

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

Хіміко-технологічний факультет

Кафедра технології електрохімічних виробництв

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедри

_____ Олександр БУКЕТ

« _____ » _____ 06 _____ 2022 р

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

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

спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»

**на тему: «Гальванічні покриття в машинобудуванні.
Розробка технології нанесення цинкового покриття на
дрібні кріпильні деталі багатоцільового призначення»**

Виконав:

студент Загнет Олександр Сергійович
1V курсу, групи ХЕ-81 _____

Керівник:

Ст. викладач , к.т.н.

Кушмирук Андрій Іванович _____

Консультант з

Охорони праці: Полукаров Юрій Олександрович доц., к.т.н. _____

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

Автоматизація: Жураковський Ярослав Юрійович доц., к.т.н. _____

Рецензент: Толстопалова Наталія Михайлівна, доц. каф ТНР,В та ЗХТ, к.т.н. _____

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

Студент _____

Київ – 2022 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Хіміко-технологічний факультет

Кафедра технології електрохімічних виробництв

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 161 «Хімічні технології та інженерія»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Олександр БУКЕТ

«__» ____ 06 _____ 2022__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Загнету Олександрю Сергійовича

1. Тема проєкту «Гальванічні покриття в приладобудування. Розробка технології нанесення цинкового покриття на дрібні кріпильні деталі багатоцільового призначення», керівник проєкту Кушмирук Андрій Іванович, ст. викладач, к.т.н., затверджені наказом по університету № 820-С від 01.06.2022 р.

2. Термін подання студентом проєкту 14 червня 2022 року

3. Вихідні дані до проєкту. Матеріали з практики. Зарубіжні та вітчизняні монографії та періодичні видання. Завдання з продуктивності - 9000 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 нанесення покриття, екологічна безпека.

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Креслення гальванічної ванни; 2. Креслення барабанного електролізера; 3. Схема технологічного процесу; 4. Схема автоматизації; 5. Економічна частина; 6. Схема очищення стічних вод.

6. Консультанти розділів проєкту*

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

7. Дата видачі завдання 28 квітня 2022 року _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Характеристика деталей ,що підлягають обробці.	До 20.05.2022	виконано
2.	Вибір виду покриття	До 22.05.2022	виконано
3.	Вибір підготовчих операцій	До 24.05.2022	виконано
4.	Вибір складу електроліту цинкування	До 24.05.2022	виконано
5.	Складання карти технологічного процесу	До 25.05.2022	виконано
6.	Складання схеми очищення стічних вод	До 29.05.2022	виконано
7.	Складання схеми автоматизації основного процесу.	До 30.05.2022	виконано
8.	Виконання економічних розрахунків	До 05.06. 2022	виконано
9.	Виконання розділу «Охорона праці та техніка безпеки»	До 06.06.2022	виконано
10.	Оформлення пояснювальної записки	До 13.06.2022	виконано
11.	Оформлення графічної частини проєкту	До 10.06.2022	виконано

Студент

Олександр ЗАГНЕТ

Керівник

Андрій КУШМИРУК

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту**

**на тему: «Гальванічні покриття в
машинобудуванні. Розробка технології нанесення
цинкового покриття на дрібні кріпильні деталі
багатоцільового призначення »**

Київ – 2022 року

РЕФЕРАТ

«Гальванічні покриття в машинобудуванні. Розробка технології нанесення цинкового покриття на дрібні кріпильні деталі багатоцільового призначення»

Загнет О.С. – Київ: «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», ХТФ, ХЕ–81

Дипломний проєкт, 2022 рік, кількість сторінок – 90, таблиць – 22, рисунків – 3, джерел – 19.

У даному проєкті розроблено технологію нанесення цинкового покриття на дрібні кріпильні деталі багатоцільового призначення продуктивністю 9000 м²/рік. Покриття наноситься з хлор амонійного електроліту з подальшою пасивацією в розчині хромітування. Товщина покриття становить 15 мкм. Процес електроосадження цинкового покриття проводиться за катодної густини струму 250 А/дм² та температурі 20 °С протягом 28 хв в барабанному електролізері. Ванни для технологічного процесу виготовлені з поліпропілену.

У проєкті проведено конструктивні та технологічні розрахунки, обрано відповідне обладнання, розроблена схема автоматичного регулювання процесу цинкування. Виконано основні економіко-організаційні розрахунки. У проєкті наведена схема очищення стічних вод реагентним методом, проаналізовані шкідливі та небезпечні виробничі фактори й запропоновано заходи з техніки безпеки та охорони праці.

Ключові слова: гальванічна ванна, електролізер барабанного типу, цинк, хлорамонійний електроліт, стічні води, пасивація, автоматизація, контроль.

					ДП ХЕ8102.1450.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив.	Загнет						6	73
Перевірив	Кушмирук							
Н. Контр.								
Утв.	Букет							
						«КПІ ім. Ігоря Сікорського», ХТФ, ХЕ-81		

ABSTRACT

«Galvanic coatings in mechanical engineering. Development of technology for applying zinc coating on small multi-purpose fasteners »

Zahnet O. - Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, HTF, HE-81

Diploma project, 2022. Number of pages – 95, tables - 22, pictures - 2 and literature - 19.

In this project the technology of zinc coating on small multi-purpose fasteners with a capacity of 9000 m² / year was developed. The coating is applied from chlorine ammonium electrolyte with subsequent passivation in the chromium plating solution. The coating thickness is 15 mkm. The process of electrodeposition of zinc coating is carried out at a cathode current density of 250 A / dm² and a temperature of 20 ° C for 28 min in a drum cell. Baths for technological process are made of polypropylene.

The project carried out constructive and technological calculations, selected the appropriate equipment, developed a scheme of automatic regulation of the galvanizing process. The basic economic and organizational calculations are performed. The project presents a scheme of reagent wastewater treatment, analyzes harmful and dangerous production factors and proposes measures for safety and labor protection.

Key words: galvanic bath, drum-type electrolyzer, zinc, chlorammonium electrolyte, wastewater, passivation, automation, control.

			Πiθnuc			

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

ЗМІСТ

Вступ.....	9
РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	10
1.1 Характеристика виробу, на яке наноситься покриття.....	10
1.2 Вибір виду покриття	10
1.3 Вибір технологічного процесу.....	11
1.3.1 Вибір і обґрунтування підготовчих операцій.....	11
1.3.2 Вибір електроліту та режиму електролізу для нанесення покриття.....	15
1.3.3 Вибір і обґрунтування завершальних операцій	20
1.3.4 Приготування, аналіз і корегування електролітів. Способи усунення неполадок у кроботі.....	22
1.3.5 Видалення недоброякісних цинкових покриттів.....	26
1.3.6 Методи контролю якості.....	26
1.4 Вибір і розрахунок обладнання.....	29
1.4.1 Визначення дійсного робочого часу	29
1.4.2 Визначення виробничої програми обладнання.....	30
1.4.3 Вибір обладнання для нанесення гальванічного покриття та розрахунок його кількості.....	31
1.4.4 Розрахунок габаритних розмірів та кількості барабанних електролізерів.....	33
1.5 Технологічні розрахунки.....	39
1.5.1 Визначення сили струму на ванні, складання балансу кількості електрики за одну годину роботи.....	39
1.5.2 Визначення напруги на ванні, складання балансу балансу напруги.....	41
1.5.3 Вибір джерела струму для гальванічної ванни.....	44
1.5.4 Визначення джоулевої теплоти, складання балансу енергії на ванні.....	45
1.5.5 Тепловий розрахунок ванни.....	46
1.5.6 Розрахунок витрат енергоносіїв.....	47
1.5.7 Розрахунок витрат матеріалів анодів, хімічних реактивів, води на приготування електроліту та кількості води на промивні операції.....	48
 РОЗДІЛ 2 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАЛЬВАНІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....	 57

ВСТУП

Кріпильні деталі є стандартизованими виробами різноманітної номенклатури для утворення нерухомого з'єднання елементів конструкцій та машин. Вони експлуатуються в різноманітних умовах навколишнього середовища, а з'єднання на їх основі піддаються широкому діапазону навантажень. Основним конструкційним матеріалом для їх виготовлення є сталь. В ході використання для сталевих виробів характерно корозійне пошкодження. Для того, щоб мінімізувати цей процес на поверхню виробів наносять різноманітні захисні покриття. Серед захисних покриттів широкого застосування набули цинкові покриття, що виступають анодними протекторами по відношенню до матеріалу деталі.

Нанесення гальванічних покриттів є одним з ефективних методів захисту металів від корозії, підвищення зносостійкості і, відповідно, терміну служби.

Можливість регулювати товщину шару покриття змінюючи час перебігу процесу та густину струму, можливість зменшити кількість кольорових металів, які витрачаються на покриття поверхні, відрізняють гальванічні методи нанесення покриттів від інших. Автоматизація та механізація процесів їх нанесення дозволяють не тільки підвищити продуктивність праці і якість покриття, а також усунути малокваліфіковану ручну працю, особливо в важких та шкідливих для людини виробничих умовах.

Високою ефективністю та економічністю відрізняються процеси електрохімічного осадження цинку. Електроліти гальванічного цинкування мають низьку вартість компонентів на відміну від електролітів більшої частини кольорових металів та дозволяють отримувати покриття в широкому діапазоні товщин.

Метою проекту є розробка технології нанесення цинкових покриттів з метою їх захисту від процесу корозії. Продуктивність складає 9000 м²/рік. Для

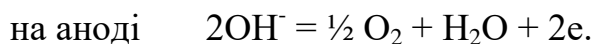
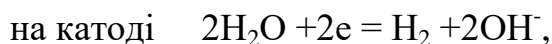
			Підпис			

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

Знежирення електрохімічне

Після того як деталь пройшла стадію механічної обробки необхідно позбутися від жирових забруднень на поверхні металу. Такі забруднення можуть викликати дефекти при осадженні покриття такі як непокрите місце або погане зчеплення з поверхнею. Для видалення жирових забруднень використовують електрохімічне знежирення. Така операція дозволяє остаточно позбутися жирових забруднень на поверхні металу.

Очищення деталей відбувається в процесі електролізу. Електролітом для цієї стадії є лужні розчини. Під час електролізу роль електродів (катода або анода) виконує сам виріб, а як протилежний електрод використовують смужки з низьковуглецевої сталі або сталі з нанесеним нікелем. У процесі електрохімічного знежирення жири емульгуються і відриваються від поверхні пухирцями водню, що виділяються при катодному знежиренні, або кисню при анодному знежиренні:



Інтенсивне газовиділення сприяє розриву жирової плівки і краплеутворенню під дією сил поверхневого натягу. Масляні краплі відриваються від поверхні і, захоплені газовими пухирцями, спливають на поверхню електроліту утворюючи піну, яку необхідно видаляти так, як в ній можуть накопичуватись бульбашки кисню та водню утворюючи гримучий газ. Водень, що виділяється на катоді, частково дифундує вглиб металу, викликаючи зміну фізичних властивостей металу. Цей процес називається наводненням, тому знежирення ведуть спочатку на катоді від 4 до 8 хв (у залежності від характеру і ступеня забруднення), а потім на аноді протягом 2...4 хв. Такий спосіб зменшує наводнення металу.

Електрохімічне знежирення проводимо у розчині, який містить:

					ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ	
			Підпис			

травлення додають інгібітори – це ПАР, котрі практично не впливають на швидкість розчинення оксидів, але сповільнюють або сприяють зупиненню розчинення металу основи [3].

Склад розчину для травлення сталевих деталей (в г/л):

НСІ – 200...300 ,

Уротропін технічний – 2...3.

Час травлення залежить від кількості оксидів і може тривати 5...10 хв, температура розчину 15..25 0С. Після травлення деталь промивають в холодній проточній воді протягом 1...2 хв.

Активація. Операція необхідна для зняття тонких плівок з поверхні деталі для покращення зчеплення покриття з поверхнею деталі. Її проводять безпосередньо перед нанесенням покриття. Оскільки обрана деталь виготовлена зі сталі, то доцільним для активації її поверхні використання хлоридної кислоти за концентрації 100...200 г/л. Обробку проводять в ванній без накладання зовнішнього струму протягом 30...60 с. Після активації деталь промивають в холодній проточній воді протягом 1...2 хв.

Активація

Стадія активації перед нанесенням покриття дозволяє усунути з поверхні деталей залишкових тонких оксидних плівок. Оскільки обрана деталь виготовлена зі сталі, то доцільним для активації її поверхні використання хлоридної кислоти за концентрації 100...200 г/л. Обробку проводять в ванній без накладання зовнішнього струму протягом 30...60 с. Після процесу активації деталь промивають в холодній проточній воді протягом 15...30 секунд за температури 15...25 °С.

очисткою стоків. Комплекси пірофосфатів добре розчиняються та є дуже стійкими, що значною мірою ускладнює процес їх видалення з стічних вод.

Швидкість осадження покриттів також є дуже низькою, що є недоліком. Робочі густини струму під час такого осадження є дуже низькими, а аноди можуть пасивуватися.

Отримання покриттів з амікатних електролітів за рахунок того, що цинк наявний у вигляді комплексних катіонів. В залежності від кислотності середовища, цинк може перебувати у вигляді комплексного катіона з координаційними числами 2, 3 та 4. Те що цинк зв'язаний у вигляді комплексу, дозволяє проводити відновлення таких іонів при потенціалах, що більш негативні, ніж у простих гідратованих іонах. На відміну від ціанідних і пірофосфатних електролітів, швидкість зміни катодного потенціалу дещо менша, як і нахил поляризаційних кривих.

Столярний клей, желатин та інші органічні добавки дозволяють отримувати з амікатних електролітів дрібнокристалічні осадки. На поляризацію та розсіювальну здатність цих електролітів в значній мірі впливає концентрація компонентів. Підвищення концентрації амоній хлориду збільшує електропровідність розчину та підвищує розсіювальну здатність та поляризацію.

До недоліків таких електролітів можна віднести їх агресивність, що може призвести до корозії обладнання.

Від ціаністих електролітів, цинкатні відрізняються тим, що вони є менш токсичними, мають простий склад та стійкіші. Електропровідність в таких електролітах залежить в концентрації лугу, чим більша концентрація, тим більша електропровідність. Цинк знаходиться у вигляді комплексу $[\text{ZnOH})_4]^{2-}$. Для цього виду електролітів характерно те, що поляризація без додавання ПАР є незначною, а концентрація основних компонентів таких як цинк та луг майже не впливають на неї. До переваги цього електроліту відноситься й високий вихід за струмом, що складає 95...98%.

Для таких електролітів притаманні ті ж недоліки, що й для ціанідних.

			Підпис			

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

При нормальному рН в електроліті викристалізуються солі	Підвищення концентрації солей	Корегування електроліту
Покриття сірого кольору, низька розсіювальна здатність	Нестача NH ₄ Cl	Корегування електроліту
Покриття темно-сірого кольору; по краях, гострих кутах покриття «губка»	Забруднення електроліту Cu ²⁺ (0,2 г/л); Fe ²⁺ < 1 г/л	Опрацювання електроліту при 0,2 – 0,3 А/дм ² ; Переведення до Fe(OH) ₃ при підвищенні рН
Покриття темні	Низька кислотність	Додавання HCl
Деталі погано покриваються у заглибленнях	Висока температура	Зниження температури до 20 – 30°C

Аналіз компонентів електроліту

Визначення цинку хлористого: 10 мл електроліту піпеткою переносимо в мірну колбу місткістю 100 мл, розбавляємо дистильованою водою до 80 мл і перемішуємо. Якщо розчин став каламутним додаємо в колбу 5...8 крапель соляної кислоти (1:1). Розчин перемішуємо і доводимо рівень дистильованою водою до мітки, і знову перемішуємо.

Відбираємо 10 мл отриманого розчину в конічну колбу місткістю 250 мл, додаємо 80 мл дистильованої води, 10 мл аміаку (1:1), 5...6 крапель індикатора хромового темно-синього (0,5% спиртовий розчин). Титруємо 0,1 н. розчином трилону Б до синього забарвлення. За різницею показань бюретки визначаємо кількість 0,1 н трилону Б, який пішов на титрування (величина V1).

Розрахункова формула для визначення цинку хлористого:

$$\text{ZnCl}_2 = \frac{V_1 \cdot T \cdot 4,4 \cdot 1000}{m}, \frac{\text{г}}{\text{л}},$$

де V_1 – кількість 0,1 н. розчину трилону Б, який пішов на титрування, мл;
Т – титр 0,1 н розчину трилону Б, виражений в грамах цинку. Титр дорівнює – 0,003271 г/л;

4,4 – коефіцієнт перерахунку з цинку на цинк хлористий;

m – кількість вихідного розчину електроліту.

Визначення борної кислоти: 10 мл електроліту піпеткою переносимо в мірну колбу місткістю 100 мл, розбавляємо дистильованою водою до 80 мл і перемішуємо. Якщо розчин став каламутним додаємо в колбу 5...8 крапель соляної кислоти (1:1). Розчин перемішуємо і доводимо рівень дистильованою водою до мітки, і знову перемішуємо.

Відбираємо 10 мл отриманого розчину в конічну колбу місткістю 250 мл, додаємо 80 мл дистильованої води, 20 мл 10% розчину їдкого натру. Гріємо на електроплитці до кипіння і кип'ятимо протягом 20 хвилин до зникнення запаху аміаку.

Колбу з розчином охолоджуємо, добавляємо 3 краплі індикатора метилового червоного (0,1% спиртовий розчин), нейтралізуємо розчин соляною кислотою (1:1) до рожевого кольору і додаємо надлишок (5 крапель) соляної кислоти. Розчин знову кип'ятимо протягом 10 хвилин. Охолоджуємо і додаємо з бюретки точно стільки 0,1 н. розчину трилону Б, скільки пішло на титрування при визначенні цинку хлористого.

Потім обережно по краплях нейтралізуємо 0,5 н. розчином їдкого натру до переходу рожевого забарвлення в жовтий, потім нейтралізуємо 0,1 н. розчином соляної кислоти до появи рожевого кольору і знову нейтралізуємо 0,5 н. розчином їдкого натру до появи жовтого забарвлення.

У колбу додаємо 0,5 мл індикатора – фенолфталеїну (0,1% спиртовий розчин), 10 мл гліцерину і титруємо 0,1 н. розчином їдкого натру до появи рожевого забарвлення. За різницею показань бюретки визначаємо кількість 0,1 н розчину їдкого натру, який пішов на титрування (величина V_2).

Розрахункова формула для визначення борної кислоти:

			Підпис			

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

$$\text{H}_3\text{BO}_3 = \frac{V_2 \cdot T \cdot 1000}{m}, \frac{\text{г}}{\text{л}},$$

де V_2 – кількість 0,1 н розчину їдкого натру, витраченого на титрування, мл;

T – титр 0,1 н розчину їдкого натру, виражений в грамах борної кислоти. Теоретичний титр – 0,00618 г / л;

m – кількість вихідного розчину електроліту взятого для визначення, мл.

Визначення хлористого амонію: 10 мл електроліту піпеткою переносимо в мірну колбу місткістю 200 мл, розбавляємо дистильованою водою до мітки і перемішуємо. Відбираємо 5 мл отриманого розчину в конічну колбу місткістю 250 мл, додаємо 80 мл дистильованої води, 1 мл хромовоокислого калію як індикатор, і титруємо 0,1 н розчином азотнокислого срібла до появи незникаючого червонуватого забарвлення осаду. За різницею показань бюретки визначаємо кількість 0,1 н розчину азотнокислого срібла, який пішов на титрування (величина V_3).

Розрахункова формула для визначення хлористого амонію:

$$\text{NH}_4\text{Cl} = \frac{V_3 \cdot T \cdot 1000}{m}, \frac{\text{г}}{\text{л}},$$

де V_3 – кількість 0,1 н розчину азотнокислого срібла, витраченого на титрування, мл;

T – титр 0,1 н розчину азотнокислого срібла, виражений в грамах хлористого амонію. Титр дорівнює – 0,005345 г / л;

m – кількість вихідного розчину електроліту взятого для визначення, мл.

1.3.5 Видалення недоброякісних цинкових покриттів

Недоброякісне цинкове покриття видаляється хімічним розчиненням у

			Підпис		

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

розчині наступного складу, г/л:

Соляна кислота HCl.....50...100;

Уротропін.....3...5;

Температура розчину, °С.....15...25.

Уротропін вводять для того, щоб зменшити вплив кислот на метал основи – сталь.

1.3.6 Методи контролю якості

Для того щоб впевнитися в якості покриттів проводять наступні операції:

- огляд зовнішнього вигляду;
- визначення товщини покриття;
- оцінка міцності зчеплення покриття з основою;
- контроль стійкості до корозії;

Контроль зовнішнього вигляду покриття

Візуальний контроль якості поверхні дозволяє виявити явні дефекти такі як здуття, потемніння, ділянки деталей, що не містять осадженого шару, пітинг.

Якість цинкових покриттів визначається шляхом зовнішнього огляду усіх деталей без використання збільшувальної техніки в добре освітлюваному приміщенні на відстані 25 см від контрольованої поверхні. Перевірка зовнішнього вигляду деталей регламентується вимогами ГОСТ9.301-86.

Контроль товщини покриття

Контроль товщини покриття осадженого металу здійснюють за допомогою руйнівного та неруйнівного методів. Для контролю товщини покриття рекомендується використовувати неруйнівний метод оскільки він не

			Підпис			

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

За 200 годин, для покриття товщиною 15 мкм, має почати проявлятися корозія осадженого шару, а за 600 год має почати кородувати матеріал з якого виготовлений виріб.

			Підпис			

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

одну зміну, складає 2 %, а у дві зміни – 3 % від T_n . При роботі автоматизованого обладнання у дві зміни – 3 % від T_n [1].

1.4.2 Визначення виробничої програми обладнання

Для розрахунку річної виробничої програми P_p необхідно врахувати величину виправного браку в річне виробниче завдання P_3 , який складає знаходиться в межах 0,5...3 %. $P_3 = 9000$ м²/рік, $K_{бр} = 2$ %, тоді [1]:

$$P_p = P_3 + K_{бр} \cdot P_3 \text{ м}^2/\text{рік}$$

$$P_p = 9000 + 0,02 \cdot 9000 = 9180 \text{ м}^2/\text{рік}.$$

Добова виробнича програма $P_{доб}$ складає:

$$P_{доб} = \frac{P_p}{T_{доб}} \text{ шт/день}$$

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

$$P_{доб} = \frac{9180}{257} = 35,7 \text{ м}^2/\text{день}$$

Годинна виробнича програма P_r розраховується як:

$$P_{год} = \frac{P_p}{T_d} \text{ м}^2/\text{год}$$

$$P_{год} = \frac{9180}{3985} = 2,3 \text{ м}^2/\text{год}$$

			Підпис				

1.4.3 Вибір обладнання для нанесення гальванічного покриття та розрахунок його кількості

Для розрахунку розмірів та кількості устаткування необхідно знати:

- річну виробничу програму, $P_p = 9180 \text{ м}^2/\text{рік}$;
- час обробки однієї завантажувальної одиниці (барабану) з урахуванням часу на завантаження і вивантаження τ , хв;
- товщину покриття на деталях, $\delta = 15 \text{ мкм}$;
- габаритні розміри деталі складають $10 \times 10,9 \times 5,2 \text{ мм}$, площа деталі згідно ДСТУ ISO 4042 становить $345,8 \text{ мм}^2$ [3];
- маса однієї деталі згідно ГОСТ 5915-70. Становить $0,02573 \text{ кг}$

Для барабанного електролізера розрахований технологічний час τ_m необхідно збільшити на 15-20% у зв'язку з механічним стиранням покриття при електролізі, тоді:

$$\tau_m = \frac{\delta_n \cdot d_m \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{B_c \cdot K_e \cdot i_k}, \text{ хв.}$$

де δ_n - технологічний час (час обробки деталей у ванні) за формулою; δ_n - товщина покриття, мкм; d_m - густина металу покриття, г/см³; B_c - катодний вихід за струмом (доля одиниці); K_e - електрохімічний еквівалент, г/А·год; i_k - середня катодна густина струму, А/дм².

			Підпис		

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

$$\tau_m = 1.2 \cdot \frac{15 \cdot 7,13 \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{0.96 \cdot 1.22 \cdot 2.5} = 26.3 \text{ хв}$$

Величину $\tau_{об}$ - часу обслуговування, необхідного для завантаження деталей у ванну та їх вивантаження, для розрахунків приймаємо 3 хвилини.

$$\tau = 26,3 + 1,7 = 28 \text{ хв.}$$

Затрати часу на початковий запуск обладнання, кінцевого вивантаження барабану і на допоміжні операції враховуємо за допомогою коефіцієнта $K_{об}$, який для роботи у дві зміни становить 1,05 [1].

На основі дійсного річного фонду часу роботи устаткування T_d та тривалості обробки одного завантаження барабану розраховуємо кількість оброблюваних завантажень n :

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

$$n = \frac{3985 \cdot 60}{28 \cdot 1.05} = 8132$$

Тоді разове завантаження усіх ванн Y_c , M^2 складе

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

$$Y_c = \frac{9180}{8132} = 1,13 \text{ м}^2$$

Разове завантаження усіх ванн за масою деталей Y_c^m , кг становитиме:

			Підпис			

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

Об'єм однієї гайки визначаємо виходячи із геометричних її розмірів як об'єм шестигранної правильної призми.

$$V = S_{\text{основи}} \cdot h = \frac{3 \cdot \sqrt{3}}{2} \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot h$$

Для наведеної гайки діаметр описаного кола D становить 10,9 мм, а висота h – 5,2 мм, тоді;

$$V = S_{\text{основи}} \cdot h = \frac{3 \cdot \sqrt{3}}{2} \cdot \left(\frac{10,9}{2}\right)^2 \cdot 5,2 = 401,28 \text{ мм}^3$$

Кількість гайок для разового завантаження складає

$$N = \frac{y_c}{S_{\text{гайки}}} = \frac{1,13}{3,458 \cdot 10^{-4}} = 3267, \text{ шт.}$$

$$V_{\text{дет}} = N \cdot V = 3267 \cdot 401 = 1310067, \text{ мм}^3 \text{ або } 1,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

Для розрахунку розміру барабана для $V_{\text{нас}}$ приймемо коефіцієнт рівним 3,5 тоді для

$$V_{\text{нас}} = 3,5 \cdot 1,31 \cdot 10^{-3} = 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

			Підпис			

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

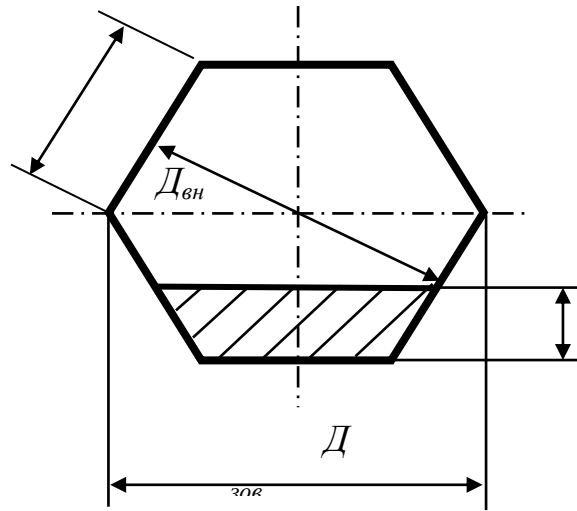


Рисунок 2.1– основні параметри барабана

Розраховуємо розмір сторони шестигранника a :

$$a = \sqrt{\frac{2,97 \cdot V_{нас}}{l_6}}$$

де $V_{нас}$ – насипний об'єм деталей для одного барабана, м³;

l_6 – внутрішня довжина барабана, м.

Величину l_6 орієнтовно приймаємо рівною 0,5 м.

$$a = \sqrt{\frac{2,97 \cdot 4,6 \cdot 10^{-3}}{0,5}} = 0,17 \text{ , м}$$

Розміри барабана пов'язані з величиною сторони шестикутника (а) співвідношеннями:

			Підпис			
					ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ	

$$D_{\text{вн}} = a\sqrt{3},$$

$$D_{\text{зов}} = 2a + 2m,$$

де m – товщину стінок барабана, яку приймаємо рівною 5 мм.

Тоді:

$$D_{\text{вн}} = a \sqrt{3} = 0,17 \sqrt{3} = 0,29, \text{ м};$$

$$D_{\text{зов}} = 2a + 2m = 2 \cdot 0,17 + 2 \cdot 0,005 = 0,35, \text{ м}.$$

Висоту шару деталей у барабані розраховуємо за формулою:

$$h = (1/6)D_{\text{зов}}.$$

$$h = 0,35/6 = 0,058, \text{ м}.$$

Розрахунок задовольняє умову $l_0 = (1,5 \dots 3,0)D_{\text{вн}}$.

Розрахунок габаритних розмірів ванни для барабана виконується в такій послідовності:

внутрішня довжина ванни для барабана l , м:

$$l = l_0 + 2l_1,$$

де l_0 – довжина барабана, м; l_1 – відстань між торцевими стінками барабана і стінками ванни, приймаємо рівною 0,15 м.

Отже внутрішня довжина ванни для барабана складає:

$$l = 0,5 + 2 \cdot 0,15 = 0,8 \text{ м}$$

			Підпис			ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ	

- внутрішня ширина ванни B , м:

$$B = D_{зov} + 2B_1 + 2B_2 + 2B_A,$$

де B_1 – відстань між анодом і ближнім краєм барабана, приймаємо рівною 0,10 м; B_2 – відстань між анодом і повздовжньою стінкою ванни, приймаємо рівною 0,10 м; B_A – товщина анодів, яка складає 0,01 м.

Отже внутрішня ширина ванни для барабана складає:

$$B = 0,35 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,01 = 0,77 \text{ , м}$$

- внутрішня висота ванни h , м:

$$h = h_1 + h_2 + h_6 + D_{зov},$$

де h_1 – відстань від дна ванни до нижнього краю барабана (по описаному колу), складає 0,25 м; h_2 – відстань від дзеркала електроліту до верхньої частини барабана (по описаному колу), складає 0,15 м; h_6 – відстань від дзеркала електроліту до верхнього краю бортів ванни, приймаємо 0,2 м; $D_{зov}$ – зовнішній діаметр описаного кола барабана.

Отже внутрішня висота ванни для барабана складає:

$$h = 0,25 + 0,15 + 0,2 + 0,35 = 0,95$$

Виходячи з проведених розрахунків для виконання річної програми необхідно одна ванна цинкування.

Обираємо згідно ГОСТ 23738-85 стандартизовану сталеву ванну для цинкування, габаритні розміри якої становлять:

			Підпис			

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

сітки можна розташувати $13 \cdot 12 = 156$ кульок.

З урахуванням того, що не вся поверхня кульок працює розміщуємо кульки в два ряди. Тобто, обираємо внутрішню товщину анодної сітки 0,1 м, а мінімальна кількість в корзині цинкових кульок складе 312, з загальною площею $312 \cdot 0,00785 = 2,45 \text{ м}^2$, що при 50% використанні відповідає рішенню поставленої задачі.

Тоді, внутрішня ширина ванни B , м:

$$B = D_{\text{зов}} + 2B_1 + 2B_2 + 2B_A,$$

де B_1 – відстань між анодом і ближнім краєм барабана, приймаємо рівною 0,10 м; B_2 – відстань між анодом і повздовжньою стінкою ванни, приймаємо рівною 0,10 м; B_A – товщина анодів, яка складає 0,12 м.

$$B = 0,35 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,11 = 0,99 \text{ , м}$$

Виходячи із цього приймаємо внутрішню довжину ванни 1000 мм

В кінцевому варіанті розміри ванни становлять:

$B=800$ мм – ширина ванни;

$L=1000$ мм – довжина ванни;

$H=1000$ мм – висота ванни;

$V=800$ л – повна ємність ванни

1.5 Технологічні розрахунки

1.5.1 Баланс кількості електрики на гальванічній ванні

Розрахунок сили струму на ванні необхідний для подальшого вибору джерела живлення постійним струмом. Сила струму I , А на однопозиційній ванні визначається як добуток величини технологічної густини струму на

			Підпис			

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

катоді I_k , А/м² на площу деталей одноразового завантаження S_{03} , м²

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

де K – коефіцієнт, який враховує втрати електрики на осаджування металу на контактах підвісного пристрою, обираємо рівним 1,12

Для розрахунків обираємо значення катодної густини струму 2,5 А/дм² (250 А/м²). Обрана густина струму обумовлена умовами використання деяких компонентів електроліту.

Для розрахунку сили струму можемо S_{03} прийняти за величину U_c оскільки необхідна лише одна ванна для цинкування.

$$S_{03} = U_c$$

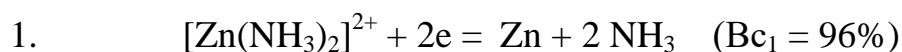
Отже, сила струму на однопозиційній ванні цинкування складає:

$$I = 1,12 \cdot 250 \cdot 1,13 = 316; \text{ А}$$

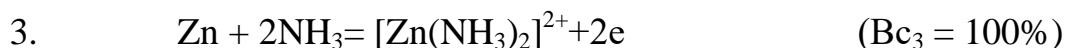
Для складання балансу кількості електрики розписуємо рівняння основних і побічних реакцій, які перебігають на електродах, і на основі значень виходу за струмом для цих реакцій визначаємо долю електрики, яка відводиться на основні та побічні процеси. Баланс електрики складаємо на одну годину роботи ванни, кількість електрики визначаємо в ампер-годинах. Результати розрахунків зводимо у таблицю балансу електрики.

У хлорамонійному електроліті цинкування на електродах перебігають такі електрохімічні процеси:

на катоді:



на аноді:



Тоді, сила струму, яка витрачається на кожну реакцію: на катоді:

$$I_1 = \frac{I * \text{Вс}_1}{100} = \frac{316 * 96}{100} = 303,4 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{I * \text{Вс}_2}{100} = \frac{316 * 4}{100} = 12,6 \text{ A}$$

на аноді:

$$I_3 = \frac{I * \text{Вс}_3}{100} = \frac{316 * 100}{100} = 316 \text{ A}$$

Таблиця 1.5.1 – Баланс електрики ванни цинкування на одну годину роботи.

Надходження	Q, А·год	%	Витрати	Q, А·год	%
На катоді: Від зовнішнього джерела струму	316	100	$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$	303,4	96
			$+2e = \text{Zn} + 2\text{NH}_3$	12,6	4
			$2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2$		
Разом	316	100	Разом	316	100
На аноді: Від зовнішнього джерела струму	316	100	$\text{Zn} + 2\text{NH}_3 =$ $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]^{2+} + 2e$	316	100
Разом	316	100	Разом	316	100

Катодна густина струму $i_k = 250 \text{ A/m}^2$;

Анодна густина струму $i_a = 125 \text{ A/m}^2$;

Потенціал цинкового катода $E_k = -0,86 \text{ В}$

Потенціал цинкового анода $E_a = -0,75 \text{ В}$

Відстань між анодом і ближнім краєм барабана $l_{a-k} = 0,1 \text{ м}$.

Для розрахунків була узята густина струму $2,5 \text{ A/дм}^2$ з проміжку від 1 до 6 ближче до нижнього значення, оскільки виробники блискоутворювачів рекомендують для барабанних електролізерів використовувати густини катодного струму ближче до нижньої межі технологічного діапазону .

Знаходимо різницю потенціалів катода і анода:

$$E_a - E_k = -0,75 - (-0,88) = 0,13 \text{ В},$$

За середньої густини струму, що проходить через електроліт:

$$i_{cp} = \sqrt{i_k i_a} = \sqrt{250 * 125} = 176,8 \text{ A/m}^2$$

падіння напруги в електроліті становитиме:

$$\Delta U_{om} = 1,15 \cdot 176,8 \cdot 0,1 \cdot 15,6 \cdot 10^{-2} = 3,17 \text{ В}$$

Падіння напруги в отворах барабана становитиме:

$$\Delta U_{нерф} = \frac{250 \cdot 1,13 \cdot 0,005 \cdot 0,156}{6 \cdot 0,17 \cdot 0,5 \cdot 0,25} = 1,73 \text{ В}$$

Додаткове падіння напруги між деталями в барабані ΔU_{δ} ураховується коефіцієнтом 0,4 і складає:

$$\Delta U_{\delta} = 0,4 \cdot (E_a - E_k + \Delta U_{om} + \Delta U_{нерф}), \text{ В}.$$

			Підпис			

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

Тоді, додаткове падіння напруги між деталями в барабані в результаті їх переміщення при обертанні становить:

$$\Delta U_{\sigma} = 0,4 \cdot (0,13 + 3,17 + 1,73) = 2,01 \text{ В}$$

Тоді, напруга на ванні з барабанним електролізером складає:

$$U_{\sigma} = 0,5 + 1,5525 + 0,8064 + 0,52256 + 3,75718 = 7,13864 \text{ В}$$

$$U_{\sigma} = (0,13 + 3,17 + 1,81 + 2,01) / 0,9 = 7,91 \text{ В}$$

Падіння напруги в контактах і провідниках першого роду складає:

$$\Delta U_{\text{I}} + \Delta U_{\text{k}} = 0,1 \cdot 7,94 = 0,79 \text{ В}$$

Мінімальна напруга на джерелі струму $U_{\text{дс}}$ складає:

$$U_{\sigma}^{\text{min}} = 1,1 \cdot 7,94 = 8,73 \text{ В}$$

Результати розрахунків зводимо у таблицю

			Підпис			

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

Таблиця 1.5.2 - Баланс напруги

Надходження	U, В	%	Витрати	U, В	%
Напруга на ванні	7,91	100	Різниця потенціалів під струмом $E_a - E_k$	0,13	1,64
			Падіння напруги в електроліті $\Delta U_{ом}$	3,17	39,92
			Падіння напруги на електродах, контактах і провідниках $\Delta U_1 + \Delta U_k$	0,79	9,96
			Падіння напруги на отворах барабану $\Delta U_{перф}$	1,81	22,79
			Падіння напруги між деталями у барабані ΔU_6	2,01	25,69
Разом	7,91	100	Разом	7,91	100

1.5.3 Вибір джерела струму для гальванічної ванни

Виходячи із сили струму і напруги на ванні було обрано в якості джерела постійного струму ТЕІ - 400/12Т, що має характеристики [1]:

- Вихідна напруга – 3 – 12 В;
- Діапазон струму – 8 – 400 А.

Для обраного випрямного агрегату розраховуємо коефіцієнт завантаження:

$$K = \frac{N_{dc}}{N_{насп}}$$

де $N_{\text{дс}}$ – потужність, необхідна для виконання завданої програми, кВт;
 $N_{\text{пасп}}$ – паспортна потужність вибраного агрегату, рівна 4,8 кВт [1].

$$N_{\text{дс}} = U \cdot I \cdot 10^{-3}$$

де U – робоча напруга при заданій густині струму, В;

I – сила струму на однопозиційній ванні, А.

Тоді, потужність, необхідна для виконання заданої програми складає:

$$N_{\text{дс}} = 7,91 \cdot 316 \cdot 10^{-3} = 2,5 \text{ кВт}$$

Отже, коефіцієнт завантаження вибраного випрямного апарату складає:

$$K = 2,5 / 4,8 = 0,52$$

1.5.4 Визначення джоулевої теплоти та складання балансу енергії на ванні

Електрична енергія $W_{\text{заг}}$, яка підводиться до електролізера, перетворюється в хімічну енергію $W_{\text{хім}}$ та в теплову енергію (джоулеву теплоту) $W_{\text{дж}}$ [1]:

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

Електричну енергію, яка витрачається на перебіг процесу в одній ванні, визначаємо за формулою:

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

де I – струм на ванні, А;

U – напруга на ванні, В;

τ – час роботи ванни під струмом, год.

Баланс енергії складаємо на одну годину роботи ванни з урахуванням втрат часу 3%.

Електрична енергія, яка витрачається на перебіг процесу в одній ванні за одну годину роботи складе

$$W_{\text{заг}} = 7,91 \cdot 316 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 3,6 = 8638,5 \text{ кДж/год}$$

Для гальванічних процесів, які ідуть із розчинними анодами з виходом а струмом на катоді, близьким до 100 % $W_{\text{заг}} \approx W_{\text{дж}}$.

Таблиця 1.5.3 - Баланс енергії на ванні цинкування

Надходження	W, кДж	%	Витрати	W, кДж	%
Електрична енергія від джерела струму	8638,5	100	Джоулеве тепло	8638,5	100
Разом	8638,5	100	Разом	8638,5	100

1.5.5 Тепловий розрахунок ванн

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

Максимально можливу температуру розігріву ванни t_k °C визначається за

формулою:

$$t_k^0 = 20 + \frac{W_{дж}}{V_1 \cdot C_1 \cdot d_1 + C_2 \cdot m_2 + C_3 \cdot m_3},$$

де 20 – температура навколишнього середовища, °С; V_1 , C_1 , d_1 – відповідно об'єм, м³, питома масова теплоємність, Дж/(кг·К) і густина електроліту, кг/м³, що нагрівається; C_2 - теплоємність матеріалу корпусу ванни, Дж/(кг·К); m_2 - маса ванни, кг; C_3 - теплоємність матеріалу анода, Дж/(кг·К); m_4 - маса анодів у ванні, кг.

$$t_k^0 = 20 + \frac{8638500}{0,64 \cdot 3670 \cdot 1100 + 1900 \cdot 56 + 389 \cdot 73} = 23.2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

1.5.6 Витрати електричної енергії

Сумарні витрати електричної енергії на виконання річної виробничої програми розраховують як:

$$W = W_e + W_c + W_B,$$

Де W_e – витрати електроенергії на електроліз, кВт·год; W_c – витрати електроенергії сушильною камерою; W_B – витрати електроенергії двигуном загальної вентиляції [1].

Розрахуємо витрати електроенергії на електроліз:

$$W_e = \frac{I \cdot U \cdot \tau \cdot n}{1000 \cdot 0,82} = \frac{316 \cdot 7,91 \cdot 28/60 \cdot 8132}{1000 \cdot 0,82} = 11570 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Де I – струм на ванні, А; U – напруга на ванні, В; τ – час обробки однієї

			Підпис			
					ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ	

завантажувальної одиниці, год; n – кількість завантажень на рік; 0,82 - ККД джерела струму.

Розрахуємо витрати енергії сушильною камерою:

$$W_c = \frac{n * (N_{HC} + N_{BC}) * T_c}{0,82} = \frac{8132 * (60 + 1) * \frac{10}{60}}{0,82} = 100800 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

де N_{HC} – потужність електронагрівача сушильної камери, кВт; N_{BC} – потужність вентилятора сушильної камери, кВт; T_c – тривалість сушки, год.

Розрахуємо витрати електроенергії двигуном загальної вентиляції:

$$W_B = \frac{N_{ЗВ} * T_d}{0,82} = \frac{20 * 3985}{0,82} = 97200 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Де $N_{ЗВ}$ – потужність електродвигуна загальної вентиляції, кВт; T_d – дійсний час роботи обладнання.

Сумарні витрати електричної енергії на виконання річної виробничої програми становлять

$$W = 11570 + 100\,800 + 97200 = 209\,570 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

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

Цей розрахунок необхідний для визначення річних потреб виробництва у сировині та матеріалах для нанесення цинкового 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;

			Підпис		
					ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

б) на виконання річної виробничої програми.

Витрати анодів на початковий запуск обладнання

Витрати цинкових анодів на запуск обладнання G_{Az} , кг, визначаємо за формулою

$$G_{Az} = n_{аш} \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot N \cdot d_a,$$

де $n_{аш}$ – кількість анодних штанг у ванні; r – радіус цинкових кульк, м; d_a – густина матеріалу анодів, кг/м³; δ_a – товщина анодів, м; n_v – кількість ванн даного типу.

$$G_{Az} = 2 \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (2,5 \cdot 10^{-2})^3 \cdot 312 \cdot 7130 = 73 \text{ кг}$$

Витрати розчинних анодів на виконання річної виробничої програми

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

$$G_{ap} = S \cdot A_p \cdot \delta_{п} = 9180 \cdot 7,56 \cdot 10^{-3} \cdot 15 = 1041 \text{ кг.}$$

де S – сумарна площа нанесеного покриття при виконанні річної програми, м²; $\delta_{п}$ – товщина покриття в мікрометрах; A_p – норма витрат розчинних анодів на нанесення покриття товщиною один мікрометр, кг/м². Значення A_p визначають, виходячи з чистої маси покриття, технологічних втрат та відходів:

$$A_p = d_{п} \cdot (1 + 0,06) \cdot 10^{-6} = 7130 \cdot (1 + 0,06) \cdot 10^{-6} = 7,56 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^2,$$

			Підпис			
					ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ	

де $d_{\text{п}}$ – густина металу покриття, кг/м^3 .

Розрахунок витрат хімічних реактивів

Для ванн із розчинними анодами загальні витрати хімічних реактивів на проведення технологічного процесу визначаються кількістю реактивів, необхідних для приготування електроліту на початковий запуск обладнання і витратами реактивів на виконання річної програми: винос електроліту з деталями, винос електроліту у вентиляційні канали, корегування електроліту, заміна електроліту та інше.

Витрати хімічних реактивів на початковий запуск обладнання

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

$$G_i = C_i \cdot V_{\text{в}} \cdot K_{\text{зап}} \cdot n_{\text{в}},$$

де C_i – концентрація відповідного компонента електроліту, кг/м^3 ; $V_{\text{в}}$ – об'єм ванни, м^3 ; $K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт заповнення ванни, $K_{\text{зап}} = 0,7 \dots 0,9$; $n_{\text{в}}$ – кількість ванн даного типу.

Для нанесення покриття витрати реагентів на приготування електроліту, що підуть для запуску обладнання, складають:

$$G_{\text{ZnCl}_2} = 50 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 = 32 \text{ кг}$$

$$G_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 200 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 = 128 \text{ кг}$$

$$G_{\text{H}_3\text{BO}_3} = 30 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 = 19,2 \text{ кг}$$

$$G_{\text{ЕКОЛ-цинк-БСК-А}} = 50 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 = 32 \text{ л}$$

$$G_{\text{ЕКОЛ-цинк-БСК-Б}} = 2 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 = 1,28 \text{ л}$$

			Підпис		
					ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

Витрати хімічних реактивів на виконання річної виробничої програми

Розрахунок витрат кожного компонента здійснюється за формулою:

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

$$G_{\text{ZnCl}_2} = 50 \cdot 1,67 = 83,5 \text{ кг}$$

$$G_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 200 \cdot 1,67 = 334 \text{ кг}$$

$$G_{\text{H}_3\text{BO}_3} = 30 \cdot 1,67 = 50,1 \text{ кг}$$

$$G_{\text{ЕКОЛ-цинк-БСК-А}} = 50 \cdot 1,67 = 83,5 \text{ л}$$

$$G_{\text{ЕКОЛ-цинк-БСК-Б}} = 2 \cdot 1,67 = 3,34 \text{ л}$$

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:

$$V_{\text{вт}} = 1,15 \cdot S \cdot A_e = 1,15 \cdot 9180 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4} = 1,58 \text{ м}^3$$

Розрахунок витрат води

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

Витрати води на приготування електроліту

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

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

			Підпис			

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

процесу розкладання води.

$$G''_{H_2O} = 316 \cdot \frac{18 \cdot 3985 \cdot 4}{2 \cdot 26,8} \cdot 10^{-5} \approx 16,9 \text{ кг.}$$

Витрати води на винесення з газами

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

$$G'''_{H_2O} = G'_{H_2O} \cdot V_t^t,$$

де G'_{H_2O} – вміст води, який виноситься із ванни одним 1 м^3 газів, $\text{кг} / \text{м}^3$;
 V_t^t – загальний об'єм вологого газу, який виділяється за температури електролізу, м^3 .

Величину G'_{H_2O} визначають як:

$$C'_{H_2O} = 0,805 \cdot \frac{P_{H_2O}}{P_6 - P_{H_2O}}$$

де P_6 – загальний тиск парогазової суміші, мм.рт.ст ; P_{H_2O} – парціальний тиск парів води за температури $20 \text{ }^\circ\text{C}$, мм.рт.ст .

$$C'_{H_2O} = 0,805 \cdot \frac{17,54}{760 - 17,54} = 0,019 \text{ кг/м}^3.$$

Для визначення величини V_t^t спочатку визначаємо об'єм водню, приведений до нормальних умов:

$$V_{H_2}^O = 0,418 \cdot I \cdot T_d \cdot B_c' \cdot 10^{-5},$$
$$V_{H_2}^O = 0,418 \cdot 316 \cdot 3985 \cdot 4 \cdot 10^{-5} = 21,06 \text{ м}^3.$$

цеху.

$$P_s = \frac{17,54 \cdot 70}{100} = 12,28 \text{ мм. рт. ст.},$$

$$C_{H_2O}^{IV} = \frac{45,6 \cdot 0,86 \cdot 0,8 \cdot (17,54 - 12,28) \cdot 3985 \cdot 1}{760} \approx 865 \text{ кг}$$

Витрати води на промивні операції

Витрати води на промивні операції залежить від кількості ступенів промивки. Для промивання після цинкування обираємо двоступеневе промивання. При двоступеневому промиванні способом занурення, погодинну витрату води $^2V_{\text{год}}$ визначаємо за формулою:

$$^2V_{\text{год}} = A_e \cdot \sqrt{K} \cdot P_r, \text{ дм}^3/\text{год}$$

де $A_e = 0,12 \text{ дм}^3/\text{м}^2$ – норми виносу розчину із ванни поверхнею деталей ; P_r – годинна виробнича програма ванни, $\text{м}^2/\text{год}$.

K – критерій остаточного промивання деталей, який визначається:

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

де C_0 – концентрація основного компонента у ванні, після якого проводиться промивання, $\text{г}/\text{дм}^3$;

C_k – гранично допустима концентрація основного компонента у воді після промивання .

Концентрація основного компоненту – $50 \text{ г}/\text{л}$, а гранично допустима концентрація основного компонента у воді після промивання, для ванн

					ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ	
				Підпис		

цинкування: 0,01 г/л. Оскільки перед промиванням деталей здійснюється уловлювання електроліту, то для розрахункових витрат води вводимо коефіцієнт $K_{ул} = 0,4$.

$$K = \frac{50}{0,01} \cdot 0,4 = 2000$$

Оскільки перед промиванням деталей здійснюється уловлювання електроліту, то для розрахункових витрат води вводимо коефіцієнт $K_{ул} = 0,4$.

$${}_2V_{год} = 0,12 \cdot \sqrt{2000} \cdot 9180/3985 = 12,36 \text{ дм}^3/\text{год}$$
$$V_{сум} = V_{год} \cdot T_d \cdot 1,5 = 12,36 \cdot 3985 \cdot 1,5 \approx 73882 \text{ дм}^3.$$

Загальна витрата води

Загальну кількість промивної води за рік знаходимо додаванням всіх вище розрахованих витрати:

$$V_{загал. сума} = 1774 + 16,9 + 0,44 + 865 + 73882 \approx 76540 \text{ дм}^3$$

			Підпис			

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

РОЗДІЛ 2

АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГІЛЬАНИЧНОГО ПРОЦЕСУ

Автоматизація необхідна для інтенсифікації процесу нанесення покриттів, вона дозволяє скоротити кількість персоналу, знизити собівартість, пришвидшити процес, та виключити можливість людської помилки при експлуатації обладнання в процесі осадження металів [11].

В системах автоматизації об'єктом керування є основне та допоміжне устаткування разом із вмонтованими у нього запірними та регулювальними органами, а також інших матеріалів як енергія та сировина, що визначаються особливостями технології. Створення ефективних систем автоматизації потребує поглибленого вивчення технологічного процесу проєктувальників. У процесі розроблення схеми автоматизації необхідно забезпечити:[11] – Отримання первинної інформації про стан технологічного процесу та необхідного для його автоматизації устаткування;

– Безпосередній вплив на технологічний процес для можливості керування ним;

– Стабілізацію усіх технологічних параметрів процесу;

– Контроль та реєстрацію стану устаткування та технологічних параметрів процесу. Мета автоматизації даного виробництва

– нанесення цинкового покриття сталеві деталі по даним стандартам якості [10].

Задана задача вирішується з виконанням наступних вимог:

1. Відповідність витрати електроліту заданому технологічному регламенту;

2. Відповідність концентрації компонентів електроліту технологічному регламенту;

3. Відповідність режиму електролізу технологічному регламенту [11].

Параметри, що будуть регулюватись устаткуванням автоматизації: рівень

електроліту, напруга на ванні ,сила струму, рН

Для даної автоматизованої системи температуру не вимірюють, так як електроліз проводиться при кімнатній температурі протягом року у приміщенні з регульованим кліматом.

Параметри регулювання і контролю подані в Таблиці 3.1.

Таблиця 2.1– Параметри контролю і регулювання гальванічної ванни

№ п/п	Назва стадії процесу,місце заміру параметру	Назва параметру, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму	Вимоги до схеми автоматизації
1	Стадія цинкування, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	рівень	0,7...0,75 м	контроль, регулювання, реєстрація
2	Стадія цинкування, замір параметру проводиться в баці з розчином NH ₄ Cl	рівень	0,45...0,5 м	контроль, регулювання
3	Стадія цинкування, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	рН	4,0-5,5	контроль, регулювання
4	Стадія цинкування, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	сила струму	316 А	контроль

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

Підпис

5	Стадія цинкування, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	напруга на ванні	7,91 В	контроль регулювання

Для регулювання рівня використано передавальний перетворювач рівня з пневматичним вихідним сигналом (1-1), (2-1), (3-1), який призначений для неперервного перетворення значення рівня рідини в пропорційний сигнал дистанційної передачі – пневматичний. Також використано вторинний прилад із дистанційним керуванням (2-2), (3-2) і регулюючий блок (2-3), (3-3), як виконавчий механізм застосовано мембранний пневмопровід (2-4), (4-6).

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

Контроль і регулювання сили струму та напруги на клеммах ванни виконується за допомогою випрямного апарату для гальванічних ванн ТЕ1-400/12Т (5-1) та пульта дистанційного керування для регулювання сили струму (5-2).

Специфікацію на використані технічні засоби наведено у додатку Б.

			Підпис				

РОЗДІЛ 3

ЕКОНОМІКО – ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

Дипломний проєкт буде проходити у цехові, який розміщений на території ПАТ «Київський завод «Радар».

КВЕД: код 25.61 – Оброблення металів та нанесення покриття на метали.

Класифікаційні ознаки цеху:

- організаційно-правова форма – належить підприємству, що зареєстроване як юридична особа;
- за формою власності – приватна;
- за формою реєстрації – юридична;
- за спеціалізацією виробництва – вузькоспеціалізоване;
- за ресурсами – матеріаломістке;
- за масштабом виробництва – масове;
- за потужністю – середнє;
- за чисельністю персоналу – мале;
- за вартістю власного майна – середнє;
- за режимом роботи протягом року – поза сезонне.

Мета діяльності: виконання необхідної річної програми нанесення цинкового покриття для захисту сталевих кріпильних виробів.

Організаційна структура цеху має такий вигляд:

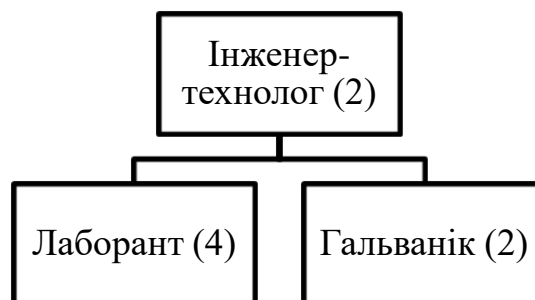


Рисунок 3.1 – Схема організації хімічного цеху по гальванічному нанесенню цинк

де Y_c – площа одного завантаження ванни цинкування, що приведена в технологічних розрахунках.

Знайдемо тривалість виробничого циклу та річний випуск продукції для кожного виду ВРПП та підберемо оптимальний для нашого технологічного процесу.

Послідовний ВРПП

Загальна тривалість основного процесу – 62,8 хв.

Робітники працюють за 8-годинним робочим днем в 2 зміни.

Кількість завантажень за один день становить:

$$N_{\text{завант}} = \frac{T_{\text{В.Ц.}}^{\text{посл}}}{\sum_{i=1}^{16} t_i} = \frac{16 \cdot 60}{62,8} = 15,28 = 16 \text{ разів,}$$

Кількість виготовленої продукції за рік становить:

$$V_{\text{посл}}^{\text{Річ}} = N_{\text{завант}} \cdot T_{\text{доб}} \cdot Y_c = 16 \cdot 257 \cdot 1,13 = 4647 \text{ м}^2$$

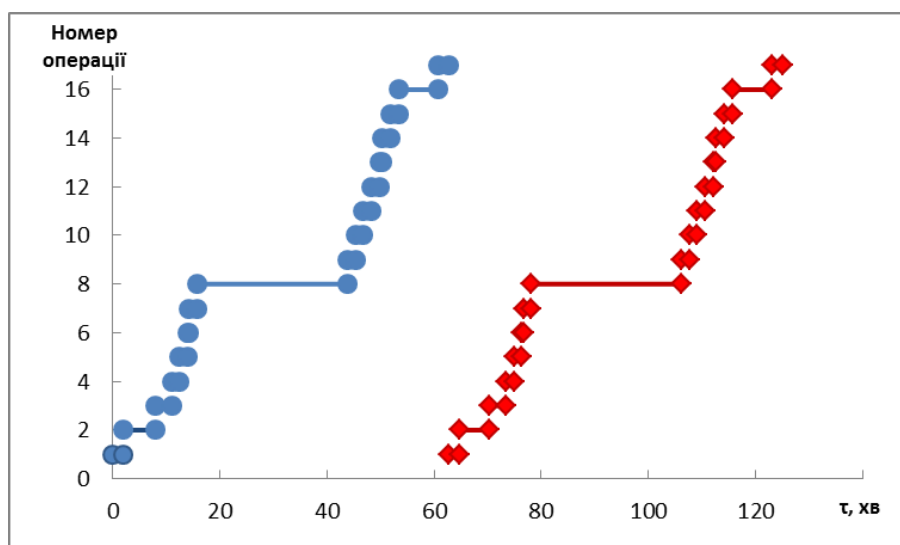


Рисунок 3.1 – Графік послідовного ВРПП.

Паралельний ВРПП

Тривалість робочого циклу для паралельного ВРПП при двох завантаженнях становить:

Кількість завантажень за один день становить:

$$N_{завант} = \frac{T_{в.ц.}^{нар} + t_{max} - \sum_{i=1}^{16} t_i}{t_{max}} = \frac{16 \cdot 60 + 28 - 62,8}{28} = 33,05 = 34 \text{ рази.}$$

Кількість виготовленої продукції за рік становить:

$$V_{посл}^{Річ} = N_{завант} \cdot T_{доб} \cdot U_c = 34 \cdot 257 \cdot 1,13 = 9874 \text{ м}^2$$

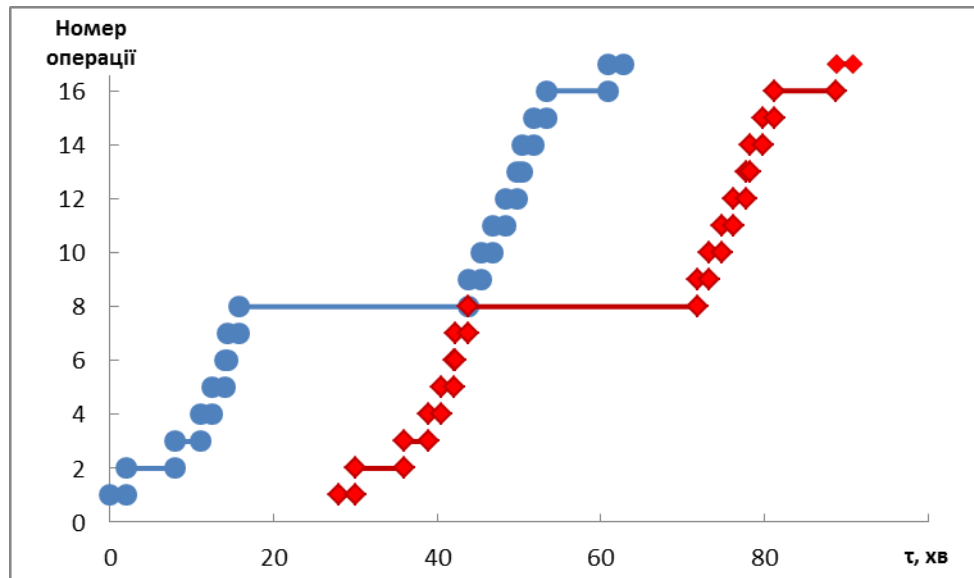


Рисунок 3.2– Графік паралельного ВРПП.

Синхронізований ВРПП

$$R = \frac{T_{\text{в.ц}} - \sum_{i=1}^{16} t_i}{N - 1} = \frac{16 \cdot 60 - 62,8}{32 - 1} = 29 \text{ хв}$$

$$N_{\text{завант}} = \frac{T_{\text{в.ц.}}^{\text{синх}} + R - \sum_{i=1}^{16} t_i}{R} = \frac{16 \cdot 60 + 29 - 62,8}{29} = 32 \text{ рази}$$

$$V_{\text{синх}}^{\text{річ}} = 32 \cdot 257 \cdot 1,13 = 9293 \text{ м}^2$$

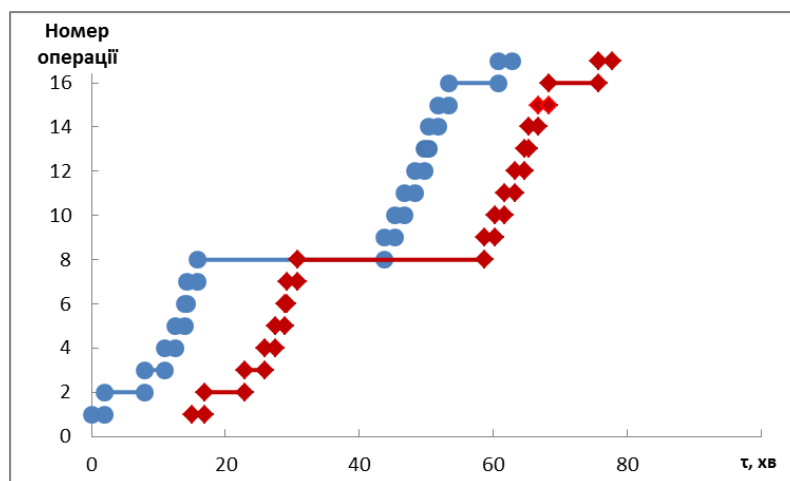


Рисунок 3.3 – Графік синхронізованого ВРПП.

Розглянувши усі види руху предметів праці, доходимо до висновку, що синхронізований ВРПП з ритмом $R=29\text{хв}$ виявився найвигіднішим. За допомогою цього ВРПП, досягається річна норма продукції за найменший час.

Для повного виконання програми з ритмом 29 хвилин, потрібна кількість ванн, що наведена у таблиці 4.2

Таблиця 3.2 – Кількість ванн у лінії виробництва.

Номер операції	Вид операції	Кількість ванн
2, 3	Електрохімічне знежирення	2
5, 7, 10, 12	Промивання у холодній воді	4

Таблиця 3.3 – Графік змінності

Дн і	Н	Т	Р	Т	Т	Б	Д	Н	Т	Р	Т	Т	Б	Д
Бр игада №1								І	І	І	І	І		
Бр игада №2	І	І	І	І	І									

3.4 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

Таблиця 3.4 – Склад основних фондів цеху гальванічних покриттів

Найменування основного засобу	Кількість	Вартість одиниці обладнання, грн	Вартість всіх одиниць обладнання, грн
Ванна електрохімічного знежирення	2	25 000	50 000
Ванна холодного промивання	4	4 000	16 000
Ванна теплового промивання	2	4 000	8 000
Ванна активації	1	20 000	20 000
Ванна пасивації	1	45 000	45 000
Ванна уловлювання	2	25 000	50 000
Ванна освітлення	1	20 000	20 000
Барабанний електролізер	1	50 000	50 000
Сушильна шафа	1	20 000	20 000
Засоби контролю якості	1	30 000	30 000
Система автоматизації	1	20 000	20 000
Будівлі і споруди	-	-	1 000 000
Трубопроводи	-	-	120 000
Нематеріальні активи	-	-	60 000
Всього		-	1 489 000

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

Підпис

Термін експлуатації згідно рекомендацій із Податкового кодексу України. Для обладнання – 5 років, будівлі – 20 років, нематеріальних активів – 12 років, трубопроводів – 15 років.

Таблиця 3.5 – Тарифна сітка цеху.

Розряд	Тарифний коефіцієнт	Розряд	Тарифний коефіцієнт	Розряд	Тарифний коефіцієнт
1	1,00	10	1,82	19	3,42
2	1,09	11	1,97	20	3,64
3	1,18	12	2,12	21	3,85
4	1,27	13	2,27	22	4,00
5	1,36	14	2,42	23	4,27
6	1,45	15	2,58	24	4,36
7	1,54	16	2,79	25	4,51
8	1,64	17	3,00		
9	1,73	18	3,21		

З 1 січня 2022 року набрав чинності Закон України «Про Державний бюджет України на 2022 рік». Зазначеним документом встановлено мінімальну заробітну плату:

- у місячному розмірі: з 1 січня – 6500 грн, з 1 жовтня – 6700 грн;
- у погодинному розмірі: з 1 січня – 39,26 грн, з 1 жовтня – 40,46 грн.

Розрахунки проводяться станом на травень 2022 року.

Таблиця 3.6 – Фонд заробітної плати цеху гальванічних покриттів.

Посада	К-сть осіб	Тарифний розряд	Тарифний коефіцієнт	Тарифна ставка, грн./год.	Заробітна плата, грн	
					За день	За рік
Інженер-технолог	2	17	3,00	117,8	1 885	486 330
Гальванік	2	14	2,42	95,0	1 520	392 160
Лаборант	4	11	1,97	77,3	2 474	638 292
Всього	8		–		5 879	1 516 782

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

Підпис

Нарахування в ЄСВ:

$$H = ЗП \cdot 0,22 = 1516782 \cdot 0,22 = 333693 \text{ грн/рік}$$

Фонд оплати праці становить:

$$\text{ФОП} = ЗП + H = 1516782 + 333693 = 1850475 \text{ грн}$$

Амортизація основних фондів:

1. Амортизація будівель та споруд

$$A_{\text{б.с.}} = \frac{H_{\text{А}}^{\text{б.с.}}}{T_{\text{ек}}} = \frac{1000000}{20} = 50000 \text{ грн/рік;}$$

2. Амортизація приладів і обладнання:

$$A_{\text{обл}} = \frac{H_{\text{А}}^{\text{обл}}}{T_{\text{ек}}} = \frac{329000}{5} = 65800 \text{ грн/рік;}$$

3. Амортизація нематеріальних активів:

$$A_{\text{нм.ак.}} = \frac{H_{\text{А}}^{\text{нм.ак.}}}{T_{\text{ек}}} = \frac{60000}{12} = 5000 \text{ грн/рік;}$$

4. Амортизація трубопроводів:

$$A_{\text{тр}} = \frac{H_{\text{А}}^{\text{тр}}}{T_{\text{ек}}} = \frac{120000}{15} = 8000 \text{ грн/рік;}$$

			Підпис			

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

5. Всього:

$$A = 50000 + 65800 + 5000 + 8000 = 128800 \text{ грн/рік};$$

3.5 Розрахунок вартості річних оборотних фондів цеху

Витрати на електроенергію для технологічних цілей: Потужність обладнання $N = 2,7$ кВт. Кількість спожитої електроенергії більше 250 кВт за місяць, тому маємо другий клас напруги. Вартість електроенергії – 1 кВт = 2,50 грн. Цех працює 16 годин на добу, 258 днів на рік:

$$B_{\text{тех}} = 16 \cdot 258 \cdot 2,7 \cdot 2,50 = 27864 \text{ грн/рік.}$$

Потужність обладнання N для побутових потреб складає $\sim 2,0$ кВт. Кількість спожитої електроенергії складає більше 250 кВт за місяць, тому маємо також другий клас напруги. Вартість електроенергії – 1 кВт = 2,50 грн. Цех працює 16 годин на добу, 250 днів на рік:

$$B_{\text{поб}} = 16 \cdot 257 \cdot 2,0 \cdot 2,5 = 20640 \text{ грн/рік}$$

Витрати води для технологічних потреб становить 24159 м^3 , для побутових $\sim 1000 \text{ м}^3$

$$B_{H_2O} = 24160 + 1000 = 25160 \text{ м}^3$$

			Підпис			

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

Таблиця 3.7 – Річні оборотні фонди цеху гальванічних покриттів.

Найменування	Ціна, грн/кг	Витрата на одиничне завантаження, г	Витрата на рік, кг	Вартість, грн
Гідроксид натрію	140	35	160	22 400
Силікат натрію	86	22,5	143	12 298
Тринатрійфосфат	100	12,5	57	5 700
ЕКОЛ-МНТ	49	1,5	7	343
Соляна кислота	130	45	570	74 100
Уротропін	86	40	92	7 912
Цинк хлористий	185	45	103	19 055
Амоній хлористий	80	175	399	31 920
Борна кислота	96	27,5	57	5 472
ЕКОЛ-цинк-БСК- А	69	35	57	3 933
ЕКОЛ-цинк-БСК-Б	101	1	3	303
Азотна кислота	150	40	92	13 800
ЕКОЛ – пас – БЦП	79	50	114	9 006
Цинкові аноди в кульках	163	–	1098	178 974
Вода	30,384 грн/м ³	–	25160 м ³	764 462
Електроенергія	2,50 грн/кВт	–	4,7 кВт	48 504
Всього				1 198 452

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

Підпис

зазвичай складають 20% від виробничої собівартості.

3.6 Техніко-економічні показники

Середня ринкова ціна за 1 м² для цинкування складає Ц=900 грн/м². За рік покривається 9180 м² деталей

Річна собівартість продукції без накладних:

$$C_p = \text{Обз} + A + \text{Немат. акт.} = 3419022 + 128800 + 60000 = 3607822 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Виробнича собівартість одиниці продукції без накладних:

$$C = \frac{C_p}{P_p} = \frac{3607822}{9180} = 393 \text{ грн/м}^2.$$

Виробнича собівартість з неврахованими витратами:

$$C_{\text{вир}} = C_p + 0,2 \cdot C_p = 3607822 + 0,2 \cdot 3607822 = 4329387 \text{ грн/рік.}$$

Цехова собівартість одиниці продукції:

$$C_{\text{цех}} = \frac{C_{\text{вир}}}{P_p} = \frac{4329387}{9180} = 471,61 \text{ грн/м}^2$$

Вартість продукції за рік:

$$Ц_{\text{заг}} = Ц \cdot P_p = 900 \cdot 9180 = 8262000 \text{ грн/рік.}$$

			Підпис			

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

Повна собівартість продукції з накладними:

$$C_{\text{повна}} = C_{\text{вир}} + 0,8 \cdot C_{\text{вир}} = 4329387 + 0,8 \cdot 4329387 = 7792897 \text{ грн/рік.}$$

Виробнича собівартість одиниці продукції з накладними:

$$C = \frac{C_{\text{повна}}}{P_p} = \frac{7792897}{9180} = 848,9 \text{ грн/м}^2.$$

- Прибуток:

$$\Pi = \text{Ц} - C = 900 - 848,9 = 51,1 \text{ грн/м}^2.$$

- Рентабельність:

$$P = \frac{\Pi}{C} \cdot 100 = \frac{51,1}{848,9} \cdot 100 = 6,02 \%$$

- Капіталовкладення:

$$K = (C_{\text{повна}} - A) + \text{ОФ} = (7792897 - 128800) + 1489000 = 9153097 \text{ грн.}$$

- Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{\Pi}{K} = \frac{51,1 \cdot 9180}{9153097} = 0,101 \text{ грн/грн.}$$

			Підпис			

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

Вироблена продукція здатна задовольняти потреби споживачів і при цьому забезпечувати отримання прибутку.

			Підпис			

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

РОЗДІЛ 4
ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА,
ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Розділ екологічної безпеки гальванічних виробництв розроблений для того, щоб виявити причини забруднень та запропонувати вирішення проблеми наявності шкідливих речовин, зменшити їх кількість.

4.1 Аналіз відходів, що утворюються

В наслідок роботи гальванічного підприємства утворюється великий об'єм стічних вод, що можуть бути забрудненими широким спектром шкідливих речовин. Для того, щоб уникнути цієї проблеми необхідно провести аналіз відходів, що утворюються. Виявивши основні чинники забруднення можна запропонувати схему очищення стічних вод.

Під час операції електрохімічного знежирення утворюються лужні розчини $pH > 7$. В таких стічних водах може міститися натрій гідроксид, натрій силікат, тринатрійфосфат, низькотемпературний знежирювач ЕКОЛ-МНТ. Усі ці забрудники потребують нейтралізації оскільки їх концентрація може перевищувати ГДК. Для Na_3PO_4 концентрація у відходах не повинна перевищувати $0,25 \text{ г/дм}^3$.

Після операції активації поверхні металу утворюються кислі розчини з $pH < 7$. Такі стоки можуть містити хлоридну кислоту, солі заліза та уротропін.

В ході процесу цинкування, стічні води також забруднені усіма компонентами електроліту. Найнебезпечнішим в таких стоках є солі цинку, що можуть завдавати значної шкоди навколишньому середовищу. Забруднені, солями цинку підземні води, можуть призвести до проблем із здоров'ям у людини. ГДК для хлориду цинку менше $0,05 \text{ г/дм}^3$.

			Підпис			

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

Таблиця 4.1 – Величини рН осадження гідроксидів металів

Формула сполуки	рН початку осадження	рН повного осадження	рН початку розчинення	Залишкова концентрація іона 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	0 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

В усереднювачі лужно-кислих вод відбувається і нейтралізації забруднень, викликаних іншими операціями процесу цинкування.

РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРОЦЕСУ НАНЕСЕННЯ ГАЛЬВАНІЧНОГО ПОКРИТТЯ

Розділ техніки безпеки в дипломному проєкті необхідний для визначення правил захисту здоров'я людини в умовах роботи гальванічного цеху.

Процес отримання гальванічних покриттів супроводжується використанням шкідливих, вибухо- і пожежо небезпечних речовин і матеріалів, також передбачено використання механічної, електричної, теплової енергії. Зменшення ризиків зашкодити людській життєдіяльності регламентуються вимогами до охорони праці.

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

Згідно з ДСН 3.3.6.042 – 99, робота, що виконується у цеху нанесення гальванічних покриттів, межу відноситься до виду робіт середньої тяжкості Пб.

Таблиця 5.1 – Санітарні норми мікроклімату робочої зони

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість %	Швидкість руху, м/с	
		допустима	оптимальна		оптимальна, не більш ніж	допустима на робочих місцях постійних і
		Верхня межа	Нижня межа			
	оптимальна					

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

Підпис

- теплоізоляція для елементів гальванічного цеху, стінки яких нагріваються більше ніж 40 °С.
- кнопки зупинки обладнання під час аварійних ситуацій .
- відстань між верхнім краєм гальванічної ванни і дзеркалом електроліту повинна бути в діапазоні 180...200 мм, щоб не відбувалося переливання електроліту через стінки при зануренні підвісок.
- встановлення козирків у проміжках між ваннами травлення, активації, пасивування, освітлення, цинкування для усунення можливості виливу електролітів на підлогу[13].

5.2 Пожежна безпека

Пожежі під час роботи в цеху нанесення гальванічних покриттів можуть виникати через необережне поводження з речовинами, що є легкозаймистими, ймовірність ураження блискавкою, коротке замикання [13].

Пожежна безпека в робочій зоні здійснюється за допомогою протипожежних щитів з відповідними наборами для пожежогасіння. До протипожежних щитів необхідне таке устаткування як вогнегасники СУБ-7, пінні вогнегасники, ящики з піском, пожежі гідранти.

Робочу зону необхідно обладнати пожежними кранами. Проектом передбачено використання пожежних розривів між цехами в 10 м. Регулярно здійснюється перевірка газопроводів, електромережі та обладнання, що може спричинити пожежу в цеху. Цех необхідно обладнати протипожежною сигналізацією[13].

Використання легкозаймистих речовин та горючих рідин регламентується ДСТУ ISO 6309:2007.

			Підпис			

ДП ХЕ8102.1450 000 ПЗ

ВИСНОВОК

В проєкті розроблено технологічний процес нанесення цинкового покриття на сталеві кріпильні вироби товщиною 15 мкм з використання хлор амонійного електроліту. Для виконання процесу передбачено використання поліпропіленових гальванічних ванн, барабанний електролізер та титанові корзини з насипними цинковими анодами марки ЦВ.

Нанесення цинкового покриття в дипломному проєкті розроблено для продуктивності виробничої програми 9000 м²/рік. Процес отримання цинкового покриття складається з операцій підготовки поверхні, цинкування в хлор амонійному електроліті та операцій освітлення і пасивації.

Виконано необхідні технологічні розрахунки такі як: баланс струму, напруги, енергії та тепла. Розраховано витрати компонентів для проведення цинкування, а саме: витрати розчинних анодів, витрати хімічних речовин, витрати води та енергії. За розрахованими величинами було обрано гальванічну ванну, барабанний електролізер, джерело струму для живлення гальванічної ванни.

Виконано автоматизацію процесу отримання цинкових покриттів.

Розраховано економіко-організаційні параметри для підприємства з нанесення цинкових покриттів.

З метою захисту та уникнення небезпеки для життєдіяльності людини в умовах роботи гальванічного цеху розроблено вимоги до охорони праці на даному виробництві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту з гальванотехніки освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр”. Спеціальність 161 “Хімічні технології та інженерія”. / Уклад. О.І. Букет, Т.І. Мотронюк, О.В. Лінючева. – К: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 54 с.
2. ДСТУ ISO 4042 Крепежные изделия
3. Електронний ресурс :<http://ecol.co.ua/ru/catalog/bsk2/>
4. Гальванические покрытия в машиностроении. Справочник. В 2-х томах/Под ред. М.А. Шлугера. – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с.
5. Електронний ресурс:
http://www.galvanicrus.ru/for_engineers/cr6_zamena.php
6. Електронний ресурс : <http://ecol.co.ua/ru/catalog/bcp/>
7. В.В.Окулов. Цинкование. Техника и технология. /Под редакцией проф. В.Н. Кудрявцева. – М.: Глобус, 2008 - 252 с.
8. Краткий справочник гальванотехника/ А.М. Ямпольский, В.А. Ильин. – М.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1962. – 239 с.
9. Гальванические покрытия. Справочник по применению/ Ю.Д. Гамбург.– М.: Техносфера, 2006. – 216с.
10. Лукінюк, М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами [у 2 кн.]. Кн. 1. Методи та технічні засоби автоматичного контролю хіміко-технологічних процесів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки «Хімічна технологія та інженерія» / М. В. Лукінюк ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 4,46 Мбайт). – Київ : Політехніка, 2012. – 336 с.
11. Лукінюк, М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами [у 2 кн.]. Кн. 2. Керування хіміко-технологічними процесами [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки «Хімічна технологія та

інженерія» / М. В. Лукінюк ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 4,7 Мбайт). – Київ : Політехніка, 2012. – 336 с.

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

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

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

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

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

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

18. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека.

Таблиця А1-карта технологічного процесу

Операція	Назва, склад розчину і концентрація		Режим			
	Назва і хімічна формула	г/л	час, хв	t, °C	i, А/дм ²	pH
1	2	3	4	5	6	7
1. Завантаження деталей в барабан			2			
2. Електрохімічне знежирення на катоді	Гідроксид натрію NaOH ГОСТ 4328-77	30...40	4...8	15...25	1...4	10...11
	Силікат натрію Na ₂ SiO ₃	20...25				
	Тринатрійфосфат Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O ГОСТ 201-76	10...15				
	Низькотемпературний знежирювач ЕКОЛ-МНТ ТУУ24.519439081-005-01	2...3				
3. Електрохімічне знежирення на аноді	Гідроксид натрію NaOH ГОСТ 4328-77	30...40	2...4	15...25	1...4	10...11
	Силікат натрію Na ₂ SiO ₃	20...25				
	Тринатрійфосфат Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O ГОСТ 201-76	10...15				
	Низькотемпературний знежирювач ЕКОЛ-МНТ ТУУ24.519439081-005-01	2...3				
4. Промивання в теплій воді	–	–	1...2	40...50	–	–
5. Промивання в холодній воді	–	–	1...2	15...25	–	–
6. Травлення	Соляна кислота HCl ГОСТ 857-95	150...350	5-10	15...25		
	Уротропін ГОСТ 1381-73	40...50				
7. Промивання в холодній воді	–	-	1...2	15...25		
8. Активація	Соляна кислота HCl ГОСТ 857-95	100...200	0,1... 0,5	15...25	–	–
	Уротропін ГОСТ 1381-73	40...50				
9. Промивання в холодній воді	–	–	1...2	15...25	–	–
10. Цинкування	Цинк хлористий ZnCl ₂ ГОСТ 4529-78	40...50	28	15...25	0,5...1	4...5,5
	Амоній хлористий NH ₄ Cl ГОСТ 3773-72	150...200				
	Борна кислота H ₃ BO ₃ ГОСТ 9656-75	25...30				
	ЕКОЛ-цинк-БСК-А ТУУ 19439081-001-01	30...50 м л/л				

Продовження таблиця А1

	ЕКОЛ-цинк-БСК-Б ТУУ 19439081-001-01	0,5...2 мл/л				
11. Уловлювання	–	–	1...2	15...25	–	–
10. Промивання в холодній воді	–	–	1...2	15...25	–	–
12. Освітлення	Азотна кислота HNO ₃ ГОСТ 4461-77	30...50	1...2	15...25	–	–
13. Промивання в холодній воді	–	–	1...2	15...25	–	–
14. Пасивування	ЕКОЛ – пас – БЦП ТУУ 19459081-000-01	50 мл/л	0,5	10...25	–	1,7..2,2
15. Промивання уловлювання в холодній воді	–	–	1...2	15...25	–	–
16. Промивання в теплій воді	–	–	1...2	40...50	–	–
17. Сушіння теплим повітрям	–	–	5...10	50...60	–	–
18. Вивантаження деталей	–	–	2	–	–	–

Додаток Б

Таблиця Б1 – Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

Позиція на схемі	Назва параметру	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметру	Місце монтажу	Назва та характеристика	Тип моделі	Кількість	Завод-виробник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-1	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,7 м	Місцевий	Рівнемір буйковий з пневматичним вихідним сигналом; Рвих = 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
1-2	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,7 м	Щит керування	Прилад вторинний пневматичний, показувальний, реєструвальний зі станцією керування, Рвх = 0,02–0,1 МПа	ФК 0071	2	АТ «Тизприбор», м. Москва
1-3	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,7 м	Щит керування	Регулятор пневматичний, пропорційно-інтегральний, Рвих = 0,02–0,1 МПа	ФР 0091	2	АТ «Тизприбор», м. Москва
1-4	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,7 м	Місцевий	Пневмопривід мембранний, Рвих = 0,02–0,1 МПа	В26-41	1	АТ «Тизприбор», м. Москва
1-5	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,7 м	Місцевий	Перетворювач пневмоелектричний, Рвх=20...100 кПа, Івих=0(4)...20 мА	ППЭ-ДУ	1	АТ „Хімавтоматика”, м. Северодонецьк
1-6	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,7 м	Місцевий	Перетворювач електропневматичний, Івх=0(4)...20 мА, Рвих=20...100 кПа	ЭПП-М	1	АТ „Хімавтоматика”, м. Северодонецьк

Продовження таблиці Б1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2-1	Рівень	Бак з електролітом	0,5 м	Місцевий	Рівнемір буйковий з пневматичним вихідним сигналом; $P_{\text{вих}} = 0,02-0,1$ МПа; діапазон температур: (-50)...+100°C діапазон вимірювання: від 0,02 до 1 м, клас точності 1	УБ-П	1	ВО «Теплоприбор», м. Рязань
2-2	Рівень	Бак з електролітом	0,5 м	Щит керування	Прилад вторинний пневматичний, показувальний, $P_{\text{вх}} = 0,02-0,1$ МПа	ФК 0071	2	АТ «Гизприбор», м. Москва
2-3	Рівень	Бак з електролітом	0,5 м	Місцевий	Перетворювач пневмоелектричний, $P_{\text{вх}}=20...100$ кПа, $I_{\text{вих}}=0(4)...20$ мА	ППЭ-ДУ	1	АТ „Хімавтоматика”, м. Северодонецьк
3-1	Рівень	Бак з NH_4Cl	0,5 м	Місцевий	Рівнемір буйковий з пневматичним вихідним сигналом; $P_{\text{вих}} = 0,02-0,1$ МПа; діапазон температур: (-50)...+100°C діапазон вимірювання: від 0,02 до 1м, клас точності 1	УБ-П	1	ВО «Теплоприбор», м. Рязань
3-2	Рівень	Бак з NH_4Cl	0,5 м	Щит керування	Прилад вторинний пневматичний, показувальний, $P_{\text{вх}} = 0,02-0,1$ МПа	ФК 0071	2	АТ «Гизприбор», м. Москва
3-3	Рівень	Бак з NH_4Cl	0,5 м	Місцевий	Перетворювач пневмоелектричний, $P_{\text{вх}}=20...100$ кПа, $I_{\text{вих}}=0(4)...20$ мА	ППЭ-ДУ	1	АТ „Хімавтоматика”, м. Северодонецьк

Продовження таблиці Б1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4-1	pH	Електроліт, електролітична ванна	4,0-5,5	Місцевий	Чутливий елемент рН-метра заглибного виконання; діапазон температур: 0–100 °С, з тиском у діапазоні 0,025–0,6 МПа	ДПг-4М	1	Гомельський завод вимірювальних приладів, м. Гомель
4-2	pH	Електроліт, електролітична ванна	4,0-5,5	Місцевий	Перетворювач високоомний, $I_{\text{вих}} = 0-5 \text{ мА}$	П-201	2	Гомельський завод вимірювальних приладів, м. Гомель
4-3	pH	Електроліт, електролітична ванна	4,0-5,5	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний прилад, $I_{\text{вх}} = 0-5 \text{ мА}$	А543	1	ЗАТ «Промышленная группа «Метран», м. Челябинськ
4-4	pH	Електроліт, електролітична ванна	4,0-5,5	Щит керування	Регулятор електронний, пропорційно-інтегральний, $I_{\text{вх}} = 0-5 \text{ мА}$	МК-21	1	Підприємство «МІКРОЛ», м. Івано-Франківськ
4-5	pH	Електроліт, електролітична ванна	4,0-5,5	Місцевий	Перетворювач електропневматичний, $I_{\text{вх}} = 0-5 \text{ мА}$ $P_{\text{вих}} = 0,02-0,1 \text{ МПа}$	ПЕП-95	2	АТ «Саранский приборостроительный завод», м. Саранськ
4-6	pH	Електроліт, електролітична ванна	4,0-5,5	Місцевий	Пневмопровід мембранний, прямохідний з боковим дублером	МИМП ППХ 01	1	ВАТ «Прикарпатпром-арматура», м. Івано-Франківськ
5-1	Сила струму та напруга	Електролітична ванна	$I = 316 \text{ А}$, $U = 7,91 \text{ В}$	Місцевий	Агрегат випрямний для гальванічних ванн, $I_{\text{max}} = 400 \text{ А}$, $U_{\text{max}} = 12 \text{ В}$	ТЕІ-400/12Т	1	ЗАТ МДК «ЕЛАРП» м. Москва
5-2	Сила струму та напруга	Електролітична ванна	$I = 316 \text{ А}$, $U = 7,91 \text{ В}$	Місцевий	Пульст дистанційного керування для випрямного агрегату ВАК-6300-24У4	ПДУ ВАК	2	ЗАТ МДК «ЕЛАРП» м. Москва

