в свою чергу, стає причиною зменшення розсіювальної та криючої здатності, погіршує якість осаду. Тому в якості допоміжний анодів використовуються аноди з нержавіючої сталі, що не містить хром в своєму складі.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1.1.6 Вибір завершальних операцій

Після нанесення цинкового покриття деталь промити в непроточній воді в ванні уловлювання з метою поповнення цим розчином в подальшому основної ванни цинкування, потім деталь завантажити у ванну з двоступеневим промиванням в холодній проточній воді.

Освітлення. Безпосередньо перед пасивуванням зразки освітлюють, занурюючи на 2 с ...5 с в 3% розчин нітратної кислоти. Температура розчину 15 °С – 35 °С.

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) [4]:

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.

Після пасивування цинкового покриття деталь промити в непроточній воді в ванні уловлювання з метою поповнення цим розчином в подальшому ванни для хроматування. Потім деталь завантажити у ванну з двоступеневим промиванням в холодній проточній воді. Безпосередньо перед висушуванням деталь промити в проточній теплій (40°С – 50 °С) воді в двоступеневій ванні.

Висушування. При сушінні хроматованих цинкових покриттів рекомендується використовувати тепле повітря (40°С – 50 °С), що подається в

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

сушильну камеру під напором. Висушування здійснюється до повного видалення вологи з поверхні покриття.

Технологічна карта процесу наведена в додатку А.

1.1.7 Методи контролю якості

Контроль якості покриття. Для контролю якості відбирати 0,1 % ... 0,5 % деталей з кожних 100 - 200 деталей, але не менше 2 деталей на добу.

Візуальний контроль. Контроль зовнішнього вигляду покриття проводиться на всіх деталях візуальним оглядом при нормальному денному або штучному освітленні. Освітленість має бути не менше 300 лк. В результаті оцінки по зовнішньому виду покриття деталей відносять до придатних, дефектних та до браку.

Дефектними вважаються деталі, що потребують зняття неякісних покриттів і його повторного нанесення, а також деталі, що потребують доопрацювання без зняття покритті. До браку відносяться: перетравлені деталі; деталі, що мають осередки корозії, пори лиття; деталі, що не допускають переробки зі зняттям неякісного покриття.

Методи визначення адгезії. Зовнішні ознаки низької адгезії: здуття, бульбашки, локальне відшарування покриття.

Випробування осадків товщиною не більше 20 мкм -30 мкм відбувається за методами полірування або крацювання шляхом короткочасного (15 с), але інтенсивного полірування поверхні на полірувальному кругу із застосування полірувальної пасті або крацювання поверхні дротовими щітками [8]. Показником високої адгезії являється відсутність здуття на покритті або локального відшаровування.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Контроль товщини покриття. Для локально визначення товщини застосовувати метод струменя електроліту, що оснований на розчиненні покриття струменем (або краплями) розчину, що падає на нього.

Склад розчину для зняття цинку з поверхні сталі (в г/дм³) [8]:

NH ₄ NO ₃	–	70,
CuSO ₄	–	7,
HCl 1Н	–	70

Струмінь подається безпосередньо на нахилену поверхню покриття із піпетки із внутрішнім діаметром вихідного отвору 1,5 мм – 2,0 мм з висоти 3 мм – 5 мм. Закінчення процесу визначається візуально, до появи рожевої плями. При цьому спочатку знаходять тривалість τ_0 розчинення покриття еталонної товщини h_0 , а невідому товщину h знаходять по тривалості його розчинення τ :

$$h = \frac{\tau h_0}{\tau_0}.$$

При цьому важливо, щоб температура розчину залишалася незмінною.

Визначення корозійної стійкості. Для створення умов, що наближені до атмосферних, застосовують випробування в спеціальних вологих камерах, що пришвидшують корозію. Зразки, що знаходяться в цій камері, безперервно або періодично оббризкують із пульверизатора корозійним розчином, при чому струмінь рідини, що розпилюється, не має потрапляти на деталь. Для цього перед пульверизатором кріпиться скляний екран під кутом 45° до струменя, що розпилюється [5]. В якості розчину, що застосовується для розпилення, використовувати 5 %-й розчин хлориду натрію. Корозійна стійкість хроматних плівок в камері 5%-го нейтрального соляного туману складає 44 – 48 год до появи білих продуктів корозії цинку.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		27

1.2 Основні технологічні розрахунки

1.2.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання цеху

Вихідними даними для визначення фонду часу роботи обладнання є режим роботи підприємства і неминучі втрати часу на ремонт і наладку обладнання. Розрізняють номінальний річний фонд часу роботи обладнання (T_n) і дійсний річний фонд часу роботи обладнання (T_d).

Номінальний річний фонд часу роботи обладнання T_n при переривчастому виробництві приймають рівним кількості календарних днів у році T_k (366) за вирахуванням вихідних T_v (104) та святкових T_c (11) днів. Для п'ятиденного 40-годинного робочого тижня при трьохзмінній роботі за вирахуванням 12 год у передсвяткові дні (дані для розрахунку взяті за 2020 рік):

$$T_n = ((366 - 11 - 104) \cdot \frac{40}{5} - 12) \cdot 3 = 5988 \text{ год}$$

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання T_d визначаємо, виходячи із T_n з урахуванням загальних річних витрат часу на неминучі простої обладнання, які в гальванічному виробництві при роботі неавтоматизованого обладнання цеху захисних покриттів у три зміни складають 4% ($K_{пр}$)

$$T_d = T_n - K_{пр} \cdot T_n = 5988 - 0,04 \cdot 5988 = 5748 \text{ год}$$

1.2.2 Визначення виробничої програми обладнання

Для визначення річної виробничої програми P_p річне виробниче завдання P_z необхідно збільшити на величину виправного браку виробів, який складає 1% ($K_{бр} = 0,01$) від P_z (квадратні метри площі)

$$P_p = P_z + K_{бр} P_z = 18000 \text{ м}^2 + 0,01 \cdot 18000 \text{ м}^2 = 18180 \text{ м}^2$$

Добова виробнича програма складає:

$$P_{\text{доб}} = \frac{P_p}{T_{\text{доб}}} = \frac{18180}{251} = 72,4 \frac{\text{м}^2}{\text{день}},$$

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

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Годинна виробнича програма $P_{\text{год}}$ визначається як

$$P_{\text{год}} = \frac{P_p}{T_d} = \frac{18180}{5748} = 3,2 \frac{\text{м}^2}{\text{год}}.$$

1.2.3 Розрахунок конструктивних розмірів ванни і коефіцієнту завантаження обладнання

Для розрахунку обладнання необхідно знати:

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

Оскільки при наступній механічній, хімічній або електрохімічній обробці деяких видів покриттів відбувається зменшення їх товщини, то необхідно прийняту товщину покриття δ збільшити на величину $\delta_{\text{зн}}$, яка складає, при освітленні та пасивуванні цинкових покриттів, 2 мкм.

Таким чином, середню товщину покриття δ_n , яку приймають, визначають за формулою:

$$\delta_n = \delta \cdot k + \delta_{\text{зн}} = 21 \cdot 1,1 + 2 = 25 \text{ мкм},$$

де δ – задана товщина покриття, мкм; $\delta_{\text{зн}}$ – товщина покриття, яка знімається при наступній хімічній обробці, мкм; k – коефіцієнт, що враховує нерівномірність покриття, залежить від розсіювальної здатності електроліту (через високу розсіювальну здатність електроліту приймаємо 1,1).

Тривалість обробки однієї завантажувальної одиниці τ складається із двох величин:

$$\tau = \tau_m + \tau_{\text{об}},$$

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де τ_m - технологічний час; $\tau_{об}$ - час обслуговування, необхідного для завантаження деталей у ванну та їх вивантаження (приймаємо 1,8 хв).

Розрахуємо час нанесення цинкового покриття:

$$\tau = \frac{\delta_n \cdot d_m \cdot 60}{k_{e/x} \cdot i_k} = \frac{25 \cdot 10^{-5} \cdot 7133 \cdot 60}{1,22 \cdot 3} = 29,2 \text{ хв},$$

де d_m - густина цинку, г/дм³; δ - товщина покриття, дм; i - густина струму, А/дм²; k_{ex} - електрохімічний еквівалент цинку, г/(А·год).

Тоді тривалість обробки підвіски:

$$\tau = \tau_m + \tau_{об} = 29,2 + 1,8 = 31 \text{ хв}.$$

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

$$n = \frac{T_d \cdot 60}{\tau \cdot K_{об}} = \frac{5748 \cdot 60}{31 \cdot 1,03} = 10\,801,$$

де $K_{об}$ - коефіцієнт, що враховує затрати часу на початковий запуск обладнання, кінцевого вивантаження ванни і на допоміжні операції (для трьох змін приймаємо 1,03).

Тоді разове завантаження усіх ванн Y_c , м²:

$$Y_c = \frac{P_p}{n} = \frac{18180}{10801} = 1,68 \text{ м}^2.$$

Внутрішні розміри ванни відповідають наступним значенням (мм): 2240×800×1600. Робочий об'єм складає 2,6 м³. Матеріал ванни – поліпропілен.

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

$$l_n = l - 2l_1 = 2,24 - 2 \cdot 0,11 = 2,02 \text{ м},$$

де l – внутрішня довжина ванни, м; l_1 – відстань від краю підвіски до стінки ванни (приймаємо 0,11 м).

$$h_n = h - h_1 - h_2 - h_3 = 1,6 - 0,15 - 0,05 - 0,3 = 1,1 \text{ м},$$

де h – внутрішня висота ванни, м; h_1 – відстань від дна ванни до нижнього краю підвіски (0,15 м, через відсутність змійовиків); h_2 – відстань від верхнього

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

краю підвіски до дзеркала електроліту(приймаємо 0,05 м); h_3 – відстань від дзеркала електроліту до верхнього краю ванни (приймаємо 0,30 м через використання бортових відсмоктувачів та барботеру).

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

Оскільки деталі мають складнопрофільовану форму – відстань між ними повинна бути не менше 1-2 радіусів труб, приймаємо порядку 35 мм– 45 мм [9]. Вдовж і в висоту відстань між деталями приймаємо 40 мм. Розмір деталі 453х219 мм. Розраховуємо кількість деталей в ряд:

$$2020 = n(453 + 40) + 40;$$

$$n = 4,02 \approx 4$$

Тоді кількість деталей в ряд 4.

Розраховуємо кількість деталей в висоту:

$$1100 = n(219 + 40) + 40;$$

$$n = 4,09 \approx 4$$

В висоту – 4, сумарна кількість деталей $n_d = 16$ шт. Площа поверхні однієї деталі, що покривається $S_d = 0,124 \text{ м}^2$. Ескіз підвіски рамного типу з деталями зображений на рисунку 1.3.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

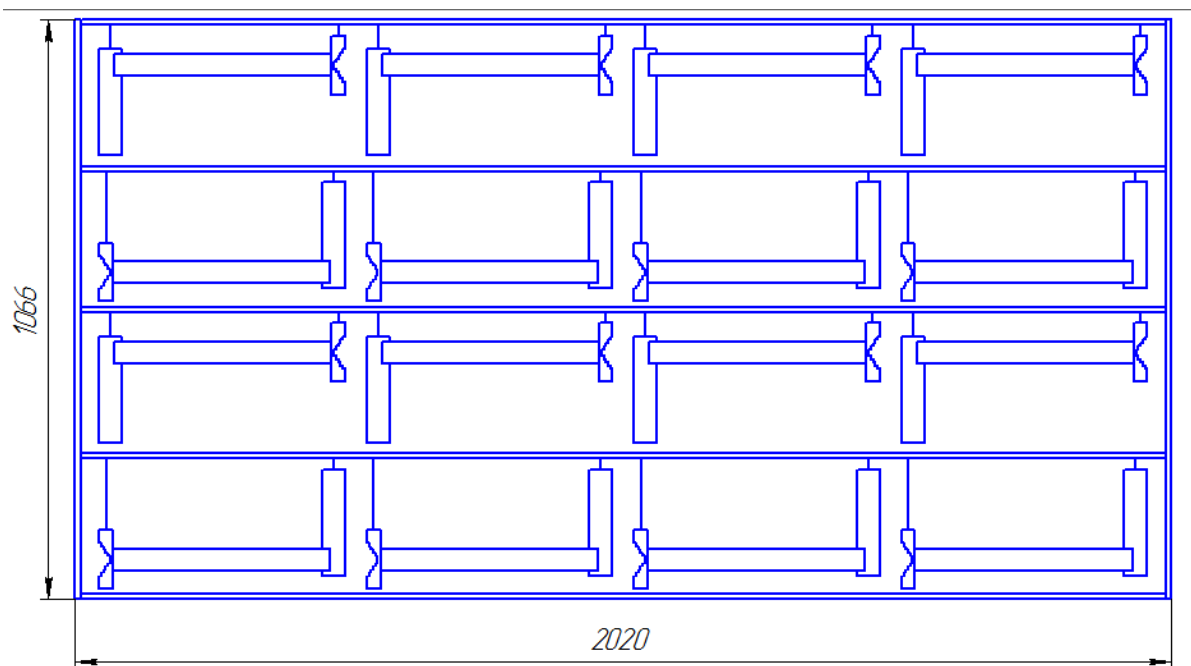


Рисунок 1.3 – Ескіз підвіски з деталями

Як видно з рисунку 1.3, розміри дозволяють використати таке розташування деталей, при яких є невеликі зазори, що передбачені для можливого встановлення додаткового обладнання.

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

$$S_n = S_d \cdot n_d = 0,124 \cdot 16 = 1,98 m^2$$

де S_d – поверхня однієї деталі;

n_d – кількість деталей на підвісці.

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

$$S_{03} = S_n \cdot N_n = 1,98 \cdot 1 = 1,98 m^2$$

де N_n – кількість підвісок, які одночасно завантажують у ванну.

Далі розраховуємо відстань між анодом та ближнім краєм підвіски (l_{a-k}) і перевіряємо, чи відповідає вона унормованому значенню, яке складає 0,1 м - 0,25 м, що необхідно для забезпечення максимальної рівномірності покриття. Для однопозиційних ванн, які найбільш поширені в промисловості

$$l_{a-k} = \frac{B - B_n - 2B_a - 2B_1}{2} = \frac{0,8 - 0,11 - 2 \cdot 0,02 - 2 \cdot 0,1}{2} = 0,225 m$$

де B – внутрішня ширина ванни, м; B_n – товщина підвіски з деталями, м; B_a –

Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ

Арк

32

товщина анодів, м; B_1 – відстань між анодом і боковими стінками ванни.

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

$$n_B = \frac{Y_c}{S_{03}} = \frac{1,68}{1,98} = 0,85 \approx 1$$

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

$$P'_p = S_{03} \cdot n_B \cdot \frac{T_d \cdot 60}{\tau \cdot K_{об}} = 1,98 \cdot 1 \cdot \frac{5748 \cdot 60}{31 \cdot 1,03} = 21\,386 \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_{зав} = \frac{P_p}{P'_p} = \frac{18180}{21386} = 0,85.$$

Розраховане значення відповідає оптимальному значенню $K_{зав}$ 0,8...0,95.

Для подальших розрахунків необхідно визначитися з розмірами і формами анодів, розрахувати їх масу та площу, а також розрахувати масу гальванічної ванни та футеровки.

Загальна площа аноду має бути не більше 2000x1000 мм. Товщину анодів прийнято $\delta_{a1}=0,02$ м. Густина цинкових анодів складає $d(Zn)=7133 \text{ кг/м}^3$, а сталевих $d(Ст)=7800 \text{ кг/м}^3$. Визначаємо площу одного аноду:

$$S_{a1} = (2020 \cdot 1050) \cdot 10^{-6} = 2,1 \text{ м}^2.$$

Тобто загальна площа анодів складає $S_a = 4,2 \text{ м}^2$. Розраховуємо масу цинкового аноду:

$$\begin{aligned} g_{a1}(Zn) &= d(Zn) \cdot \delta_{a1} \cdot 2000 \cdot 1000 \cdot 10^{-6} = \\ &= 7133 \cdot 0,02 \cdot 2020 \cdot 1050 \cdot 10^{-6} = 302,5 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Тоді маса двох анодів буде $g_a(Zn) = 605 \text{ кг}$. Оскільки, цинк накопичується в електроліті, через різницю його виходу за струмом на аноді і катоді, потрібно

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

через певний час замінювати цинкові аноди на нержчинні сталеві. Тому так само розраховуємо масу сталевих анодів:

$$g_{a1}(Ст) = d(Ст) \cdot \delta_{a1} \cdot 2020 \cdot 1050 \cdot 10^{-6} =$$

$$= 7800 \cdot 0,02 \cdot 2020 \cdot 1050 \cdot 10^{-6} = 331 \text{ кг.}$$

Тоді маса двох анодів буде $g_a(Ст) = 662 \text{ кг.}$

Оскільки потрібно, щоб один анод могли підняти одна – дві людини, анод потрібно розбити на секції масою 16-32 кг кожна (рис. 1.3).

Як видно з рисунку анод складається з 10 секцій 202x1050 мм кожна. Тоді для цинкових та сталевих анодів маса однієї секції складає відповідно 30,3 кг та 33,2 кг.

Виходячи з відомих розмірів ванни визначаємо її масу. Товщина стінки ванни складає 40 мм, густина поліпропілену $d_2 = 930 \text{ кг/м}^3$. Тоді маса ванни:

$$m_2 = d_2(2240 \cdot 800 \cdot 40 + 2240 \cdot 1600 \cdot 2 \cdot 40 + 800 \cdot 1600 \cdot 40 \cdot 2) \cdot 10^{-9} =$$

$$= 930(2240 \cdot 800 \cdot 40 + 2240 \cdot 1600 \cdot 2 \cdot 40 + 800 \cdot 1600 \cdot 40 \cdot 2) \cdot$$

$$\cdot 10^{-9} = 428,5 \text{ кг}$$

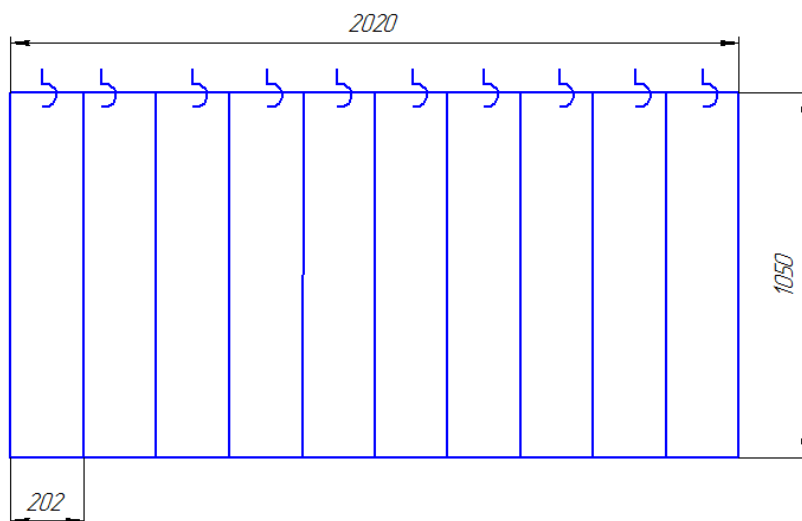


Рисунок 1.3 – Анод розбитий на секції

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1.2.4 Баланс кількості електрики на гальванічній ванні

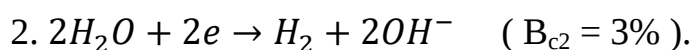
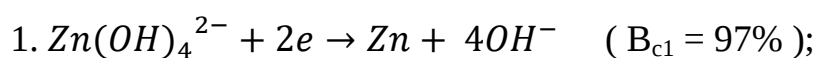
Сила струму I, A однопозиційної ванни визначається як добуток величини технологічної густини струму на катоді $i_k, A/m^2$ на площу деталей одноразового завантаження S_{03}, m^2 :

$$I = K \cdot i_k \cdot S_{03} = 1,1 \cdot 300 \cdot 1,98 = 653 A$$

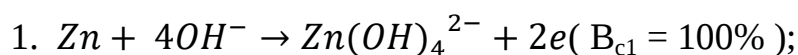
де коефіцієнт K враховує втрати електрики на осаджування металу на контактах підвіски; вибирають його в межах $K=1,03...1,15$.

Вихід за струмом цинку складає 97%,

на катоді:



на аноді:



Таблиця 1.3 - Баланс електрики ванни цинкування на одну годину роботи

Надходження	Q, A·год	%	Витрати	Q, A·год	%
На катоді:					
Від зовнішнього джерела струму	653	100	Виділення цинку	633,4	97
			Виділення водню	19,6	3
Разом	653	100	Разом	653	100
На аноді:					
Від зовнішнього джерела струму	653	100	Розчинення цинку	653	100
Разом	653	100	Разом	653	100

1.2.5 Баланс напруги на гальванічній ванні

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

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

в контактах ΔU_k :

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

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

Середня густина струму, яка проходить через електроліт

$$i_{cp} = \sqrt{i_k i_a} = \sqrt{300 \cdot 155} = 215 \frac{\text{А}}{\text{м}^2},$$

$$\text{де } i_a = \frac{I}{S_a} = \frac{653}{4,2} = 155 \frac{\text{А}}{\text{м}^2} - \text{густина струму на аноді.}$$

Омічне падіння напруги в електроліті ΔU_{om} , В розраховують за формулою [10]:

$$\Delta U_{om} = K \cdot i_{cp} \cdot l_{a-k} \cdot \rho_e = 1,05 \cdot 215 \cdot 0,225 \cdot 6/100 = 3,05 \text{ В},$$

де i_{cp} – середня густина струму в міжелектродному просторі, А/м^2 , 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, $\text{Ом} \cdot \text{см}$; K – коефіцієнт газонаповнення цинкатного електроліту [10].

Суму падіння напруги в електродах, провідниках першого роду та в контактах ванни $\Delta U_1 + \Delta U_k$ приймають у межах величини, яка не перевищує 10% загальної напруги на ванні. Сума $\Delta U_1 + \Delta U_k = 0,1(E_a - E_k + \Delta U_{om})$.

U визначається як:

$$U = 1,1(E_a - E_k + \Delta U_{om}) = 1,1 \cdot (0,22 + 3,05) = 3,6 \text{ В}.$$

Таблиця 1.4 – Баланс напруги на ванні цинкування

Надходження	В	%	Витрати	В	%
Напруга на ванні	3,6	100	Різниця електродних потенціалів під струмом $E_a - E_k$	0,22	6,1
			Падіння напруги в електроліті ΔU_{om}	3,05	84,7
			Падіння напруги в електродах, контактах і провідниках $\Delta U_1 + U_k$	0,33	9,2
Разом	3,6	100	Разом	3,6	100

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

$$U_{\text{дс}} = 1,1 U = 3,96 \text{ В.}$$

1.2.5.1 Вибір джерела струму для гальванічної ванни

Виходячи із сили струму (653 А) і напруги на ванні (3,6 В), було вибрано джерело постійного струму, типу "IMPGoldUNIV-800A/12V", яке має наступні характеристики:

- Регулювання вихідної напруги – 0-12 В;
- Номінальний струм - 800 А;
- КПД – 87%

Для вибраного випрямного агрегату визначають коефіцієнт завантаження:

$$K = \frac{N_{\text{дс}}}{N_{\text{пасп}}} = \frac{2,35}{9,6} = 0,24 ,$$

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

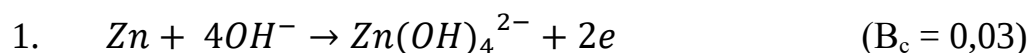
$$N_{\text{дс}} = U \cdot I \cdot 10^{-3} = 3,6 \cdot 653 \cdot 10^{-3} = 2,35 \text{ кВт},$$

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

1.2.6 Розрахунок споживання електричної енергії

Оскільки основні процеси, розчинення цинкових анодів та відновлення цинку на катоді, на які припадає 97 % електрики, не призводять до змін хімічного складу – для них зміна ентальпії дорівнює нулю.

Побічні реакції можна записати у наступному вигляді:



					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		37



Зміна ентальпії для сумарної реакції 1-2 складає

$$\begin{aligned} \Delta H_{1-2}^0 &= \Delta H_{\text{Zn}}^0 + 2 \Delta H_{\text{H}_2\text{O}}^0 + 2 \Delta H_{\text{OH}^-}^0 - \Delta H_{\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}}^0 - \Delta H_{\text{H}_2}^0 = \\ &= 0 - 2 \cdot 286,0 - 2 \cdot 426,35 - (-1200,81) - 0 = \\ &= -223,89 \text{ кДж/моль.} \end{aligned}$$

Звідки знаходимо

$$\begin{aligned} W_{\text{хім}} &= -3,6 \cdot I \cdot \tau \left(\frac{\Delta H_{1-2}^0 \cdot \text{BC}}{2 \cdot 96,5} \right) = -3,6 \cdot 653 \cdot \frac{31}{60} \left(\frac{-223,89 \cdot 0,03}{2 \cdot 96,5} \right) = \\ &= 42 \text{ кДж/год} \end{aligned}$$

$$W_{\text{заг}} = 3,6 \cdot 653 \cdot 3,96 \cdot 31/60 = 4810 \text{ кДж/год};$$

$$W_{\text{дж}} = W_{\text{заг}} - W_{\text{хім}} = 4810 - 42 = 4768 \text{ кДж/год.}$$

Таблиця 1.5 – Баланс енергії на ванні цинкування

Надходження	кДж	%	Витрати	кДж	%
Електрична енергія від джерела струму	4810	100	Джоулева теплота	4768	99
			Хімічна енергія	42	1
Разом	4810	100	Разом	4810	100

1.2.7 Тепловий розрахунок гальванічної ванни, яка працює за кімнатної температури

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

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

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

$$= 20 + \frac{4768 \cdot 1000}{2600 \cdot 3920 \cdot 1,13 + 428,5 \cdot 1700 + 662 \cdot 570} = 20,4^\circ C,$$

де 20 – температура навколишнього середовища, °C; V_1 , C_1 , d_1 - відповідно об'єм, питома масова теплоємність і густина електроліту, що нагрівається; C_2 - теплоємність матеріалу корпусу ванни, для поліпропілену – близько 1700 Дж/(кг·K); m_2 - маса ванни; C_3 - теплоємність матеріалу анода; m_3 - маса анодів у ванні [10] (розрахунок маси ванни та анодів наведений в пункті 1.2.3);

Зростання температури не перевищує одного градуса, тому охолодження ванни не потрібне.

1.2.8 Розрахунок часу використання цинкових та сталевих анодів

Через різниці виходу за струмом цинку на катоді і на аноді, в розчині будуть накопичуватись його іони, через що, співвідношення між лугом і оксидом цинку будуть змінюватись, що може привести до неполадок. Тому потрібно розрахувати час за який концентрація цинку в розчині зміниться від нижньої до верхньої межі.

Спочатку розраховуємо масу цинку, що накопичується в електроліті за годину:

$$m_{Zn}^1 = I \cdot \tau \cdot k_{e/x} \cdot Bc = 1,22 \cdot 653 \cdot 1 \cdot 0,03 = 23,9 \text{ г/год}$$

Тоді зміна концентрації на 1 літр розчину складає:

$$C_1(Zn) = \frac{m_{Zn}^1}{V_1} = \frac{23,9}{2600} = 0,009 \text{ г/дм}^3 \cdot \text{год}$$

Тепер розраховуємо через скільки концентрація цинку зміниться з 10 г/дм³ до 17 г/дм³:

$$\tau^1 = \frac{\Delta C}{C_1(Zn)} = \frac{7}{0,009} \approx 778 \text{ год,}$$

де ΔC зміна концентрації від нижньої до верхньої межі.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		39

Тобто через 778 год потрібно вийняти цинкові аноди і занурити сталеві нерозчинні. Тоді потрібно розрахувати за який час концентрація цинку в розчині зміниться від верхньої до нижньої межі.

Спочатку розраховуємо масу цинку, що осаджується на катоді за годину:

$$m_{Zn}^2 = I \cdot \tau \cdot k_{\frac{e}{x}} \cdot Bc = 1,22 \cdot 653 \cdot 1 \cdot 0,97 = 772,8 \text{ г/год}$$

Тоді зміна концентрації на 1 літр розчину складає:

$$C_2(Zn) = \frac{m_{Zn}^2}{V_1} = \frac{772,8}{2600} = 0,3 \text{ г/дм}^3 \cdot \text{год}$$

Тепер розраховуємо через скільки концентрація цинку зміниться з 17 г/дм³ до 10 г/дм³:

$$\tau^2 = \frac{\Delta C}{C_2(Zn)} = \frac{7}{0,3} \approx 23 \text{ год,}$$

де ΔC зміна концентрації від верхньої до нижньої межі.

Тобто через 23 год потрібно вийняти сталеві нерозчинні аноди і занурити цинкові.

Тоді потрібно скласти баланси окремо для сталевих анодів.

1.2.9 Баланс кількості електрики на гальванічній ванні із сталевими анодами

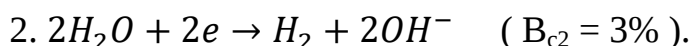
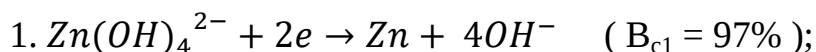
Сила струму I, А однопозиційної ванни визначається як добуток величини технологічної густини струму на катоді i_k , А/м² на площу деталей одноразового завантаження S_{03} , м² :

$$I = K i_k S_{03} = 1,1 \cdot 300 \cdot 1,98 = 653 \text{ А,}$$

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

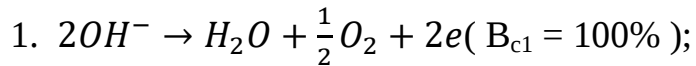
Вихід за струмом цинку складає 97%,

на катоді:



					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

на аноді:



Таблиця 1.6 - Баланс електрики ванни цинкування на одну годину роботи

Надходження	Q, А·год	%	Витрати	Q, А·год	%
На катоді:					
Від зовнішнього джерела струму	653	100	Виділення цинку	633,4	97
			Виділення водню	19,6	3
Разом	653	100	Разом	653	100
На аноді:					
Від зовнішнього джерела струму	653	100	Утворення кисню	653	100
Разом	653	100	Разом	653	100

1.2.10 Баланс напруги на гальванічній ванні

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_1 та в контактах ΔU_k :

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

Потенціал аноду розраховуємо за формулою:

$$E_a = E_{O_2/OH^-}^0 - \frac{2,3RT}{F} \lg a_{OH^-},$$

$$a_{OH^-} = f_{NaOH} \cdot C_{NaOH},$$

де a_{OH^-} – активність OH^- в електроліті; f_{NaOH} – коефіцієнт активності OH^- .

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Середню концентрацію C_{NaOH} розраховуємо як середню величину концентрації NaOH у електроліті:

$$C_{NaOH} = \frac{C_{\text{ниж } NaOH} + C_{\text{верх } NaOH}}{2} \cdot \frac{1}{M_{NaOH}} = \frac{90 + 120}{2 \cdot 40} = 2,6 \frac{\text{моль}}{\text{дм}^3},$$

де $C_{\text{ниж } NaOH}$ і $C_{\text{верх } NaOH}$ відповідно нижня і верхні допустимі концентрації луку в електроліті.

При середній концентрації $C_{NaOH} = 105 \text{ г/дм}^3$ ($2,6 \text{ моль/дм}^3$) $f_{NaOH} = 0,75$ [11].

Тоді:

$${}_p E_a = 0,401 - 0,0002 \cdot (273 + 20) \cdot \lg(0,75 \cdot 2,6) = 0,38 \text{ В.}$$

За врахуванням перенапруги виділення кисню на сталі, що складає $0,52 \text{ В}$ [12], $E_a = 0,9 \text{ В}$.

Тоді:

$$E_a - E_k = 0,9 - (-1,35) = 2,25 \text{ В.}$$

Середня густина струму, яка проходить через електроліт

$$i_{cp} = \sqrt{i_k i_a} = \sqrt{300 \cdot 155} = 215 \text{ А/м}^2.$$

Омічне падіння напруги в електроліті ΔU_{om} , В розраховують за формулою [10]:

$$\Delta U_{om} = K \cdot i_{cp} \cdot l_{a-k} \cdot \rho_e = 1,05 \cdot 215 \cdot 0,225 \cdot 6/100 = 3,05 \text{ В,}$$

де i_{cp} – середня густина струму в міжелектродному просторі, А/м^2 , 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, $\text{Ом} \cdot \text{см}$; K – коефіцієнт газонаповнення цинкатного електроліту [10].

Суму падіння напруги в електродах, провідниках першого роду та в контактах ванни $\Delta U_1 + \Delta U_k$ приймають у межах величини, яка не перевищує 10% загальної напруги на ванні. Сума $\Delta U_1 + \Delta U_k = 0,1(E_a - E_k + \Delta U_{om})$.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		42

U визначається як:

$$U = 1,1(E_a - E_k + \Delta U_{om}) = 1,1 \cdot (2,25 + 3,05) = 5,83, \text{ В.}$$

Таблиця 1.7 – Баланс напруги на ванні цинкування

Надходження	В	%	Витрати	В	%
Напруга на ванні	5,83	100	Різниця електродних потенціалів під струмом $E_a - E_k$	2,25	38,6
			Падіння напруги в електроліті ΔU_{om}	3,05	52,3
			Падіння напруги в електродах, контактах і провідниках $\Delta U_1 + U_k$	0,53	9,1
Разом	5,83	100	Разом	5,83	100

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

$$U_{dc} = 1,1 U = 6,41 \text{ В.}$$

1.2.10.1 Вибір джерела струму для гальванічної ванни

Виходячи із сили струму (653 А) і напруги на ванні (5,83 В), було вибрано джерело постійного струму, типу "IMPGoldUNIV-800A/12V", яке має наступні характеристики:

- Регулювання вихідної напруги – 0-12 В;
- Номінальний струм - 800 А;
- КПД – 87%.

Для вибраного випрямного агрегату визначають коефіцієнт завантаження:

$$K = \frac{N_{dc}}{N_{пасп}} = \frac{3,8}{9,6} = 0,4 ,$$

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

$$N_{dc} = U \cdot I \cdot 10^{-3} = 5,83 \cdot 653 \cdot 10^{-3} = 3,8 \text{ кВт,}$$

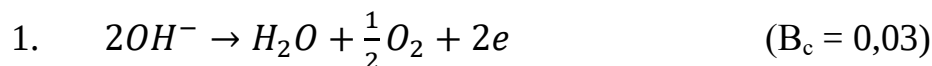
					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

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

Тобто для сталевих анодів можна використовувати той же випрямляч, що і при використанні цинкових.

1.2.11 Розрахунок споживання електричної енергії

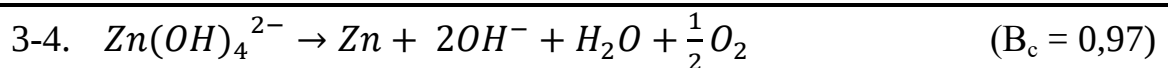
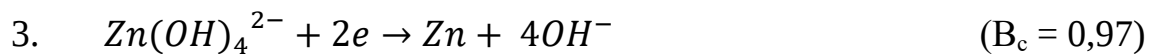
Катодну і анодну реакції та сумарний процес утворення цинку можна записати у вигляді:



Зміна ентальпії для сумарної реакції 1-2 складає

$$\begin{aligned} \Delta H_{1-2}^0 &= \Delta H_{\text{H}_2\text{O}}^0 - \frac{1}{2}\Delta H_{\text{O}_2}^0 - \Delta H_{\text{H}_2}^0 = \\ &= -286 - 0 - 0 = -286 \text{ кДж/моль.} \end{aligned}$$

Основні процеси:



для яких

$$\begin{aligned} \Delta H_{3-4}^0 &= \Delta H_{\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}}^0 - \Delta H_{\text{Zn}}^0 - \Delta H_{\text{H}_2\text{O}}^0 - 2\Delta H_{\text{OH}^-}^0 - \frac{1}{2}\Delta H_{\text{O}_2}^0 = \\ &= -1200,81 - 0 - (-286) - 2(-426,35) - 0 = -62,11 \text{ кДж/моль.} \end{aligned}$$

Звідки знаходимо

$$\begin{aligned} W_{\text{хім}} &= -3,6 \cdot I \cdot \tau \left(\frac{\Delta H_{1-2}^0 \cdot \text{BC}}{2 \cdot 96,5} + \frac{\Delta H_{3-4}^0 \cdot \text{BC}}{2 \cdot 96,5} \right) = \\ &= -3,6 \cdot 653 \cdot \frac{31}{60} \left(\frac{-286 \cdot 0,03}{2 \cdot 96,5} + \frac{-62,11 \cdot 0,97}{2 \cdot 96,5} \right) = 432 \text{ кДж/год} \end{aligned}$$

$$W_{\text{заг}} = 3,6 \cdot 653 \cdot 6,41 \cdot 31/60 = 7785 \text{ кДж/год};$$

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$W_{дж} = W_{заг} - W_{хім} = 7785 - 432 = 7353 \text{ кДж/год};$$

Таблиця 1.8 – Баланс енергії на ванні цинкування

Надходження	кДж	%	Витрати	кДж	%
Електрична енергія від джерела струму	7785	100	Джоулева теплота	7353	94,5
			Хімічна енергія	432	5,5
Разом	7785	100	Разом	7785	100

1.2.12 Тепловий розрахунок гальванічної ванни зі сталевими анодами, яка працює за кімнатної температури

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

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

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

$$= 20 + \frac{7353 \cdot 1000}{2600 \cdot 3920 \cdot 1,13 + 428,5 \cdot 1700 + 500 \cdot 662} = 20,5^o C,$$

де 20 – температура навколишнього середовища, °C; V_1 , C_1 , d_1 - відповідно об'єм, питома масова теплоємність і густина електроліту, що нагрівається; C_2 - теплоємність матеріалу корпусу ванни, для поліпропілену – близько 1700 Дж/(кг·K); m_2 - маса ванни; C_3 - теплоємність матеріалу анода; m_3 - маса анодів у ванні [10];

Зростання температури не перевищує одного градуса, тому охолодження ванни не потрібне.

1.2.13 Розрахунок витрат стиснутого повітря на перемішування електроліту

Розрахунок здійснюють для ванни цинкування та хроматування, що обладнані барботером для барботування стиснутого повітря.

Річну витрату стиснутого повітря Π , м^3 для перемішування електроліту визначаємо за формулою:

$$\Pi = q' \cdot V \cdot n \cdot T_d = 12 \cdot 2,6 \cdot 2 \cdot 5748 = 358\,675 \text{ м}^3,$$

де q' – норми витрат стиснутого повітря на перемішування 1 м^3 електроліту, $\text{м}^3/\text{год}$ [10]; V – робочий об'єм електроліту у ванні, м^3 ; n – кількість ванн даного типу; T_d – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год.

1.2.14 Розрахунок витрат хімікатів, матеріалів та води для виконання річної виробничої програми

Цей розрахунок здійснюють з метою визначення річних потреб виробництва у сировині та матеріалах для нанесення даного виду покриття.

При розрахунку необхідної кількості анодів, хімічних реактивів, води та інших матеріалів виходять з того, що витрати здійснюються за такими статтями:

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

Розрахунок здійснюють для усіх технологічних операцій згідно карти технологічного процесу.

1.2.14.1 Розрахунок витрат анодів

Витрати анодів на початковий запуск обладнання.

Витрати розчинних цинкових та нерозчинних сталевих анодів на запуск

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

обладнання відповідають масі анодів, що завантажують на початку (пункт 1.2.3)

Витрати цинкових анодів на виконання річної виробничої програми

Ці витрати G_{ap} , кг визначають за формулою:

$$G_{ap} = S \cdot A_p \cdot \delta_{\pi} = 18180 \cdot 0,0076 \cdot 25 = 3436,5 \text{ кг},$$

де S – сумарна площа нанесеного покриття при виконанні річної програми, м^2 ; δ_{π} – товщина покриття в мікрометрах; A_p – норма витрат цинкових анодів на нанесення покриття товщиною один мікрометр, $\text{кг}/\text{м}^2$. Значення A_p визначають, виходячи з чистої маси покриття, технологічних втрат та відходів:

$$A_p = d_{\pi} \cdot (1 + 0,06) \cdot 10^{-6} = 7133 \cdot (1 + 0,06) \cdot 10^{-6} = 0,0076, \text{ кг}/\text{м}^2,$$

де d_{π} – густина цинку, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Витрати сталевих анодів на виконання річної виробничої програми

Такі витрати обумовлені технологічними витратами, відходами і визначаються за формулою

$$G_{an} = S \cdot A_n \cdot 10^{-3} \cdot 0,03 = 18180 \cdot 1,15 \cdot 10^{-3} \cdot 0,03 = 0,6, \text{ кг},$$

де S – сумарна площа нанесеного покриття при виконанні річної програми, м^2 ; A_n – норма витрат нерозчинних сталевих анодів, $\text{г}/\text{м}^2$; 0,03 – частка часу, в який використовуються сталеві аноди, визначається з співвідношення $\frac{23}{23+778}$, де 23 це час використання сталевих анодів, год; 778 – час використання цинкових анодів, год [10].

1.2.14.2 Розрахунок витрат хімічних реактивів

Витрати хімічних реактивів на початковий запуск обладнання

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

$$G_i = C_i \cdot V_v \cdot n_v,$$

де C_i – концентрація відповідного компонента електроліту, $\text{кг}/\text{м}^3$; V_v – об'єм ванни, м^3 ; n_v – кількість ванн даного типу.

Витрати компонентів електроліту цинкування:

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Витрати оксиду цинку

$$G_{ZnO} = 10 \cdot 2,6 = 26 \text{ кг}$$

Витрата гідроксиду натрію

$$G_{NaOH} = 100 \cdot 2,6 = 260 \text{ кг}$$

Витрата блискоутворювача

$$G_{\text{БО НБЦ-О}} = 5 \cdot 2,6 = 13 \text{ кг}$$

Витрата блискоутворювача

$$G_{\text{БО НБЦ-К}} = 5 \cdot 2,6 = 13 \text{ кг}$$

Витрати компонентів розчину для знежирення:

Витрата гідроксиду натрію

$$G_{NaOH} = 25 \cdot 2,6 = 65 \text{ кг}$$

Витрата фосфату натрію

$$G_{Na_3PO_4 \cdot 12H_2O} = 40 \cdot 2,6 = 104 \text{ кг}$$

Витрата карбонату натрію

$$G_{Na_2CO_3} = 25 \cdot 2,6 = 65 \text{ кг}$$

Витрата синтанолу ДС-10

$$G_{\text{ДС-10}} = 4 \cdot 2,6 = 10,4 \text{ кг}$$

Витрата силікату натрію

$$G_{Na_2SiO_3} = 4 \cdot 2,6 = 10,4 \text{ кг}$$

Витрати компонентів розчину для травлення:

Витрата хлоридної кислоти

$$G_{HCl} = 160 \cdot 2,6 = 416 \text{ кг}$$

Витрата інгібітору БА-6

$$G_{\text{БА-6}} = 45 \cdot 2,6 = 117 \text{ кг}$$

Витрати компонентів розчину для освітлення:

Витрата нітратної кислоти

$$G_{HNO_3} = 30 \cdot 2,6 = 78 \text{ кг}$$

Витрати компонентів розчину для хроматування:

Витрата композиції Likonda® 21

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$G_{\text{Likonda}^{\text{®}} 21} = 45 \cdot 2,6 = 117 \text{ кг}$$

Витрата сульфатної кислоти

$$G_{H_2SO_4} = 1,6 \cdot 2,6 = 4,2 \text{ кг}$$

Витрата нітратної кислоти

$$G_{HNO_3} = 2 \cdot 2,6 = 5,2 \text{ кг}$$

Витрати хімічних реактивів на виконання річної виробничої програми

Розрахунок витрат кожного компонента здійснюється за формулою:

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

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

Величину $V_{\text{вт}}$ можна визначити як:

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

де S – сумарна поверхня деталей, яка обробляється за рік, м^2 ; коефіцієнт 1,15 – враховує площу занурюваної частини підвісок; A_e – норма витрат електроліту, який виноситься з деталями, $\text{м}^3/\text{м}^2$.

Норми витрат A_e для одного м^2 оброблюваної поверхні в залежать від складності конфігурації та не залежить від товщини покриття [10].

Розраховуємо витрати компонентів для електроліту цинкування:

$$V_{\text{вт}}^{\text{ел}} = 1,15 \cdot S \cdot A_e^{\text{ел}} = 1,15 \cdot 18180 \cdot 0,15 \cdot 10^{-3} = 3,14 \text{ м}^3,$$

де $A_e^{\text{ел}}$ – норма витрати лужного електроліту, що виноситься при осадженні цинку на складнопрофільовані деталі.

Тоді витрати оксиду цинку

$$G_{ZnO} = 10 \cdot 3,14 = 31,4 \text{ кг}$$

Витрата гідроксиду натрію

$$G_{NaOH} = 100 \cdot 3,14 = 314 \text{ кг}$$

Витрата блискоутворювача

$$G_{\text{БО НБЦ-О}} = 5 \cdot 3,14 = 15,7 \text{ кг}$$

Витрата блискоутворювача

$$G_{\text{БО НБЦ-К}} = 5 \cdot 3,14 = 15,7 \text{ кг}$$

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		49

Розраховуємо витрати компонентів для розчину знежирення:

$$V_{\text{ВТ}}^{\text{ЗНЖ}} = 1,15 \cdot S \cdot A_{\text{е}}^{\text{ЗНЖ}} = 1,15 \cdot 18180 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} = 6,26 \text{ м}^3,$$

де $A_{\text{е}}^{\text{ЗНЖ}}$ – норма витрати розчину для знежирення.

Тоді витрата гідроксиду натрію

$$G_{\text{NaOH}} = 25 \cdot 6,26 = 156,5 \text{ кг}$$

Витрата фосфату натрію

$$G_{\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}} = 40 \cdot 6,26 = 250,4 \text{ кг}$$

Витрата карбонату натрію

$$G_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 25 \cdot 6,26 = 156,5 \text{ кг}$$

Витрата синтанолу ДС-10

$$G_{\text{ДС-10}} = 4 \cdot 6,26 = 25 \text{ кг}$$

Витрата силікату натрію

$$G_{\text{Na}_2\text{SiO}_3} = 4 \cdot 6,26 = 25 \text{ кг}$$

Розраховуємо витрати компонентів для розчину травлення:

$$V_{\text{ВТ}}^{\text{ТР}} = 1,15 \cdot S \cdot A_{\text{е}}^{\text{ТР}} = 1,15 \cdot 18180 \cdot 0,7 \cdot 10^{-3} = 14,6 \text{ м}^3,$$

де $A_{\text{е}}^{\text{ТР}}$ – норма витрати розчину для травлення.

Тоді витрата хлоридної кислоти

$$G_{\text{HCl}} = 160 \cdot 14,6 = 2336 \text{ кг}$$

Витрата інгібітору БА-6

$$G_{\text{БА-6}} = 45 \cdot 14,6 = 657 \text{ кг}$$

Розраховуємо витрати компонентів для розчину освітлення:

$$V_{\text{ВТ}}^{\text{ОСВ}} = 1,15 \cdot S \cdot A_{\text{е}}^{\text{ОСВ}} = 1,15 \cdot 18180 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 10,5 \text{ м}^3,$$

де $A_{\text{е}}^{\text{ОСВ}}$ – норма витрати розчину для освітлення.

Тоді витрата нітратної кислоти

$$G_{\text{HNO}_3} = 30 \cdot 10,5 = 315 \text{ кг}$$

Розраховуємо витрати компонентів для розчину хроматування:

$$V_{\text{ВТ}}^{\text{ХР}} = 1,15 \cdot S \cdot A_{\text{е}}^{\text{ХР}} = 1,15 \cdot 18180 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} = 6,3 \text{ м}^3,$$

де $A_{\text{е}}^{\text{ХР}}$ – норма витрати розчину для хроматування.

Тоді витрата композиції Likonda® 21

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$G_{\text{Likonda}^{\text{®}} 21} = 45 \cdot 6,3 = 283,5 \text{ кг}$$

Витрата сульфатної кислоти

$$G_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1,6 \cdot 6,3 = 10,1 \text{ кг}$$

Витрата нітратної кислоти

$$G_{\text{HNO}_3} = 2 \cdot 6,3 = 12,6 \text{ кг}$$

1.2.14.3 Розрахунок витрат води

Витрати води на приготування електроліту

Такі витрати $G'_{\text{H}_2\text{O}}$ (кг) визначаються за формулою:

$$G'_{\text{H}_2\text{O}} = C_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V_{\text{заг}},$$

де $C_{\text{H}_2\text{O}}$ – вміст води в одному м³ електроліту, кг/м³; $V_{\text{заг}}$ – сумарні витрати електроліту на виконання річної виробничої програми, м³.

Величину $C_{\text{H}_2\text{O}}$ можна визначати за формулою:

$$C_{\text{H}_2\text{O}} = d_{\text{ел}} - (C_1 + C_2 + \dots + C_n),$$

де $d_{\text{ел}}$ – густина електроліту, кг/м³[10]; $C_1, C_2 \dots C_n$ – вміст компонентів в електроліті, кг/м³.

Сумарні витрати електроліту знаходять за формулою:

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{в}} \cdot K_{\text{зап}} \cdot n_{\text{в}} + V_{\text{вт}},$$

де $V_{\text{в}}$ – об'єм ванни, м³; $n_{\text{в}}$ – кількість ванн; $V_{\text{вт}}$ – об'єм електроліту, винесеного деталями (розділ 2.13.2).

Витрати води на приготування електроліту цинкування

Вміст води в електроліті:

$$\begin{aligned} C_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{ел}} &= d_{\text{ел}} - (C_{\text{ZnO}} + C_{\text{NaOH}} + C_{\text{БО НБЦ-О}} + C_{\text{БО НБЦ-К}}) = \\ &= 1130 - (15 + 115 + 5 + 5) = 990 \text{ кг/м}^3 \end{aligned}$$

Сумарні витрати електроліту знаходять за формулою:

$$V_{\text{заг}}^{\text{ел}} = 2,6 \cdot 1 + 3,14 = 5,74 \text{ м}^3$$

Тоді витрати води на приготування електроліту:

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$G'_{H_2O}{}^{ел} = 990 \cdot 5,74 = 5683 \text{ кг}$$

Витрати води на приготування розчину для знежирення

Вміст води в розчині:

$$C_{H_2O}^{знж} = d_{знж} - (C_{NaOH} + C_{Na_3PO_4 \cdot 12H_2O} + C_{Na_2CO_3} + C_{ДС-10} + C_{Na_2SiO_3}) = \\ = 1030 - (25 + 40 + 25 + 4 + 4) = 954 \text{ кг/м}^3$$

Сумарні витрати розчину знаходять за формулою:

$$V_{заг}^{знж} = 2,6 \cdot 1 + 6,26 = 8,86 \text{ м}^3$$

Тоді витрати води на приготування розчину:

$$G'_{H_2O}{}^{знж} = 954 \cdot 8,86 = 8452 \text{ кг}$$

Витрати води на приготування розчину для травлення

Вміст води в розчині:

$$C_{H_2O}^{тр} = d_{тр} - (C_{HCl} + C_{БА-6}) = 1085 - (160 + 45) = 880 \text{ кг/м}^3$$

Сумарні витрати розчину знаходять за формулою:

$$V_{заг}^{тр} = 2,6 + 14,6 = 17,2 \text{ м}^3$$

Тоді витрати води на приготування розчину:

$$G'_{H_2O}{}^{тр} = 880 \cdot 17,2 = 15\,136 \text{ кг}$$

Витрати води на приготування розчину для освітлення

Вміст води в розчині:

$$C_{H_2O}^{осв} = d_{осв} - (C_{HNO_3}) = 1010 - (30) = 980 \text{ кг/м}^3$$

Сумарні витрати розчину знаходять за формулою:

$$V_{заг}^{осв} = 2,6 \cdot 1 + 10,5 = 13 \text{ м}^3$$

Тоді витрати води на приготування розчину:

$$G'_{H_2O}{}^{осв} = 980 \cdot 13 = 12\,740 \text{ кг}$$

Витрати води на приготування розчину для хроматування

Вміст води в розчині:

$$C_{H_2O}^{хр} = d_{хр} - (C_{Likonda®\,21} + C_{H_2SO_4} + C_{HNO_3}) = 1040 - (45 + 1,6 + 2) = \\ = 991 \text{ кг/м}^3$$

Сумарні витрати розчину знаходять за формулою:

$$V_{заг}^{хр} = 2,6 \cdot 1 + 6,3 = 8,9 \text{ м}^3$$

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Тоді витрати води на приготування розчину:

$$G'_{H_2O}^{xp} = 991 \cdot 8,9 = 8820 \text{ кг.}$$

Загальні витрати води на приготування розчинів складають:

$$G'_{H_2O} = G'_{H_2O}^{ел} + G'_{H_2O}^{знж} + G'_{H_2O}^{тр} + G'_{H_2O}^{осв} + G'_{H_2O}^{xp} = \\ = (5683 + 8452 + 15\,136 + 12\,740 + 8820) \cdot 10^{-3} = 50,8 \text{ м}^3.$$

Витрати води на розкладання при електролізі

Розрахунок виконується тільки для ванн, на електродах яких перебігає побічний процес розкладання води. Витрати води на розкладання C''_{H_2O} (кг) розраховується за формулою:

$$C''_{H_2O} = I \cdot \frac{18 \cdot T_d \cdot B'_c}{2 \cdot 26,8} \cdot 10^{-5} = 653 \cdot \frac{18 \cdot 5748 \cdot 3}{2 \cdot 26,8} \cdot 10^{-5} = 37,8 \text{ кг,}$$

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

Витрати води на винесення із газами

Розрахунок виконується для ванн, в яких може перебігати побічний процес розкладання води. Витрати на винесення із газами C'''_{H_2O} (кг), визначаються за формулою:

$$C'''_{H_2O} = C'_{H_2O} \cdot V_{\Gamma}^t,$$

де C'_{H_2O} – вміст води, який виноситься із ванни одним м^3 газів, $\text{кг}/\text{м}^3$; V_{Γ}^t – загальний об'єм вологого газу, який виділяється за температури електролізу, м^3 .

Величину C'_{H_2O} визначають як:

$$C'_{H_2O} = 0,000805 \frac{P_{H_2O}}{P_6 - P_{H_2O}} = 0,000805 \frac{2186}{101325 - 2186} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ кг}/\text{м}^3,$$

де P_6 – загальний тиск парогазової суміші, Па; P_{H_2O} – парціальний тиск парів води за температури електролізу, Па.

Для визначення величини V_{Γ}^t спочатку визначають об'єми водню і кисню, приведені до нормальних умов:

$$V_{H_2}^0 = 0,418 \cdot I \cdot T_d \cdot B'_c \cdot 10^{-5} = 0,418 \cdot 653 \cdot 5748 \cdot 3 \cdot 10^{-5} = 47, \text{ м}^3;$$

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

і сумарний об'єм приведених до нормальних умов газів:

$$V_r^O = V_{H_2}^O \cdot M^3.$$

Об'єм вологого газу за температури електролізу:

$$V_r^t = \frac{V_r^O \cdot 1013 \cdot (273 + t_{\text{ел}})}{273(P_6 - P_{H_2O})} = \frac{47 \cdot 101325 \cdot (273 + 20)}{273(101325 - 2186)} = 51, \text{ м}^3$$

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

Тоді витрата води на винесення з газами при використанні цинкових анодів буде:

$$C_{H_2O}''' = C'_{H_2O} \cdot V_r^t = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 51 = 9,2 \cdot 10^{-4} \text{ кг}.$$

При використанні сталевих анодів витрата води на випарування з газами дещо більша через виділення кисню. Тому проводимо додаткові розрахунки.

Величину C'_{H_2O} визначають як:

$$C'_{H_2O} = 0,000805 \frac{P_{H_2O}}{P_6 - P_{H_2O}} = 0,000805 \frac{2186}{101325 - 2186} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^3,$$

де P_6 – загальний тиск парогазової суміші, Па; P_{H_2O} – парціальний тиск парів води за температури електролізу, Па.

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

$$V_{H_2}^O = 0,418 \cdot I \cdot T_d \cdot B'_C \cdot 10^{-5} = 0,418 \cdot 653 \cdot 5748 \cdot 3 \cdot 0,03 \cdot 10^{-5} = 1,5, \text{ м}^3;$$

$$V_{O_2}^O = 0,209 \cdot I \cdot T_d \cdot B'_C \cdot 10^{-5} = 0,209 \cdot 653 \cdot 5748 \cdot 100 \cdot 0,03 \cdot 10^{-5} = 23,5, \text{ м}^3$$

і сумарний об'єм приведених до нормальних умов газів:

$$V_r^O = V_{H_2}^O + V_{O_2}^O = 25 \text{ м}^3.$$

Об'єм вологого газу за температури електролізу:

$$V_r^t = \frac{V_r^O \cdot 1013 \cdot (273 + t_{\text{ел}})}{273(P_6 - P_{H_2O})} = \frac{25 \cdot 101325 \cdot (273 + 20)}{273(101325 - 2186)} = 27, \text{ м}^3$$

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

Тоді витрата води на винесення з газами при використанні цинкових анодів буде:

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$C_{H_2O}''' = C_{H_2O}' \cdot V_{\Gamma}^t = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 27 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ кг.}$$

Витрати води на випаровування з поверхні електроліту

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

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

$$= \frac{45,6 \cdot 0,86 \cdot 1,79 \cdot (2186 - 1093) \cdot 5748 \cdot 1}{101325} = 4352 \text{ кг,}$$

де 45,6 – коефіцієнт пропорційності, кг/м²·год; K_B – коефіцієнт, величина якого залежить від швидкості руху повітря над дзеркалом електроліту (для швидкого руху повітря $K_B = 0,86$); S_e – поверхня дзеркала електроліту, м²; n_B – кількість ванн даного типу; P_{Π} – парціальний тиск водяної пари за температури та вологості навколишнього середовища, Па; P_{H_2O} – парціальний тиск парів води за температури електролізу, Па.

Величину P_{Π} визначають за формулою:

$$P_{\Pi} = P_s \cdot \varphi / 100 = 2186 \cdot 50 / 100 = 1093 \text{ Па,}$$

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

Витрати води на промивні операції

Витрати води на промивання деталей у значній мірі залежить від кількості ступенів промивання. Для даного проекту були обрані двоступеневі ванни промивання.

$$V_{\text{год}} = A_e \cdot \sqrt{K} \cdot P_{\Gamma}$$

де A_e – норми виносу розчину із ванни поверхнею деталей, дм³/м²; P_{Γ} – годинна виробнича програма ванни, м²/год; K – критерій остаточної промивання деталей. Його визначають за співвідношенням:

$$K = C_0 / C_K,$$

де C_0 – концентрація основного компонента у ванні, після якої проводиться промивання, г/дм³; C_K – гранично допустима концентрація основного компонента у воді після промивання, г/дм³[10].

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Проводимо розрахунок критерію промивання для кожного розчину для визначення найбільшого.

Знежирення. Оскільки в розчині міститься декілька лугоутворюючих сполук (карбонат, силікат та фосфат натрію), потрібно розрахувати загальну лужність в перерахунок на еквівалентний вміст лугу.

$$C_{0(Na_3PO_4)} = \frac{C_{(Na_3PO_4)}}{M_{Na_3PO_4}} \cdot 3 \cdot M_{NaOH} = \frac{40}{164} \cdot 3 \cdot 40 = 28 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3},$$

де $C_{(Na_3PO_4)}$ – концентрація фосфату в розчині, г/дм³; $M_{Na_3PO_4}$ – молярна маса фосфату, г/моль; M_{NaOH} – молярна маса лугу, г/моль; 3 – перерахунок на еквівалентну масу.

$$C_{0(Na_2CO_3)} = \frac{C_{(Na_2CO_3)}}{M_{Na_2CO_3}} \cdot 2 \cdot M_{NaOH} = \frac{25}{106} \cdot 2 \cdot 40 = 18,8 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3},$$

де $C_{(Na_2CO_3)}$ – концентрація карбонату в розчині, г/дм³; $M_{Na_2CO_3}$ – молярна маса карбонату, г/моль; M_{NaOH} – молярна маса лугу, г/моль; 2 – перерахунок на еквівалентну масу.

$$C_{0(Na_2SiO_3)} = \frac{C_{(Na_2SiO_3)}}{M_{Na_2SiO_3}} \cdot 2 \cdot M_{NaOH} = \frac{4}{122} \cdot 2 \cdot 40 = 2,8 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3},$$

де $C_{(Na_2SiO_3)}$ – концентрація силікату натрію в розчині, г/дм³; $M_{Na_2SiO_3}$ – молярна маса силікату, г/моль; M_{NaOH} – молярна маса лугу, г/моль; 2 – перерахунок на еквівалентну масу.

Концентрація лугу в розчині $C_{0(NaOH)} = 25 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3}$, тоді загальна лужність складає:

$$\begin{aligned} C_0^{\text{ЗНЖ}} &= C_{0(Na_3PO_4)} + C_{0(Na_2CO_3)} + C_{0(Na_2SiO_3)} + C_{0(NaOH)} = \\ &= 28 + 18,8 + 2,8 + 25 = 84,6 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3}. \end{aligned}$$

Тоді критерій остаточного промивання для розчину знежирення:

$$K^{\text{ЗНЖ}} = \frac{C_0^{\text{ЗНЖ}}}{C_K^{\text{ЗНЖ}}} = \frac{84,6}{0,1} = 846,$$

де $C_K^{\text{ЗНЖ}}$ – гранично допустима концентрація лугу у воді після промивання перед розчином з кислотою.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Розраховуємо витрати води на промивання деталей після операції знежирення:

$$V_{\text{год}}^{\text{ЗНЖ}} = A_e^{\text{ЗНЖ}} \cdot \sqrt{K^{\text{ЗНЖ}}} \cdot P_r = 2 \cdot 0,3 \cdot \sqrt{846} \cdot 3,2 = 55,8 \text{ дм}^3/\text{год}$$

Травлення. В розчині міститься хлоридна кислота, тому потрібно перерахувати на еквівалентний вміст сульфатної кислоти.

$$C_{0(HCl)}^{\text{тр}} = \frac{C_{HCl}}{M_{HCl}} \cdot M_{H_2SO_4} = \frac{160}{36,5} \cdot 98 = 431,2 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3},$$

де C_{HCl} – концентрація хлоридної кислоти в розчині, г/дм³; M_{HCl} – молярна маса хлоридної кислоти, г/моль; $M_{H_2SO_4}$ – молярна маса сульфатної кислоти, г/моль.

Тоді критерій остаточного промивання для розчину травлення:

$$K^{\text{тр}} = \frac{C_{0(HCl)}^{\text{тр}}}{C_K^{\text{тр}}} = \frac{431,2}{0,05} = 8624,$$

де $C_K^{\text{тр}}$ – гранично допустима концентрація кислоти у воді після промивання перед розчином з лугом.

Розраховуємо витрати води на промивання деталей після операції травлення:

$$V_{\text{год}}^{\text{тр}} = A_e^{\text{тр}} \cdot \sqrt{K^{\text{тр}}} \cdot P_r = 0,7 \cdot \sqrt{8624} \cdot 3,2 = 208 \text{ дм}^3/\text{год}$$

Цинкування. Оскільки в розчині міститься цинк і луг, потрібно порахувати критерій промивання для кожного з них і визначити найбільший. Критерій промивання для оксиду цинку розраховуємо по металу.

$$C_{0(ZnO)} = \frac{C_{ZnO}}{M_{ZnO}} \cdot A_{Zn} = \frac{10}{81} \cdot 65 = 7,4 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3},$$

де C_{ZnO} – концентрація оксиду цинку в розчині, г/дм³; M_{ZnO} – молярна маса оксиду цинку, г/моль; A_{Zn} – атомна маса цинку, г/моль.

Тоді критерій промивання для цинку:

$$K(Zn)^{\text{ел}} = \frac{C_{0(ZnO)}}{C_K^{Zn}} = \frac{7,4}{0,01} = 740,$$

де C_K^{Zn} – гранично допустима концентрація цинку після промивання.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Концентрація лугу в розчині $C_{0(NaOH)} = 100 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3}$, тоді критерій промивання для електроліту:

$$K(NaOH)^{\text{ел}} = \frac{C_{0(NaOH)}}{C_{\text{к}}^{NaOH}} = \frac{100}{0,1} = 1000,$$

де $C_{\text{к}}^{NaOH}$ - гранично допустима концентрація лугу у воді після промивання перед розчином з кислотою.

Критерій промивання найбільший для лугу, тому обираємо його для подальших розрахунків.

Розраховуємо витрати води на промивання деталей після операції цинкування:

$$V_{\text{год}}^{\text{ел}} = A_{\text{е}}^{\text{ел}} \cdot \sqrt{K(NaOH)^{\text{ел}}} \cdot P_{\text{г}} = 0,4 \cdot 0,15 \cdot \sqrt{1000} \cdot 3,2 = 6,1 \text{ дм}^3/\text{год}$$

Хроматування. Оскільки в розчині міститься хром і кислота, потрібно порахувати критерій промивання для кожного з них і визначити найбільший. Критерій промивання для хромового ангідриду розраховуємо по металу.

$$C_{0(CrO_3)} = \frac{C_{CrO_3}}{M_{CrO_3}} \cdot A_{Cr} = \frac{45}{100} \cdot 52 = 23,4 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3},$$

де C_{CrO_3} – концентрація хромового ангідриду в розчині, $\text{г}/\text{дм}^3$; M_{CrO_3} – молярна маса хромового ангідриду, $\text{г}/\text{моль}$; A_{Cr} – атомна маса хрому, $\text{г}/\text{моль}$.

Тоді критерій промивання для хрому:

$$K(Cr)^{\text{хр}} = \frac{C_{0(CrO_3)}}{C_{\text{к}}^{Cr}} = \frac{23,4}{0,01} = 2340,$$

де $C_{\text{к}}^{Cr}$ – гранично допустима концентрація хрому після промивання.

В розчинні міститься нітратної кислота, тому потрібно перерахувати на еквівалентний вміст сульфатної кислоти.

$$C_{0(HNO_3)}^{\text{хр}} = \frac{C_{HNO_3}}{M_{HNO_3}} \cdot M_{H_2SO_4} = \frac{2}{63} \cdot 98 = 3,1 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3},$$

де C_{HNO_3} – концентрація нітратної кислоти в розчині, $\text{г}/\text{дм}^3$; M_{HCl} – молярна маса нітратної кислоти, $\text{г}/\text{моль}$; $M_{H_2SO_4}$ – молярна маса сульфатної кислоти, $\text{г}/\text{моль}$.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Концентрація кислоти в розчині $C_{0(H_2SO_4)} = 1,6 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3}$, тоді загальна кислотність складає:

$$C_0^{\text{xp}} = C_{0(HNO_3)}^{\text{xp}} + C_{0(H_2SO_4)} = 3,1 + 1,6 = 4,7 \frac{\text{г}}{\text{дм}^3}.$$

Тоді критерій промивання для кислоти:

$$K(\text{к-ти})^{\text{xp}} = \frac{C_0^{\text{xp}}}{C_K} = \frac{4,7}{0,01} = 470,$$

де C_K - гранично допустима концентрація кислоти після промивання перед сушінням.

Критерій промивання найбільший для хрому, тому обираємо його для подальших розрахунків.

Розраховуємо витрати води на промивання деталей після операції хроматування:

$$V_{\text{год}}^{\text{xp}} = A_e^{\text{xp}} \cdot \sqrt{K(Cr)^{\text{xp}}} \cdot P_r = 2 \cdot 0,4 \cdot 0,15 \cdot \sqrt{2340} \cdot 3,2 = 18,6 \text{ дм}^3/\text{год}$$

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

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{год}} \cdot T_{\text{д}} \cdot 1,5 = (55,8+208+6,1+18,6) \cdot 5748 \cdot 1,5 = 2\,487\,447 \text{ дм}^3 = 2487 \text{ м}^3,$$

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

1.3 Гальванічна ванна

Одним з різновидів основного обладнання гальванічних виробництв є ванни. Конструктивно гальванічні ванни являють собою прямокутні ємкості з робочими розчинами, в яких виконують підготовчі, основні та завершальні операції з нанесення гальванічних, хімічних і анодних покриттів.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Ванна для гальванопокриття не вимагає підігріву або охолодження, оскільки працює за кімнатних температур. Але через складний профіль деталей, що покривається застосовується перемішування електроліту стиснутим повітрям, що, також, дозволяє збільшити межу густини струму. Внутрішні розміри ванни відповідають наступним значенням (мм): 2240×800×1600. Для полегшення повного зливання електроліту ванну розташовують на похилій площадці.

Анодні і катодні штанги виготовленні із латунних труб, до яких підводять струм від випрямляча. По центру встановлена одна катодна штанга для завішування рамної підвіски з деталями, а з двох боків від її центру розташовані штанги для підвішування допоміжних електродів – анодів. Густина струму по перерізу латунної штанги 1,5 – 2,0 А/мм².

У ванну розміщений пневматичний спосіб перемішування електроліту – барботер. Труби з отворами діаметром 1,1 – 1,5 мм зі збільшенням діаметра по довжині труби у бік її закінчення (рис. 1.4). Сумарна площа отворів повинна бути в 1,5 – 1,8 рази менша площі перерізу труби.

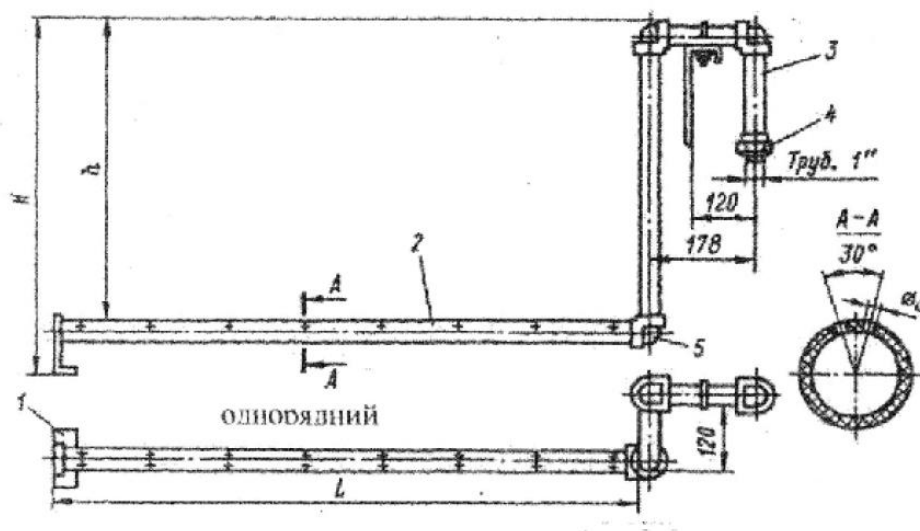


Рисунок 1.4 – Барботер для перемішування однорядний [9]: 1 – підставка; 2 – труба перфорована; 3 – труба підводу; 4 – футорка; 5 – кутки.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ

Арк

60

Оскільки електроліт в своєму складі містить 11% луг, використовуються бортові відсмоктувачі для забезпечення захисту працівників від його розбризкування.

Для ванн розміром більше 1,6 м ставляться по два відсмоктувачі з двох боків. Бортові відсмоктувачі, зроблені з того самого матеріалу, що і ванна – з поліпропілену (рис.1.5)

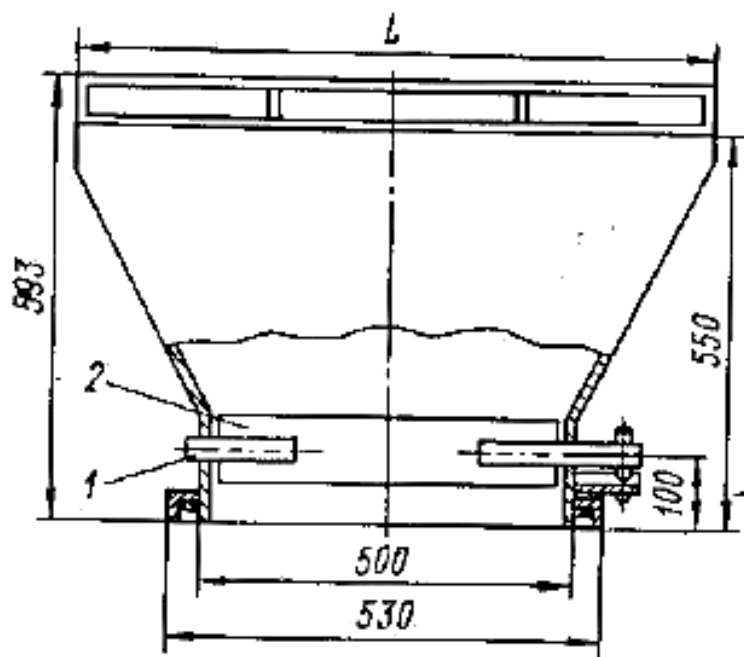


Рисунок 1.5 – Односторонній вентиляційний бортовий відсмоктувач

Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ

Арк

61

РОЗДІЛ 2 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАЛЬВАНІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЦИНУВАННЯ

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

1) зменшити витрати ручної праці, що є важливим фактором в умовах роботи у токсичному та 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 і пристроями для контролю та регулювання величин параметрів, що були названі вище.

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

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

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

ZnO (ГОСТ 10262-73) – 10...17,

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

NaOH загальний (ГОСТ 2263 – 79)	–	90...120,
Блискоутворювач НБЦ-О	–	4...6,
Блискоутворювач НБЦ- К	–	4...6

Режим:

Температура 15...35⁰С

Сила струму 653 А

Напруга 3,6 В

Час електролізу 31 хв.

В автоматизованих системах вимірювання температури здійснюється на основі фізичних властивостей тіл, що функціонально пов'язані з температурою останніх. Процес цинкування в даній роботі ведуть при температурах 15...35 °С. Температуру можна вимірювати різноманітними 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 за допомогою розчину з ванни уловлювання.

В ході електролізу рН електроліту може зменшуватися. Значна зміна рН призведе до погіршення якості цинкового покриття. Тому в даному проєкті в схему включено автоматичне вимірювання та контроль рН. Збільшення рН відбувається за рахунок додавання в розчин NaOH.

При нанесенні цинкових покриттів із цинкатних електролітів необхідно застосовувати перемішування стисненим повітрям, тому в проєкті застосовується барботер із контролем витрати стиснутого повітря.

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

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

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...35 °С	вимірювання, реєстрація
2	Стадія цинкування, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	рівень	0,3 м	вимірювання, регулювання, реєстрація
3	Стадія цинкування, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	рН	10...11	вимірювання, регулювання, реєстрація
4	Барботування, трубопровід	Витрата	12 м ³ /год	вимірювання, регулювання, реєстрація
5	Ванна для нанесення цинкування покриття	Сила струму та напруга	653А; 3,6 В	вимірювання, регулювання, реєстрація

2.2 Опис розробленої схеми автоматизації процесу нанесення цинкового покриття

Для контролю температури в функціональній схемі автоматизації використано термоперетворювач опору (1-1), а також автоматичний показувальний та реєструвальний вторинний прилад (1-2).

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

керуванням (2-2) і пневматичний регулятор (2-3), як виконавчий механізм застосовано мембранний пневмопровід (2-4)

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

Для подачі та керування стиснутим повітрям використовується камерна діафрагма (4-1), дифманометр без шкальний з квадратичною функцією перетворення (4-2), вторинний пневматичний прилад (4-3) зі станцією керування. Регулюючий витрати пневматичний пропорційно-інтегральний (4-4) та мембранний пневмопривід (4-5)

Для контролю сили струму в електролітичній ванні передбачений контур 5, який складається з випрямного агрегату (5-1) та дистанційного пульта керування (5-2)

2.3 Висновки щодо виконання поставлених задач автоматизації

Поставлені в роботі задачі, щодо автоматизації вимірювання, регулювання та реєстрації параметрів, а саме: температури (15...35°C), рівня, рН (10...11) вдалося вирішити шляхом складання схеми автоматизації, яка є основним технічним документом, що визначає функціональну структуру окремих вузлів автоматичного контролю, керування і регулювання технологічного процесу та оснащення об'єкта керування (в даному випадку електролітичної ванни для процесу нанесення цинкового покриття) приладами і засобами автоматизації.

Специфікація устаткувань і обладнань наведена в додатку Б.

					<i>ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 3 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗБЕКА

Основним токсичним забруднювачем стічних вод в гальванічному виробництві є важкі метали, в тому числі сполуки хрому (VI). Крім того, стоки містять кислоти та луги.

Кислі стічні води. Утворюються при промиванні після операцій декапірування і травлення, містять в основному хлоридну, сульфатну та нітратну кислоти, солі заліза та інших металів, що підлягають травленню.

Кислі концентрати, це на 50 % - 80 % відпрацьовані розчини з вмістом вільної кислоти 20 % -50 % по відношенню до вихідного.

Лужні стічні води. Включають промивні води після знежирення, промивання лужних гальванопокриттів цинкування, містять 50 мг/дм³ – 150 мг/дм³ мастил і нафтопродуктів (після операції знежирення).

Концентровані стоки утворюються при зміні концентрованих розчинів для знежирювання і мають наступній приблизний склад: NaOH – 20-30 г/дм³ , Na₂CO₃ – 10-30 г/дм³ , Na₃PO₄ – 20-30 г/дм³ , Na₂SiO₃ – 1-2 г/дм³ , мастила і нафтопродукти – до 1 г/дм³.

Хромвмісні стічні води (pH 4...5). Промивні води після хроматування містять 10 – 100 мг/ дм³Cr(VI) і 1 – 15 мг/ інших металів.

Рекомендується використання реагентного методу очищення стічних вод. Цей метод дозволяє знижувати концентрацію домішок до рівня їх ГДК (табл.3.1). Даний метод очистки стічних вод оснований на реакціях окислення, відновлення, нейтралізації, коагуляції, осадження. В результаті обробки стоків токсичні речовини руйнуються з утворенням малотоксичних з'єднань, які виводяться разом з осадом.

Реагентний метод має наступні переваги: обробка води зі складним складом домішок, простота експлуатації обладнання.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 3.1 – Величина рН осадження гідроксидів металів і залишкова концентрація іонів металів

Формула сполуки	рН початку осадження	рН повного осадження	рН початку розчинення	Залишкова концентрація іонів металу при рН 8,5-9,0 мг/л
Fe(OH) ₂	7,5	9,7	13,5	0,3-1,0
Fe (OH) ₃	2,3	4,1	14,0	0,3-0,5
Zn(OH) ₂	6,4	8,0	10,5	0,1-0,05
Cr(OH) ₃	4,9	6,8	12,0	0,1-0,05
Ni(OH) ₂	7,7	9,5-10,0	—	0,25-0,75
Al(OH) ₃	4,0	5,2	7,8	0,1-0,5
Cd(OH) ₂	8,2	9,7-10,5	—	2,5
Cu(OH) ₂	5,5	8,0-10,0	—	0,1-0,15
Mn(OH) ₂	8,8	10,4	14,0	1,8-2,0

Очистка стічних вод від домішок важких металів здійснюється шляхом переведення іонів важких металів у малорозчинні сполуки – гідроксиди чи основні карбонати. Нейтралізацію стічних вод здійснюють за допомогою різних лужних реагентів: гідроксидів Ca, Mg, Na, оксидів Ca, карбонатів натрію, кальцію, магнію.

Очистка відновленням. Відновлювальна очистка використовується у тих випадках, коли стічні води містять легко відновлювальні токсичні сполуки (Cr⁶⁺, барвники, ПАР).

Реагент не очищення від Cr⁶⁺ відбувається у дві стадії:

1. Cr⁶⁺ → Cr³⁺;
2. Cr³⁺ → Cr(OH)₃ ↓;

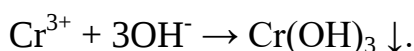
Як реагенти – відновники найбільше поширення отримали натрієві солі сірчистої кислоти: Na_2SO_3 – сульфїт натрію; NaHSO_3 - бісульфїт натрію; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ – піросульфїт натрію; а також дитіонїт натрію $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$.

Відновлення Cr^{6+} до Cr^{3+} відбувається за реакціями:

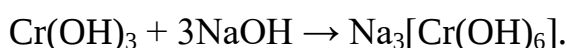
1. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3\text{SO}_3^{2-} + 8\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$ (сульфїтом Na);
2. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3\text{HSO}_3^- + 5\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$ (бісульфїтом Na);
3. $3\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 12\text{H}^+ \rightarrow 6\text{Cr}^{3+} + 6\text{SO}_4^{2-} + 6\text{H}_2\text{O}$ (піросульфїтом Na);
4. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 4\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 2\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ (дитіонїтом Na).

Солі сірчистої кислоти додаються до стічних вод у вигляді 10% водних розчинів.

Після відновлення Cr^{6+} до Cr^{3+} у кислому середовищі стічні води піддають нейтралізації лужними реагентами. З цією метою використовують 10%-15% розчин NaOH або вапняного молока. При цьому відбувається утворення $\text{Cr}(\text{OH})_3$ за реакцією:



Оптимальне значення складає рН 8,5...9. Гідрооксид хрому має амфотерні властивості і при $\text{pH} \geq 12$ розчиняється в надлишку лугу, утворюючи розчинні хроміти:



Очистку стічних вод проводять в установках безперервної дії нейтралізацією кислих вод, що містять Cr^{3+} , після їх попереднього змішування із кислотними та лужними стоками.

Для нейтралізації використовують вапняне молоко, більш рідко – соду або їдкий натр.

Очистка кисло-лужних стоків. Вихідні стоки із виробничого процесу направляються в резервуар усереднювач кисло-лужних стоків, сюди ж поступють і стічні води після процесу відновлення хрому, в усереднювачі відбувається взаємна нейтралізація кислот і лугів, змішування стічних вод з

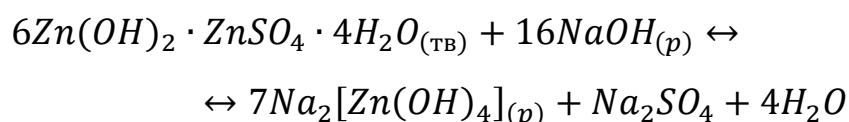
					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

різних виробничих процесів і, відповідно, усереднення стоку по складу, дозволяє подавати на очисні споруди стоки стабільного складу без пікових концентрацій забруднюючих компонентів.

Усереднювачі можуть конструктивно виконуватися різноманітної форми і з використанням різноманітних матеріалів, основні вимоги до яких, їх хімічна стійкість до доволі агресивної стічної води гальванічного виробництва.

Вилучення цинку. Одним із нових методів вирішення проблеми вилучення цинку із шламів є його вилуговування за допомогою лужного реагенту. Так як цинк проявляє яскраво виражені амфотерні властивості, то під дією лугу буде переходити із шламу у розчин цинкату. В якості лугу доцільно використовувати 45 % розчин NaOH[14]. Отриманий цинкатний розчин повертають у ванни цинкування або використовують для приготування електролітів. За необхідності, можна розчини гідроксиди у кислоті і виділити чистий метал електролізом. Осаджений електролізом з відходів цинк придатний для виготовлення анодів.

Весь процес можна відобразити наступним рівнянням:



					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

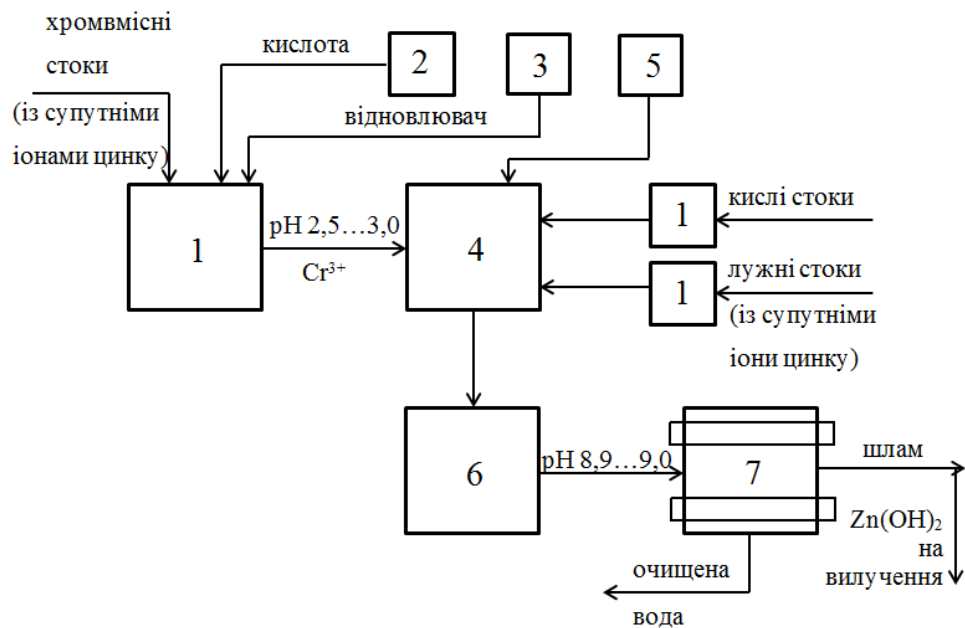


Рисунок 3.1 – Схема очистки стічних вод: 1 – реактор накопичувач; 2 – дозатор кислоти; 3 – дозатор відновлювача; 4 – реактор нейтралізатор (усереднював); 5 – дозатор лугу; 6 – відстійник; 7 – механічний фільтр.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ

Арк

70

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1. Підрозділ як складова хімічного підприємства

Назва підприємства – «ZINCO». Організаційно-правова форма – фізична особа підприємець.

Класифікаційні ознаки:

1. За формою власності – приватне;
2. За формою реєстрації – фізична особа;
3. Галузевий, функціональний вид діяльності - промисловий;
4. За розміром – мале;
5. За чисельністю персоналу – мале;

Вид економічної діяльності підприємства – переробна промисловість, виробництво готових металевих виробів, крім машин і устаткування, оброблення металів та нанесення покриття на метали, КВЕД: 25.61.

Мета діяльності підприємства: задоволення підприємств, що виготовляють кріплення для супутникового обладнання по покритті цинком наданих ними кронштейнів.

Основні завдання, які вирішує підприємство:

1. забезпечення споживачів якісною продукцією у відведених часових межах;
2. забезпечення персоналу підприємства заробітною платою, нормальними умовами праці;
3. запобігання простоїв у роботі підприємства (зриву поставки, випуску бракованої продукції, різкого скорочення);
4. отримання прибутку за рахунок реалізації споживачам виготовленої продукції.

Схема організаційної структури підрозділу хімічного виробництва з гальванічному нанесенні цинку: лінійна структура.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

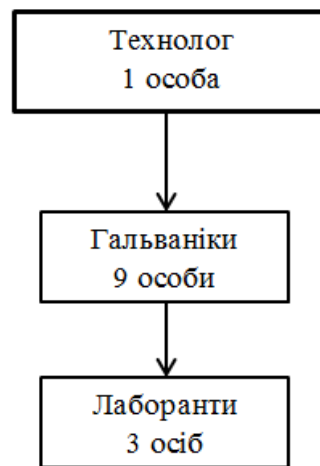


Рисунок 4.1 – Організаційна структура підрозділу хімічного виробництва по гальванічному нанесенні цинку.

4.2 Технологічна підготовка виробництва

Класифікація виробничих процесів підприємства.

Нанесення цинкового покриття на сталеві деталі здійснюється за технологічною схемою, що складається з операцій наведених в таблиці 6.1.

Таблиця 4.1 – Класифікація виробничих процесів

Вид виробничого процесу	Найменування операції	Тривалість, хв
1	2	3
Основні	1. завантаження деталей;	2,7
	2. знежирення хімічне;	10
	3. промивання тепле;	2
	4. промивання холодне;	2
	5. травлення хімічне;	10
	6. промивання холодне;	2
	7. цинкування деталей;	31
	8. уловлювання в непроточній воді;	3

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
Основні	9. промивання холодне;	2
	10.освітлення;	0,1
	11.хроматування;	0,5
	12.уловлювання в непроточній воді;	3
	13.промивання холодне;	2
	14.промивання тепле;	2
	15.сушіння;	10
	16.вивантаження деталей.	2,7
Допоміжні	1. контроль якості;	5
	2. упакування та відправлення продукції на склад.	5
Загальна тривалість		95

Виробничий цикл – час між запуском у виробництво сировини і отриманням готового продукту, розраховуємо за формулою:

$$T_{\text{вц}} = T_{\text{тц}} + T_{\text{доп}} + T_{\text{перерв}} = 85 + 10 = 95 \text{ хв}$$

$T_{\text{тц}}$ – час технічних циклів; $T_{\text{доп}}$ – час додаткових операцій; $T_{\text{перерв}}$ – час перерв (в даній роботі приймаємо за 0)

За рік виробнича програма складає 18180 м². Тоді добова виробнича програма складає:

$$P_{\text{доб}} = \frac{B}{T_{\text{доб}}} = \frac{18180}{251} = 72,4 \text{ м}^2/\text{день}$$

де $T_{\text{доб}} = 251$ доби – кількість робочих діб у календарному році (2020).
Виробничий режим підрозділу три зміни по 8 годин на день.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Тоді виробнича програма зміни становить:

$$P_{\text{зміни}} = \frac{P_{\text{доб}}}{3} = \frac{72,4}{3} = 24,1 \text{ м}^2/\text{зміну}$$

Тобто за 8 год зміни бригаді необхідно покрити 24,1 м² кронштейнів.

З технологічних розрахунків наведених вище відомо, що площа одного завантаження складає 1,98 м², тобто за одну зміну потрібно зробити 13 завантажень.

Розраховуємо випуск продукції при послідовному, паралельному і синхронізованому ВРПП.

1. При послідовному ВРПП:

$$V_{\text{зміну}} = \frac{T_{\text{зміни}}}{T_{\text{вц}}} = \frac{8 \cdot 60}{95} = 5 \text{ завантаження,}$$

$$V_{\text{посл}}^{\text{Річ}} = 5 \cdot 251 \cdot 3 \cdot 1,98 = 7454,7 \text{ м}^2;$$

$$N_{\text{облад}} = 1 \text{ од}$$

$$Ч = 1 \text{ особа}$$

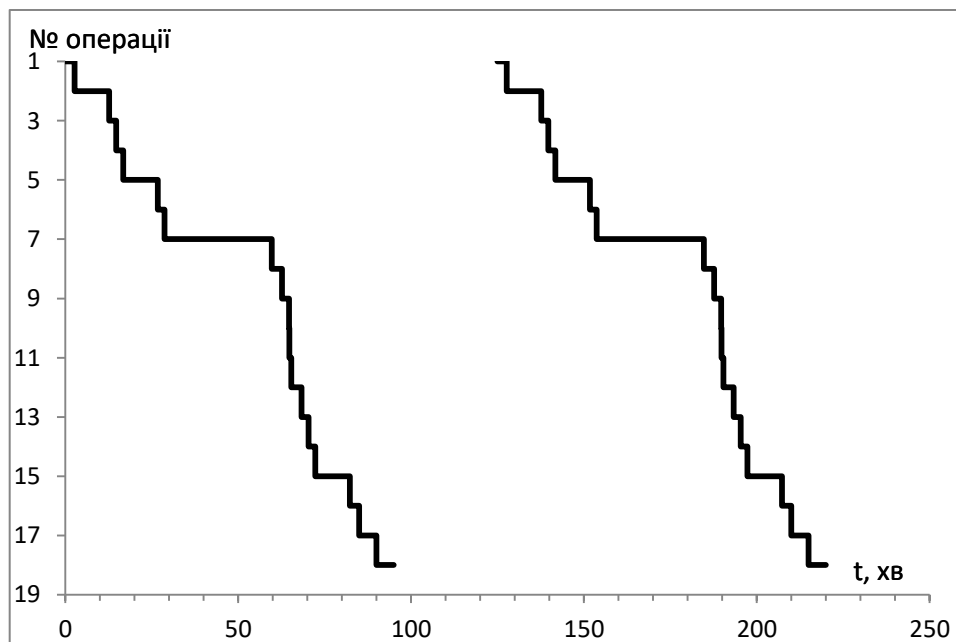


Рисунок 4.2 - Графік послідовного ВРПП

2. При паралельному ВРПП:

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$B_{зміну} = \frac{T_{зміни} - T_{ВЦ}}{t_{max}} + 1 = \frac{24 \cdot 5 \cdot 60 - 95}{31} + 1 = 230 \text{ завантажень}$$

$$B_{пар}^{Річ} = 230 \cdot 50 \cdot 1,98 = 22\,770 \text{ м}^2;$$

$$N_{облад} = 18 \text{ од}$$

$$Ч = 18 \text{ осіб}$$

Оскільки додаткові операції являються невід'ємною частиною процесу, тоді загальна кількість операцій 18 і на кожну операцію необхідна одна людина.

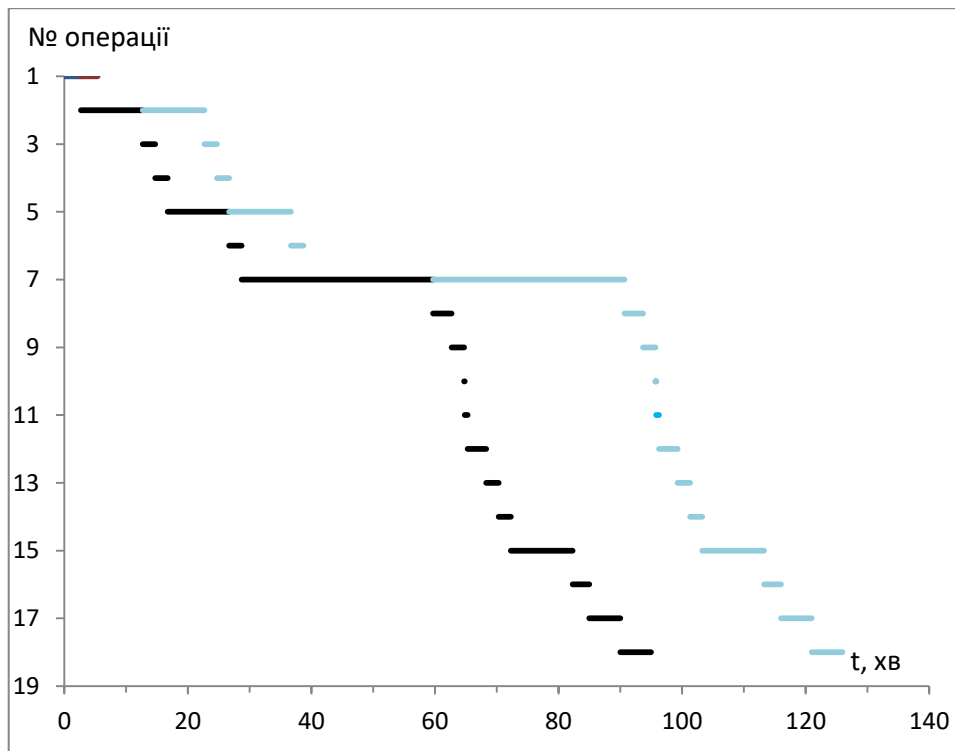


Рисунок 4.3 – Графік паралельного ВРПП

3. При синхронізованому ВРПП:

Оскільки цех працює п'ять днів на тиждень цілодобово, тоді за тиждень потрібно зробити $\frac{362}{1,98} = 183$ завантажень, де 362 м^2 , які потрібно покрити за тиждень. Розраховуємо ритм R виробничого процесу.

$$R = \frac{T_{роб.тижня}}{B_1 \text{ завантаження}} = \frac{24 \cdot 5 \cdot 60}{18} = 39 \text{ хв}$$

Тобто, щоб покрити 362 м^2 сталі за тиждень, ритм має бути 39 хв.

$$B_{тиждень} = \frac{T_{тиждень} - T_{ВЦ}}{R} = \frac{24 \cdot 5 \cdot 60 - 95}{39} + 1 = 183 \text{ завантажень.}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ

Арк

75

Тобто 183 за тиждень, тижнів в році 50,2, розраховуємо продуктивність:

$$V_{\text{пар}}^{\text{Річ}} = 183 \cdot 50,2 \cdot 1,98 = 18\,189,5 \text{ м}^2;$$

Таким чином, продуктивність відповідає завданню. Обираємо синхронізований з ритмом 39 хв. Простій обладнання є доцільним, оскільки пролежування напівфабрикатів є неприпустимим - метал буде вкриватися оксидною плівкою.

$$N_{\text{облад}} = 1 \text{ од}$$

$$Ч = 3 \text{ особа}$$

Розраховуємо кількість кронштейнів, що виробляється за рік.

$$V_{\text{рік}} = \frac{V_{\text{синх}}^{\text{річ}}}{S_{\text{д}}} = \frac{18\,189,5}{0,124} = 146\,689 \text{ од},$$

де $S_{\text{д}}$ - площа поверхні однієї деталі, що покривається, м^2 .

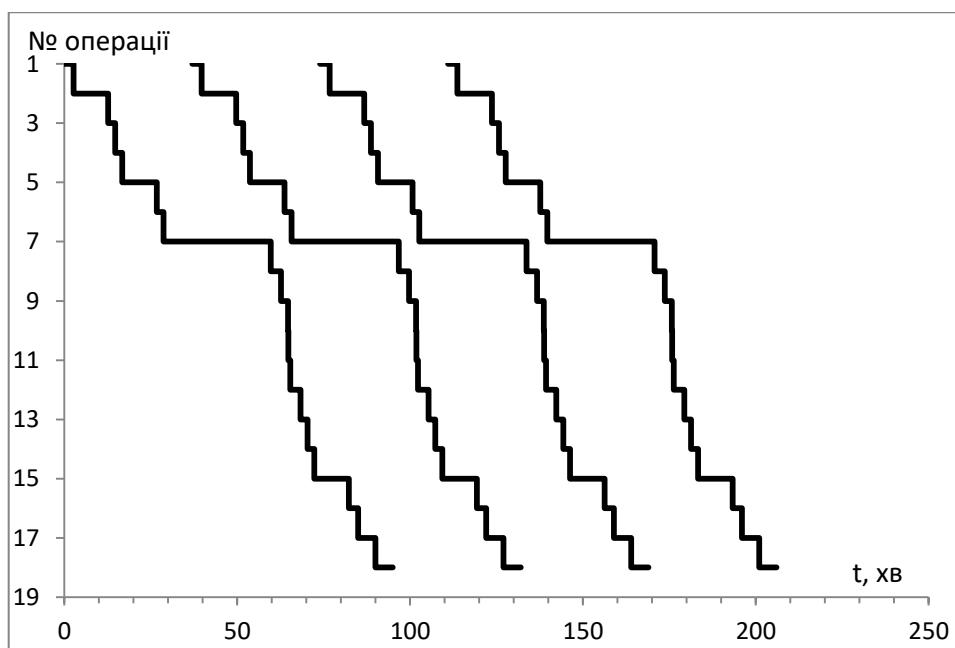


Рисунок 4.4 – Графік синхронізованого ВРПП

Тоді оптимальний вид руху предметів праці це синхронізований з ритмом 39 хв з річним випуском продукції 18 189,5 м^2 , що відповідає поставленій цілі. Розрахуємо середньорічну тривалість виробничого циклу:

$$T_{\text{зміни}}^{\text{с.р.}} = \frac{24 \cdot D_{\text{рік}}}{T_{\text{р}}^{\text{зз}} \cdot D_{\text{р}}} \cdot T_{\text{вц}}^{\text{ф}} = \frac{24 \cdot 366}{8 \cdot 251} \cdot \frac{95}{60} = 7 \text{ год}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ

Арк

76

1. головний технолог.

Види контролю:

1. за технічним рівнем – ручний;
2. за параметрами, що визначаються – якісний;
3. за стадійністю процесу – вихідний, поточний, заключний;
4. за охопленням об'єктів контролю – груповий;
5. за обсягом – вибіркового.

4.3. Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

Таблиця 4.3 - Склад основних фондів підприємства

№	Найменування обладнання	Кількість одиниць	Вартість, грн
1	Ванна хімічного знежирення	1	10 000
2	Ванна травлення	1	10 000
3	Ванна промивання в теплій воді	2	20 000
4	Ванна промивання в холодній воді	4	40 000
5	Ванна уловлювання	2	20 000
6	Ванна цинкування	1	20 000
7	Ванна хроматування	1	10 000
8	Будівлі і споруди	-	100 000
9	Сушильна шафа	1	15 000
10	Система автоматизації	2	20 000
11	Нематеріальні активи	-	10 000
Всього:		15	275 000

Розраховуємо мінімальну тарифну ставку, грн./год.

$$TC_{\min} = \frac{4750}{\frac{30}{7} \cdot 40} = 27,7$$

Приймаємо тарифну ставку однієї години роботи працівника першого розряду – 30 грн.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		78

Встановлюємо тарифну ставку для працівників нічної зміни. Відповідно до статті 108 Кодексу законів про працю України робота у нічний час (з 22 години до 6 години ранку) оплачується у підвищеному розмірі, встановленому генеральною галузевою (регіональною) угодами та колективним договором, але не нижче 20% тарифної ставки (окладу) за кожну годину роботи у нічний час. Отже, розмір доплати за роботу у нічний час повинен бути не нижчим 20% тарифної ставки за кожну годину роботи у цей час. Встановлюємо 25% доплати за годину у нічну зміну.

Таблиця 4.4 - Фонд заробітної плати цеху гальванічних покриттів

Посада	Кількість	Тарифний	Тарифний коефіцієнт	Тарифна ставка, грн/год	Заробітна плата (однієї людини) грн		Загальна заробітна плата, грн
					За день	За рік	
Головний технолог	1	14	2,42	72,6	580,8	145780,8	145780,8
Гальванік	6	7	1,54	46,2	369,6	92769,6	556617,6
Гальванік в ніч	3	7	1,54	57,75	462	115962	347886
Лаборант	2	8	1,64	49,2	393,6	98793,6	197587,2
Лаборант в ніч	1	8	1,64	61,5	492	123492	123492
Всього	7				2 298,00	576798	1371364

Нарахування на заробітну плату (єдиний соціальний внесок) розраховуємо за формулою:

$$\text{ЄСВ} = 0,22 \cdot \text{ЗП} = 0,22 \cdot 1371364 = 301700 \text{ грн}$$

Амортизація основних фондів:

1. Амортизація будівель та споруд:

$$A_{\text{буд}} = H_A^{\text{буд}} / T_{\text{ек}} = 100000 / 20 = 5000 \text{ грн/рік};$$

2. Амортизація машин та обладнання:

$$A_{\text{обл}} = H_A^{\text{обл}} / T_{\text{ек}} = 165000 / 5 = 33000 \text{ грн/рік};$$

3. Амортизація нематеріальних активів:

$$A_{\text{нм..а}} = H_A^{\text{нм..а}} / T_{\text{ек}} = 10000 / 12 = 833 \text{ грн/рік};$$

4. Всього:

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$A = 5000 + 33000 + 833 = 38833 \text{ грн./рік};$$

Розраховуємо необхідну кількість електроенергії:

Як було наведено в технологічних розрахунках, кількість електрики, що витрачається за одну годину $N = 97 \text{ кВт/год.}$ Маємо третій клас напруги ($N > 27,5 \text{ кВт}$). Вартість електроенергії – $1 \text{ кВт} = 2,13 \text{ грн.}$

Розраховуємо оборотні фонди підприємства:

Витрати води складаються з: витрат води на приготування електролітів і розчинів (G'_{H_2O}), витрат води на розкладання при електролізі (G''_{H_2O}), витрат води на винесення з газами (G'''_{H_2O}), витрат води на випаровування з поверхні електроліту та розчину ($G^{IV}_{H_2O}$), витрат води на промивні операції ($V_{\text{сум}}$):

$$\begin{aligned} \sum G_{H_2O} &= G'_{H_2O} + G''_{H_2O} + G'''_{H_2O} + G^{IV}_{H_2O} + V_{\text{сум}} = \\ &= 51 + 37,8 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-8} + 4352 + 2487 = 6890 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

Таблиця 4.5 - Річні оборотні фонди підприємства

Найменування	Ціна	Витрата на р	Вартість, грн
Гідроксид натрію	95 грн/кг	221,5 кг	21042,5
Фосфат натрію	80 грн/кг	354,4 кг	28352
Карбонат натрію	10 грн/кг	221,5 кг	2215
Синтанол ДС-10	72 грн/кг	35,4 кг	2548,8
Силікат натрію	12 грн/кг	35,4 кг	424,8
Хлоридна кислота	50 грн/л	2752 кг	137600
Інгібітор БА-6	66 грн/кг	774 кг	51084
Оксид цинку	128 грн/кг	54,4 кг	6963,2
Гідроксид натрію	95 грн/кг	574 кг	54530
Блискоутворювач НБЦ-О	155 грн/л	28,7 л	4448,5
Блискоутворювач НБЦ-К	155 грн/л	28,7 л	4448,5
Азотна кислота 3%	11 грн/л	393 л	4323
Liconda 21	65 грн/кг	402,5 кг	26162,5
Сульфатна кислота	18 грн/кг	14,3 кг	257,4
Азотна кислота 0,2%	1 грн/л	17,8 л	17,8
Цинкові аноди	135 грн/кг	4041,5 кг	545602,5
Сталеві аноди	50 грн/кг	662,6 кг	33130
Вода	21,8 грн/м3	6890 м3	67935,4
Електроенергія	2,13 грн/кВт	557 824 кВт	1031974,4
Всього			2023060,3

Контроль якості входить в ціну собівартості, та перевіряється лаборантом в спосіб вказаних в теоретичній частині. Руйнівний контроль проводять на 2 кронштейнів за добу, тобто на 502 деталях в рік. Тобто 146 187 деталі ідуть замовнику.

Таблиця 4.6 - Калькуляція продукції

№	Елементи затрат	Витрати		% від собівартості
		На річну програму, грн/рік	На одиницю продукції, грн./од	
1	Амортизація	38833,0	0,3	1,04
2	Оборотні фонди	2023060,3	13,8	54,17
3	Заробітна плата	1371363,6	9,3	36,72
4	Нарахування на ЗП	301700,0	2,1	8,08
5	Повна собівартість	3734956,9	25,5	100,00

Тобто 25,5 грн собівартість одного покритого кронштейну.

Техніко-економічні показники:

1. Ціна:

$$Ц = V_{\text{рік}} \cdot C_{\text{од}} = 146\,187 \cdot 40 = 5\,847\,480 \text{ грн/рік}$$

2. Прибуток:

$$П = Ц - С = 5\,847\,480 - 3\,734\,957 = 2\,112\,523 \text{ грн/рік}$$

3. Рентабельність:

$$P = \frac{П}{С} \cdot 100 = \frac{2\,112\,523}{3\,734\,957} \cdot 100 = 57\%$$

4. Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{П}{К} = \frac{2\,112\,523}{4\,009\,957} = 0,53 \text{ грн/грн}$$

5. Капіталовкладення:

$$K = OЗ + OБЗ = 275000 + 3\,734\,957 = 4\,009\,957 \text{ грн}$$

6. Період повернення капіталовкладень:

$$T_{\text{пов.}} = \frac{1}{E} = \frac{1}{0,53} = 1,9 \text{ роки}$$

7. Собівартість:

$$C = A + OБЗ = 22833,3 + 3\,734\,957 = 3\,757\,790 \text{ грн}$$

8. Чисельність персоналу явочна: 4 осіб.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		81

9. Чисельність персоналу за списком: 12 осіб.

Висновок: в ході роботи була розрахована собівартість нанесення цинкового покриття, вартість обладнання та заробітна плата. Рентабельність склала 57%. Прибуток 2,1 млн гривень. Повний період повернення капіталовкладень склав 2 роки, тобто підприємство є рентабельним.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

При реалізації даного проекту, в процесі нанесення 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 виконаний з урахуванням вимог охорони праці. В даному розділі на основі аналізу шкідливих факторів робочого місця розроблено заходи, спрямовані на створення здорових і безпечних умов праці та забезпечення пожежної безпеки на проєктованому об'єкті.

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

5.1.1 Повітря робочої зони

Оскільки в гальванічному цеху будуть виконуватися роботи, пов'язані з переміщенням вантажів понад 10 кг, які потребують великих фізичних зусиль згідно ДСН 3.3.6.042 – 99, роботу віднесено до категорії важких робіт III.

Таблиця 4.1 - Санітарні норми параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °C					Відносна вологість %		Швидкість руху, м/с	
		оптимальна	допустима				оптимальна	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж	Оптимальна, не більш ніж	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
			Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних				
Холодний	Важка III	16-18	19	20	13	12	40-60	75	0,3	До 0,5
Теплий		18-20	26	28	15	13	40-60	75 (при 24°C і нижче)	0,4	0,5-0,6

Таблиця 5.2 - Коротка санітарна характеристика цеху, що проектується

Назва виробничої ділянки, лабораторії, установки	1	Ванна хімічного знежи- рення та цинкування	Ванна хроматування	Назва травлення і ванна активації
Шкідливі речовини, що виділяються. Причини їх виділення	2	NaOH Часткове випаровування з поверхні розчину	CrO ₃ Часткове випаровування	НСІ Пролив, випаровування
Група шкідливої речовини. Характе- ристика шкідливого впливу	3	Подразнюючі, при попа- данні на шкіру, слизові оболонки, очі, утворюються сильні хімічні опіки	Подразнює верхні дихальні шляхи.	Подразнює верхні дихальні шляхи, викликає хімічні опіки
Група шкідливої речовини у повітрі шкідливої зони, м/мг	4	2	5	2
Клас небезпечності шкідливої речовини	5	2	2	3
Засоби індивідуального захисту	6	Захисні окуляри, гумові ру- кавички, прорезинений хімічностійкий одяг	Респіратор, халат для захисту одягу, гумові рукавиці, захисні окуляри	Респіратор класу А, захисні окуляри, халат
Засоби долікарської допомоги	7	Промити великою кількістю води, потім слаб- ким розчином оцтової кислоти (5%-им)	При потрапленні на шкіру – промити великою кількістю води	Промити великою кількістю води, 2% розчином соди
Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	8	ХГА «АГАТ»	ХЖ-130 хроматограф рідинний	Нефелометричний з хлоратом калію УГ-2
Клас виробництва згідно СН-245-71	9	І V	І V	І V
Санітарна група технологічного процесу згідно СНиП 2.09.04-87	10	3а	3б	3б

Нормативні умови в проєктованому цеху забезпечуються за рахунок механізації і автоматизації важких та трудомістких робіт, раціонального

розміщення та теплоізоляції устаткування, агрегатів, комунікації та інших джерел, що випромінюють на робочих місцях тепло.

Передбачаються наступні засоби індивідуального захисту: респіратори типу "Пелюсток", спецодяг типу "П" і спецвзуття. Також рекомендується два рази на місяць за допомогою пиломіра проводити контроль вмісту в повітрі робочої зони шкідливих речовин і їх параметрів.

Для видалення шкідливих речовин з повітря, та подання чистого повітря, в гальванічному цеху передбачено комплекс заходів і засобів:

1. механічна загальнообмінна припливна вентиляція, що служить для подачі до приміщення чистого вентилязованого повітря. Припливне повітря за потребою піддається спеціальній обробці (очищенню, нагріванню тощо);

2. витяжна вентиляція, що видаляє з цеху забруднене або нагріте відпрацьоване повітря.

Їхня продуктивність збалансована з урахуванням можливості циркуляції повітря між суміжними приміщеннями. Повітряний баланс для цеху гальванічного цинкування від'ємний на 5...10%.

Також на виробництві передбачена аварійна вентиляція, що приводиться в дію тільки у разі аварії і реалізується витяжною вентиляцією для створення розрідження в приміщенні. Вона приводиться в дію як від датчиків газосигналізаторів налаштованих на величину ГДК контрольованих речовин, так і вручну. Кратність повітрообміну для аварійної вентиляції 8 ч^{-1} включаючи роботу.

Ванни з шкідливими виділеннями (ванни для знежирення, травлення та для нанесення покриття) обладнано бортовими відсмоктувачами.

Для попередження переохолодження і застудних захворювань робітників, при вході в цех передбачені теплові повітряні завіси.

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

1. для зниження концентрації шкідливих речовин в атмосфері цеху, приготування і коректування ванн передбачено здійснювати при увімкненій

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

місцевій вентиляції;

2. в процесі приготування травильних розчинів кислоту вводимо тонким струменем в холодну воду при ретельному перемішуванні;

3. для зменшення виносу електролітів з ванни після певної операції автооператор зупиняється над ванною на необхідну кількість часу;

4. для попередження потрапляння розчинів на підлогу проміжки між ваннами закриваються фторопластовими козирками.

5. для зменшення концентрації шкідливих речовин в стічних водах після ванни нанесення покриття та хроматування передбачено непроточну ванну уловлення.

Розрахунок системи місцевої механічної вентиляції

В якості місцевої витяжної вентиляції, для уловлювання шкідливих виділень з поверхні розчинів, в цеху прийняті двосторонні бортові відсмоктувачі.

Відповідно до технологічної схеми установка бортових відсмоктувачів необхідна на ваннах, з поверхні яких можливе виділення шкідливих і небезпечних речовин. Виділення таких речовин можливе при хімічному знежиренні ($t = 70 \pm 10^\circ\text{C}$), цинкуванні ($t = 15 \dots 35^\circ\text{C}$) та хроматуванні ($t = 15 \dots 35^\circ\text{C}$). Таким чином, є 3 ділянки з яких необхідне видалення повітря через місцеві бортові відсмоктувачі.

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

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

де a - довжина ванни (2,24 м); b - ширина ванни (0,80 м); t_p - температура розчину; t_n - температура навколишнього середовища; K_3 - коефіцієнт запасу (1,5); $K_t = (1 + \frac{b}{8 \cdot a})^2$ - коефіцієнт запасу для двохстороннього бортового відсмоктувача; b - безрозмірна характеристика (1/15 для двохстороннього бортового відсмоктувача); n - кількість прямих кутів між границями потоку повітря ($n = 3$ для вільного розташування ванн).

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 5.3 - Коефіцієнти і результати розрахунків витрат повітря

Процес	$t_p, ^\circ C$	$t_{п}, ^\circ C$	K_t	Кількість ванн, шт	$L_{отс}, м^3/год$
Знежирення (NaOH)	70	18	1,09	1	7855,5
Травлення(HCl)	25	18	1,09	1	2882,2
Цинкування	25	18	1,09	1	2882,2
Хроматування	25	18	1,09	1	2882,2
Сумарно					16502,1

Розрахуємо втрати тиску у трубопроводах:

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

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

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

Довжина витяжного трубопроводу складає 25м.

Втрати на місцевих опорах

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

Місцеві опори:

1. витяжна шахта з зонтом $\xi = 1,9$ при $h/d = 0,25$;
2. коліна з закругленими кромками $\xi = 0,3$ при $r/d_e = 0,3; \alpha = 90^\circ$;
3. дросельний клапан $\xi = 118$ при $\alpha = 90^\circ$;
4. відбір з колектору $\xi = 0,5$;
5. фільтр $\xi = 148$.

$$Z = 36,74, \text{кг} / \text{м}^2$$

$$P = \sum (0,005 \cdot 25 + 36,74) = 37,99, \text{кг} / \text{м}^2$$

Виходячи з витрати повітря та втрат тиску вибрано вентилятор Ц4-70 №4 А4095 2а. Потужність на валу 0,5 кВт, частота обертів 1400 об/хв.

Двигун А02-11-6 комплектується разом з вентилятором.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		87

5.1.2 Виробниче освітлення

Передбачено використання систем штучного робочого, аварійного, евакуаційного, ремонтного і охоронного освітлення. Система природного освітлення – комбінована (сполучення верхнього та бічного освітлення).

Таблиця 5.4. Норми освітленості і КПО цеху, згідно ДБН В.2.5-28:2018

Розряд і під- розряд зорової роботи	Освітленість, лк		КПО, %	
	Штучне		Природне	Суміщене
	Комбіноване	Загальне	Верхнє і бічне	Верхнє і бічне
IVв	400	200	4 і 1,5	2,4 і 0,9
VIIIa	–	200	3 і 1	1,8 і 0,6

Для освітлення виробничого приміщення використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ–40(G13) та ЛБ–60(G13). Також передбачено аварійне і евакуаційне освітлення, для якого використовують світильники прямого типу "Альфа". Для виміру і контролю освітленості в приміщеннях використовують люксметри Ю–117 з періодичністю 1 раз/рік та після ремонту освітлювальних установок і заміни ламп. При аварійному освітленні мінімальна освітленість складає 5 % від нормованої, але не менше 2 лк. Для евакуації людей передбачено освітлення на підлозі основних проходів та на сходах не менше 0,5 лк, на відкритих майданчиках – не менше 0,2 лк.

5.1.3 Виробничий шум і вібрація

Джерелом вібрації та шуму в цеху є наступні механізми: автооператори, вентилятори, електродвигуни, компресори та ін. Рівень шуму на виробництві залежить від одночасної роботи всіх видів устаткування і сягає 76...92 дБА за даними лабораторних вимірів, що перевищує допустимий рівень (допустиме значення, згідно ДСН 3.3.6.037–99, становить 80 дБА).

Зниження шуму досягається наступними способами: ізоляцією джерел шуму засобами звукоізоляції і звукопоглинання (перегородки і кожухи, перешкоджаючи розповсюдженню шуму); використанням глушників, які встановлюються на повітроводах; акустичною обробкою приміщень

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

звукопоглинаючими матеріалами; зменшенням шуму в джерелі їх утворення – мінімальні допуски, ретельне балансування, демпфірування вібрації деталей, що співударяються; використання індивідуальних засобів захисту (беруші, тампони з ультратонкого волокна, навушники, шлеми, каски); архітектурно-планувальним рішенням: відстань від стіни до обладнання з робочої сторони лінії 1,5 м, з неробочої 1,2...1,5 м; площа виробничого приміщення на одного працюючого не менше 4,5 м²; мінімальна висота приміщення 5 м, при цьому площа приміщення зайнята лінією цинкування, не перевищує 25 % загальної площі гальванічного цеху.

В цеху, що проектується, передбачено вимірювання рівня шуму і контролю рівня вібрації за допомогою приладу ИШВ-003.

5.1.4. Електробезпека

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

Ураження людей електричним струмом може виникнути в результаті дотику до струмоведучих елементів устаткування, які опинилися під напругою в результаті порушення ізоляції, а також ураження кроковою напругою і через електродугу. Електричне устаткування цеху живиться від трифазної чотирьохпровідної електричної мережі змінного струму промислової частини напруги 380/220В із глухозаземленою нейтраллю. Згідно ГОСТ 12.1.038–92, допустимі рівні напруг дотику (U_{∂}) і струму, що проходить через тіло людини ($I_{\text{л}}$) рівні: при нормальному режимі роботи електричного встаткування $U_{\partial} = 2$ В, а $I_{\text{л}} = 0,3$ мА; при аварійному $U_{\partial} = 36$ В, а $I_{\text{л}} = 6$ мА.

Найчастіше відбувається однофазний дотик людини до мережі змінного струму. Сила струму, що проходить через людину, розраховується як:

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

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де U_{ϕ} — 220 – фазна напруга, В; $R_{\text{л}} = 3000$ – загальний опір тіла людини, Ом;
 $R_0 = 4$ – опір робочого заземлення нейтралі, Ом.

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

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

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

Порівнявши розрахункові значення з нормативними, можна зробити висновок, що при порушенні вимог ПБЕ в цеху можуть бути електричні травми з важкими наслідками. Для забезпечення електробезпеки передбачені наступні технічні способи і засоби: занулення електрообладнання, захисне відключення установок, вирівнювання потенціалів, мала напруга живлення ручних електроінструментів, ізоляція струмоведучих частин, електричний поділ мереж, огорожувальні пристрої, блокування, сигналізація, знаки безпеки, попереджувальні плакати. Безпека експлуатації при нормальному режимі електроустановок дотримується наступним чином: ізоляцією струмоведучих частин (опір ізоляції не менше 0,5 МОм), недоступністю струмоведучих частин, малими напругами.

Передбачено наступні захисні заходи: діелектричні гумові рукавички, інструмент з ізолюючими рукоятками і струмошукачі, гумові ізолюючі підставки. Обов'язкове регулярне проведення інструктажу з правил техніки безпеки зі струмом. Також оголені дроти, апарати, що мають неізольовані струмоведучі частини, необхідно розміщувати в спеціальних ящиках, що закриваються суцільними або сітчастими огороженнями.

5.1.5. Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

Згідно дипломного проекту оптимізація охорони праці досягається методами і засобами інженерної охорони праці.

При обслуговуванні ванн знежирення і гарячого промивання особливо небезпечною може бути висока температура розчину. При експлуатації можливі наступні відхилення від нормального протікання процесів: потрапляння гарячого

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

розчину на дерев'яний міст; одержання термічних опіків працівником; одержання забитих місць від можливого обвалу барабану при його демонтажу. Можливе одержання травм від машини, причиною яких, може бути необережне поводження з автооператорною лінією де є відкриті обертові частини. Аварійний стан може виникнути у випадку відмови автоматики. Існує небезпека отримання хімічних опіків внаслідок розливу кислот чи лугів.

На підставі результатів аналізу потенційно небезпечних технологічних процесів і устаткування, проектом передбачаються заходи, що забезпечують безпечні і здорові умови праці. Це досягається забезпеченням працівників необхідним обмундируванням на стадіях вивантаження, завантаження та транспортування вихідних матеріалів, проміжних продуктів і готової продукції. Для цього видаються: респіратор, халат для захисту одягу, гумові рукавиці, захисні окуляри.

Проектом передбачено методи і засоби для захисту працюючих від травмування в небезпечних зонах. До них відносяться: огорожувальні пристрої, що перешкоджають проходженню людини в небезпечну зону; прилади, що сигналізують і подають інформацію про роботу технологічного устаткування, про зміни протягом процесу, попереджають про небезпеки і повідомляють, про місце їхнього знаходження і при необхідності автоматично відключають аварійні ділянки; швидкість руху транспортних засобів у цеху не більше 5 км/ч; всі вантажопідйомні механізми мають піддаватися періодичним оглядам і технічному огляду; в цеху розміщені попереджувальні плакати для інформування працюючих про можливі небезпеки і першу медичну допомогу.

5.2 Пожежна безпека

В цеху можливе виникнення джерел загоряння внаслідок перевантаження електроустаткування, утворення окислів у газах, що відходять від ванни, утворення займистої суміші водню з повітрям. Причинами загоряння також можуть бути: коротке замикання між частинами обладнання (шини, електроди),

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

розряди статичної електрики, механічні пошкодження обладнання і електропроводу. Є загроза прямого удару блискавки в об'єкт та заносу високих потенціалів через надземні і підземні металічні комунікації в цех.

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

Для гасіння джерел пожежі на робочих місцях обладнуються протипожежні щити з набором засобів пожежогасіння, вогнегасники СУБ–7, пінні вогнегасники і ящики з піском. Також виробничі приміщення та склади обладнано внутрішніми пожежними кранами – елемент внутрішнього пожежного водопроводу. Між виробничими будинками передбачені пожежні розриви 10 м. Для попередження вибухів газопроводів їх періодично перевіряють на герметичність.

Будівля захищена від прямого удару блискавки (відповідно до СН 305 – 77) за допомогою блискавководу, що складається з блискавкоприймача (що приймає на себе розряд блискавки), заземлювача і струмопровідника. Тип вертикальний стрижньовий: $H = 100\text{м}$, висота його зони захисту під землею $H_0 = 0,92 \cdot 100 = 92\text{ м}$. Радіус зони захисту на рівні землі $\eta_0 = 1,5 \cdot 100 = 150\text{ м}$. У цеху, окрім стаціонарної системи пожежогасіння, на ділянках є вуглекислотні та порошкові вогнегасники ОУБ–8–2 і ОПС–6.

Показники пожежо– та вибухонебезпечності речовин і матеріалів для процесу цинкування занесені до таблиці 4.5.

Встановлюється охоронно–пожежна сигналізація автономного типу. Кабелі високої напруги проведені в броньованих оболонках. Перед початком електролізу трубопроводи (подачі і відведення електроліту) необхідно продувати повітрям та

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

перевіряти результати продувки. Для захисту електроустаткування від загоряння застосовують такі методи: регулярне технічне обслуговування, фарбування електроустаткування негорючими матеріалами.

Таблиця 5.5 - Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин і матеріалів

Ізоляція	Поміст	Гальванічна ванна		Горючість, займистість	Показники пожежо- та вибухонебезпечності			Межа запалення		Вибухонебезпечні суміші з повітрям		Вогнегасні засоби	Категорія приміщення за ЗНТП 24-86	Клас приміщення і зовнішніх установок згідно з ПУЕ	Категорія об'єкта і тип зони захисту і влаштування блискавкозахисту згідно з БН 305-77
		Дерево, гума	Вінілпласт		Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання	% об'ємних	г/м ³	Категорія	Група				
Текстоліт	Дерево, гума	Тв.	Вінілпласт	Важкозаймисті	—	580	580	—	—	—	—	Вода, піна	В	02	2Б
Тв.	Тв.	Газ	Газ	Легкогорюча	132	324	57,5	47,5	45–82,5	2с	Т1	Інертний газ	В	02	2Б
Важкогорюча	Горюча	Тв.	Важкогорюча	Горюча	170	400	400	—	—	—	—	Вода	В	02	2Б
Вогнегасники рідинні, вуглекислий. СУБ-7, пісок, піна	Важкогорюча	Тв.	Важкогорюча	Важкогорюча	—	358	358	—	—	—	—	Вогнегасники рідинні, вуглекислий. СУБ-7, пісок, піна	В	02	2Б

ВИСНОВОК

В даній роботі був розроблений технологічний процес гальванічного нанесення цинкового покриття з цинкатного електроліту на сталевий кронштейн.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		93

Цей електроліт має високу розсіювальну здатність та не потребує додаткового нагрівання, також він нетоксичний в порівнянні з ціанідним. Через складну конфігурацію деталі додатково застосовується перемішування стиснутим повітрям.

Проект розроблений для покриття цинку при річній продуктивності 18180 м², в ньому наведені підготовчі та завершальні операції обробки виробу.

Також були складені баланси струму, напруги та енергії гальванічної ванни цинкування. Розраховано витрати води та реактивів.

Для досягнення автоматичного контролю температури, рівня електроліту, сили струму, напруги та рН гальванічну ванну було обладнано датчиками та приладами для їх контролю та регулювання.

Було розроблено схему очищення промивних вод та відпрацьованих розчинів з метою повернення в цикл чистої води та вилучення з розчинів цинку.

Для забезпечення безпеки праці, у даному проєкті був проведений аналіз умов праці на гальванічному виробництві та передбачені певні заходи.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гальванические покрытия в машиностроении. Справочник. В 2-х томах/Под ред. М.А. Шлугера. – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с.
2. Справочник по гальванопокрытиям в машиностроении/ П.С. Мельников – М.: Машиностроение, 1991. – 384 с.
3. Электролитические покрытия металлами/ Н.Т. Кудрявцев. – М.: Химия, 1979. – 352 с.
4. 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.
5. Контроль электролитов и покрытий/ П.М. Вячеславов. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1985. – 96 с.
6. Электроосаждение металлических покрытий/ М.А. Беленький, А.Ф. Иванов. – М.: Металлургия, 1985. – 288с.
7. Краткий справочник гальванотехника/ А.М. Ямпольский, В.А. Ильин. – М.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1962. – 239 с.
8. Гальванические покрытия. Справочник по применению/ Ю.Д. Гамбург. – М.: Техносфера, 2006. – 216с.
9. Основи проектування хімічних виробництв. Будова обладнання та конструкції підвісних пристроїв для нанесення гальванічних покриттів: навч. посіб. / Л.А. Яцюк, О.І. Букет, Г.С. Васильєв – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 85с.
10. Технологічні та енергетичні розрахунки з гальванотехніки при дипломному проектуванні. Навчальний посібник. для студентів спеціальності 7.091603 - Технічна електрохімія /Уклад. Л.А.Яцюк, В.П.Чвірук, В.Ф.Панасенко, І.Ф.Хірх-Ялан, Т.І.Мотронюк, М.І.Донченко, О.І. Букет, О.В.Лінючева.– К.:НТУУ"КПІ", 2008. - 100с.
11. Справочник по электрохимии / под ред. А. М. Сухотина. – Л. : Химия, 1981. – 488 с.

					<i>ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

12. Кубасов В. Л. Электрохимическая технология неорганических веществ :
[учеб. для техникумов] / В. Л. Кубасов, В. В. Банников. – М. : Химия,
1983. – 288 с.
13. Оборудование цехов электрохимических покрытий: Справочник/ В.М.
Александров, Б.В. Антонов, Б.И. Гендлер и др.: Под ред. П.М.
Вячеславова. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 309 с.
14. Дослідження питомої витрати лужного реагенту для вилучення цинку із
шламів/ О.В. Мартинець, О.Г.Курилець. – Л.: 2003. – 4с.

					ДП ХЕ6117.1450.000 ПЗ	Арк
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Карта технологічного процесу покриття цинком сталеві деталі

№	Операція	Склад розчину і концентрація		Режим			
		Найменування та хімічна формула компонентів	г/дм ³	Час обробки, хв.	Температура, °С	Густина струму, А/дм ²	рН
1	2	3	4	5	6	7	8
010	Монтаж деталі на підвіску						
020	Знежирення	Гідроксид натрію NaOH Фосфат натрію Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O Карбонат натрію Na ₂ CO ₃ Синтанол ДС-10 Силікат натрію Na ₂ SiO ₃	5-50 15-70 15-35 3-5 3-5	10	60 – 80	-	—
030	Промивання в теплій деіонізованій воді			2-3	40 – 50		

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
040	Промивання в холодній проточній воді			2-3	15-35		
050	Травлення	Кислота хлоридна HCl Інгібітор БА-6	120-200 40-50	10	15-35	-	-
060	Промивання в холодній проточній воді			2-3	15-35		
070	Цинкування з цинкатного електроліту	Оксид цинку ZnO Гідроксид натрію NaOH Блискоутворювачі НБЦ – О НБЦ – К	10-17 90-120 4-6 4-6	31	15-35	3	
080	Уловлювання в непроточній воді			2-3	15-35		
090	Промивання в проточній холодній воді			2-3	15-35		
100	Освітлення	Нітратна кислота 3% HNO ₃	-	2-5с	15-35	-	-

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
110	Безбарвне хроматування	Композиція Likonda® 21 Сульфатна кислота H_2SO_4 Нітратна кислота HNO_3	40-50 1,5-1,8 2	20-40с	15-30	-	-
120	Уловлювання в непроточній воді			2-3	15-35		
130	Промивання в холодній проточній воді			2-3	15-35		
140	Промивання в теплій проточній воді			2-3	40 – 50		
150	Висушування теплим повітрям			10	40 – 50		
160	Демонтаж деталей з підвіски						

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 - Специфікація устаткування, матеріалів і виробів

Позиція на схемі	Назва параметру	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметру	Місце монтажу	Назва та характеристика	Тип моделі	Кількість	Завод-виробник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-1	Температура	Електроліт, електролітична ванна	15...35 °С	Місцевий	Термоперетворювач опору платиновий НСХ 100П, діапазон вимірювання (–50)...+60 °С, допустимий тиск $P_y = 0,4$ МПа	ТСП-1288	1	НВО «Електротермія», м. Луцьк
1-2	Температура	Електроліт, електролітична ванна	18...25 °С	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; вхідні сигнали: ТП НСХ В, К, L, S та ТО НСХ 50П, 100П, 50М, 100М	ДИСК-250	1	ЗАТ «Промышленная группа «Метран», м. Челябинськ
2-1	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,3 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	УБ-П	1	ВО «Теплоприбор», м. Рязань
2-2	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,3 м	Щит керування	Прилад вторинний пневматичний, показувальний, реєструвальний зі станцією керування, $P_{вх} = 0,02–0,1$ МПа	ФК 0071	2	АТ «Тизприбор», м. Москва

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2-3	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,3 м	Щит керування	Регулятор пневматичний, пропорційно-інтегральний, Рвих = 0,02–0,1 МПа	ФР 0091	2	АТ «Тизприбор», м. Москва
2-4	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,3 м	Місцевий	Пневмопривід мембранний, Рвих = 0,02–0,1 МПа	В26-41	1	АТ «Тизприбор», м. Москва
3-1	pH	Електроліт, електролітична ванна	10...11	Місцевий	Чутливий елемент pH-метра заглибного виконання; діапазон температур: 0–100 °С, з тиском у діапазоні 0,025–0,6 МПа	ДПг-4М	1	Гомельський завод вимірювальних приладів, м. Гомель
3-2	pH	Електроліт, електролітична ванна	10...11	Місцевий	Перетворювач високоомний, Івих = 0–5 мА	П-201	2	Гомельський завод вимірювальних приладів, м. Гомель
3-3	pH	Електроліт, електролітична ванна	10...11	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний прилад, Івх = 0–5 мА	А543	1	ЗАТ «Промышленная группа «Метран», м. Челябінськ
3-4	pH	Електроліт, електролітична ванна	10...11	Щит керування	Регулятор електронний, пропорційно-інтегральний, Івх = 0–5 мА	МІК-21	1	Підприємство «МІКРОЛ», м. Івано-Франківськ
3-5	pH	Електроліт, електролітична ванна	10...11	Місцевий	Перетворювач електропневматичний, Івх = 0–5 мА Рвих = 0,02–0,1 МПа	ПЕП-95	2	АТ «Саранский приборостроительный завод», м. Саранськ
3-6	pH	Електроліт, електролітична ванна	10...11	Місцевий	Пневмопривід мембранний, прямохідний з боковим дублером	МИМП ППХ 01	1	ВАТ «Прикарпатпром-арматура», м. Івано-Франківськ

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4-1	Витрата	Трубопровід	12 м ³ /год	Трубопровід	Діафрагма камерна, $P_y = 0,6$ МПа; $D_{тр} = 75$ мм	ДКС0,6-75	1	ВАТ «Прикарпатпром-арматура», м. Івано-Франківськ
4-2	Витрата	Трубопровід	12 м ³ /год	Місцевий	Дифманометр без шкальний з квадратичною функцією перетворення; $\Delta P_{max} = 40$ кПа; клас точності 1; $P_{вих} = 20 \dots 40$ кПа;	13ДД11 (мод. 720)	1	ВО «Теплоприбор», м. Рязань
4-3	Витрата	Трубопровід	12 м ³ /год	Щит керування	Прилад вторинний пневматичний показувальний, реєструвальний (система СТАРТ) зі станцією керування; $P_{вих} = 20 \dots 100$ кПа, граничнодопустима основна похибка 0,5 %; $P_{жив} = 140$ кПа	ФК0071	1	АТ «Тизприбор», м. Москва
4-4	Витрата	Трубопровід	12 м ³ /год	Щит керування	Регулятор пневматичний пропорційно-інтегральний (система СТАРТ) витрата повітря живлення 4,5 д/хв, граничнодопустима основна похибка 0,5%; $P_{жив} =$ 140кПа $P_{вих} = 20 \dots 100$ кПа	ФР0091	1	АТ «Тизприбор», м. Москва
4-5	Витрата	Трубопровід	12 м ³ /год	Трубопровід	Пневмопривід мембранний, прямохідний з боковим дублером	МИМП ППХ 01	1	ВАТ «Прикарпатпром-арматура», м. Івано-Франківськ

Продовження таблиці Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5-1	Густина струму та напруга	Електролітична ванна	$I = 653 \text{ A}$, $U = 2,7 \text{ В}$	Місцевий	Агрегат випрямний для гальванічних ванн, $I_{\text{max}} = 800 \text{ A}$, $U_{\text{max}} = 12 \text{ В}$	ТЕІ-400/12Т	1	ЗАТ МДК «ЕЛАРП» м. Москва
5-2	Сила струму та напруга	Електролітична ванна	$I = 653 \text{ A}$, $U = 2,7 \text{ В}$	Місцевий	Пульт дистанційного керування для випрямного агрегату ВАК-6300-24У4	ПДУ ВАК	1	ЗАТ МДК «ЕЛАРП» м. Москва

ДОДАТОКВ

[illegible]