НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТімені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Хіміко-технологічний факультет
Кафедра технології електрохімічних виробництв

До захисту допущено:

В.о. завідувач кафедри

_____ Олексій КОСОГІН

«__»_____2024 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 у машинобудуванні. Розробка технології матового нікелювання кріпильних сталевих деталей»

Виконав:

студент IV курсу, групи ХЕ-01

Неліпович Сергій Сергійович _____

Керівник: Ущаповський Дмитро Юрійович, ст. викладач, к.т.н. _____ _____

Консультант

Охорона праці: Полукаров Юрій Олексійович . доц. к.т.н. _____ _____

Економічна частина: Покровська Наталія Миколаївна, ст. викладач, к.е.н. __ _____

Автоматизація: Тріщ Віталій Русланович, викладач _____ _____

Рецензент: ас. кафедри ТНР, В та ЗХТ, к.т.н., Кримець Григорій Володимирович ____

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

Студент _____

Київ-2024

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

_____ Олексій КОСОГІН

«___»_____05_____2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Неліповичу Сергію Сергійовичу

1. Тема проєкту «*Гальванічні покриття у машинобудуванні. Розробка технології матового нікелювання кріпильних сталевих деталей*», керівник проєкту *Ущаповський Дмитро Юрійович, доцент, к.т.н.*, затверджені наказом по університету від «10» травня 2024р. №_____

2. Термін подання студентом проекту 07 червня 2024року

3. Вихідні дані до проєкту Матеріали з практики. Зарубіжні та вітчизняні монографії та періодичні видання. *Електроліт сульфатний. Продуктивність 13000м^2/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.Схема технологічного процесу, 3.Схема автоматизації, 4.Економічна частина, 5.Схема очищення стічних вод.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Полукаров Ю.О., доц.,к.т.н.		
Економічна частина	*Покровська Н.М., ст.викл., к.екон.н.*		
Автоматизація	*Тріщ В.Р., ас.*		

7. Дата видачі завдання ____06 травня 2024р.__

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Характеристика деталей, що підлягають обробці.	До 11.05.2024	
2.	Вибір виду покриття	До 13.05.2024	
3.	Вибір підготовчих операцій	До 20.05.2024	
4.	Вибір складу електроліту для покриття болтів	До 20.05.2024	
5.	Складання карти технологічного процесу	До 25.05.2024	
6.	Виконання технологічних розрахунків	До 29.05.2024	
7.	Виконання креслень	До 01.06.2024	
8.	Складання схеми очищення стічних вод	До 03.06.2024	
9.	Складання схеми автоматизації основного процесу.	До 03.06.2024	
10.	Виконання економічних розрахунків	До 03.06. 2024	
11.	Виконання розділу «Охорона праці та техніка безпеки»	До 03.06.2024	
12.	Оформлення пояснювальної записки	До 05.06.2024	
13.	Оформлення графічної частини проєкту	До 07.06.2024	
14.	Подача оформленого проєкту на перевірку на плагіат	До 07.06.2024	

Студент *Сергій НЕЛІПОВИЧ*

Керівник *Дмитро УЩАПОВСЬКИЙ*

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	А4		Завдання на дипломний проєкт	1	
2	А4	ДП ХЕ0110.2705.000 ПЗ	Пояснювальна записка	68	
3	А1	ДП ХЕ0110.2705.001 СК	Складальне креслення гальванічної ванни нікелювання	1	
4	А1		Схема технологічного процесу нікелювання	1	
5	А2	ДП ХЕ0110.2705.002 СхА	Схема процесу автоматизації нанесення нікелевого покриття	1	
6	А2		Техніко-економічні показники нанесення нікелевого покриття	1	
7	А2		Схема очищення стічних вод	1	

<table>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="3">ДП ХЕ0110.2705.000</td></tr>
<tr><td></td><td>ПІБ</td><td>Підп.</td><td>Дата</td><td rowspan="6">Відомість дипломного проєкту</td><td>Лист</td><td>Листів</td></tr>
<tr><td>Розробн.</td><td>Неліпович С.С.</td><td></td><td></td><td>1</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Керівн.</td><td>Ущаповський Д.Ю.</td><td></td><td></td><td colspan="2" rowspan="5">КПІ ім. Ігоря Сікорського
Каф. ТЕХВ
Гр. ХЕ-01</td></tr>
<tr><td>Консульт.</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Н/контр.</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>В.о. зав. каф.</td><td>Косогін О.В.</td><td></td><td></td></tr>
</table>

Пояснювальн

а записка до

дипломного

проєкту

на тему: «Гальванічні покриття у машинобудуванні. Розробка технології матового нікелювання кріпильних сталевих деталей»

Київ-2024

РЕФЕРАТ

«Гальванічні покриття у машинобудуванні. Розробка технології матового нікелювання кріпильних сталевих деталей»

Неліпович С.С. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, ХТФ, ХЕ-01

Дипломний проект, 2024 рік, кількість сторінок – 68, таблиць – 16, рисунків – 2 , джерел – 16.

В рамках проєкту було розроблено технологію нанесення матового нікелевого покриття на болт зі сталі марки 10. Використано сульфатний електроліт матового нікелювання, режим роботи – 40…45 ^{o}C з катодною густиною струму 2 А/дм^{2}.

Після проведення технологічних та конструктивних розрахунків було обрано обладнання та реактиви. Проєкт передбачає розробку схеми автоматизації регулювання процесу матового нікелювання гальванічного. Були проведені економіко-технологічні розрахунки цеху.

Проєкт пропонує схему очистки стічних вод реагентним методом, були розроблені заходи з охорони праці та техніки безпеки.

Ключові слова: сталевий болт, матове нікелювання, сульфатний електроліт, схема автоматизації, стічні води.

ABSTRACT

"Galvanic coatings in mechanical engineering. Development of the technology of matte nickel plating of fastening steel parts"

Nelipovych S.S. – Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, CTF, HE-01 Diploma project, 2024, number of pages - 68 , tables -16 , figures - 2, sources -16.

As part of the project, a technology was developed for applying a matte nickel coating to a 10 steel bolt. A matte nickel-plated sulfate electrolyte is used, the operating mode is 40…45 ^{o}C with a cathode current density of 2 A/dm2.

After carrying out technological and structural calculations, equipment and reagents were selected. The project envisages the development of a scheme for automating the regulation of the galvanic matte nickel plating process. Economic and technological calculations of the workshop were carried out.

The project offers a scheme for wastewater treatment using a reagent method, labor protection and safety measures have been developed.

Key words: steel bolt, matte nickel plating, sulfate electrolyte, automation scheme, wastewater.

ЗМІСТ

ВСТУП..... 10
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА 11
1.1 Основні теоретичні характеристики процесу..... 11
1.1.1 Характеристика деталі 11
1.1.2 Опис покриття 11
1.1.3 Вибір підготовчих операцій 12
1.1.4 Електроліти для нанесення нікелевого покриття..... 13
1.1.5 Аноди 14
1.1.6 Вибір завершальних операцій..... 15
1.1.7 Технологічна карта процесу 15
1.1.8 Дефекти та неполадки покриття 16
1.1.9 Контроль якості покриття..... 17
1.2 Основні технологічні розрахунки 19
1.2.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання 19
1.2.2 Визначення виробничої програми обладнання 19
1.2.4 Баланс електрики на ванні..... 23
1.2.5 Баланс напруги на гальванічній ванні..... 25
1.2.6 Розрахунок споживання електричної енергії..... 27
1.2.7 Тепловий розрахунок гальванічної ванни..... 28
1.2.8 Визначення витрат теплоти на підтримання робочої температури ванни 30
1.2.9 Розрахунок витрат матеріалів..... 31
1.2.9.1 Розрахунок витрат анодів 31
1.2.9.2 Витрат розчинних анодів на виконання річної виробничої програми..... 32
1.2.9.3 Розрахунок витрат хімічних реактивів на початковий запуск обладнання . 32
1.2.9.4 Розрахунок витрат хімічних реактивів на виконання річної виробничої програми..... 33
1.2.9.5 Розрахунок витрат води на приготування електроліту..... 34
1.2.9.6 Розрахунок витрат води на розкладання при електролізі..... 35
1.2.9.7 Витрат води на винесення з газами 35

1.2.9.8 Розрахунок води на випаровування з поверхні електроліту 36
1.2.9.9 Розрахунок витрат води на промивні операції 36
2. АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАЛЬВАНІЧНОГО ПРОЦЕСУ 38
3. ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ 40
3.1 Опис підприємства та його структури 40
3.2 Технологічна підготовка підприємства 41
3.3 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва 46
3.4 Фонд оплати праці 48
3.5 Техніко-економічні показники 49
4. Екологічна безпека 50
4.1 Схема очищення стічних вод 50
5. ОХОРОНА ПРАЦІ 52
5.1. Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектованому об’єкті. Заходи з охорони праці 52
5.1.1. Повітря робочої зони 52
5.1.2 Виробниче освітлення 55
5.1.3. Виробничий шум і вібрація 56
5.1.4. Електробезпека 57
5.1.5. Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання 58
5.2. Пожежна безпека 59
ВИСНОВКИ 62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 63
ДОДАТОК А Специфікація устаткування 65
ДОДАТОК Б 68

ВСТУП

Електрохімічні методи нанесення гальванічних покриттів широко використовуються в різних галузях промисловості. Вони ефективно захищають металеві вироби від корозії та окислення, а також надають їм додаткову зносостійкість, твердість, антифрикційні властивості та естетичний вигляд.

Однією з головних переваг електрохімічних методів є можливість точного контролю товщини покриття за допомогою регулювання густини струму і часу осадження. Нікелеві покриття, які належать до захисно-декоративних, забезпечують надійний захист деталей в атмосферних і агресивних умовах [1]. Нікель утворює прозору пасивну плівку на повітрі, що зберігає його блиск і колір, захищаючи від зовнішніх впливів. Однак наявність сірчаних сполук в повітрі може призвести до потускніння поверхні.

Нікелеві покриття мають гладку структуру і можуть бути відполіровані до дзеркального блиску, що робить їх популярними для декоративного використання. Крім того, вони широко застосовуються в хімічній промисловості для захисту обладнання від агресивних середовищ [1]. Ці покриття широко застосовуються в різних галузях виробництва.

Дипломний проект полягає в розробці технологічного процесу нанесення 13000 м^2 матового нікелевого покриття на сталеві болти.

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Основні теоретичні характеристики процесу

1.1.1 Характеристика деталі

Деталь під нанесення матового нікелевого покриття є сталевим болтом зі сталі марки 40х. Низьколегований сплав із групи конструкційних сталей. Виготовляється у вигляді різних профілів, гарячекатаного та каліброваного сортового прокату, листа, широких та вузьких смуг та безшовного трубного прокату. Може піддаватися термічній та хіміко-термічній обробці [2].

Ці кріпильні болти зміцнюють конструкцію стерилізаторів. Розміри болта складають, мм: ДхШ (230;25), діаметр кола внутрішнього (25), діаметр кола зовнішнього (46). Ескіз деталі подано на рисунку 1.1.

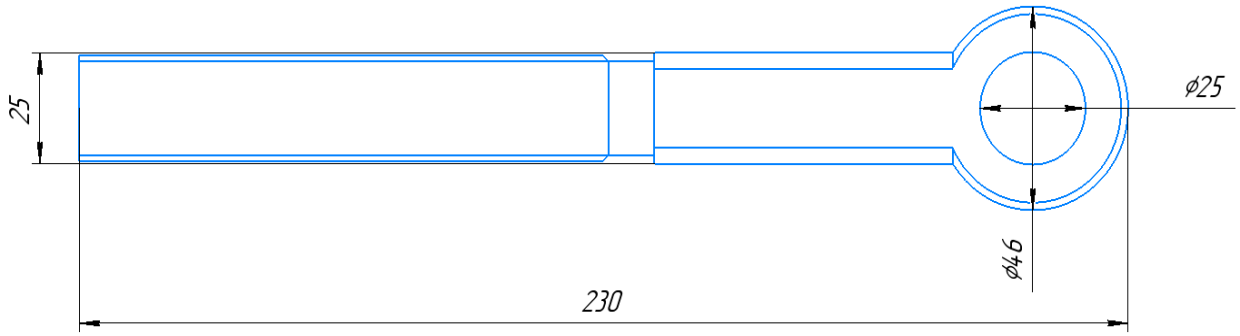

Рисунок 1.1 – Ескіз болта

1.1.2 Опис покриття

Нікелеве покриття стійке в атмосфері, в багатьох органічних кислотах, слабкорозчинне в мінеральних кислотах, стійкий до лужних розчинів у будь яких концентраціях та температурах внаслідок здатності до пасивації, тому це покриття є застосованим в якості декоративного, захисного та зносостійкого. Також особливістю цього покриття є його гідростійкість, і всі перераховані характеристики роблять його використання товщиною 9-15 мкм у болті стерилізатора(який використовує розпечену водяну пару) ефективним рішенням. Але нікель, внаслідок більшої електропозитивності за залізо, не може бути

використаним з ним напряму, оскільки буде утворена корозійна пара(хоча нікель може захистити залізо за відсутності пор), тому задля забезпечення корозійної стійкості покриття застосовується підшар міді, нанесеної з пірофосфатного електроліту, товщиною 3-6 мкм.

Від покриття не вимагається висока зносостійкість чи декоративні властивості, оскільки середовище використання може містити лише атмосферу чи водяну пару, тому придатним до виконання захисних функцій буде просте матове нікелеве покриття з базовими умовами, такими як рівномірне нанесення покриття, хороша адгезія.

1.1.3 Вибір підготовчих операцій

Першою операцію обирається знежирення хімічне. Воно необхідне, оскільки деталь з великою ймовірністю міститиме бруд, видимий та слабко помітний, на своїй поверхні, який потрібно прибрати [3,4].

Склад розчину хімічного знежирення за рецептурою (г/дм^3):

- $NaOH$ – 5…15
- Na_2CO_3 – 20…25
- Na_3PO_4 – 30…70
- Na_2SiO_3 – 3…5

Процес триватиме 5 хвилин за температури 50…70 °С.
Ця операція потребує наступних теплого(40…50 °С) та холодного(15…30 °С) промивань проточною водою, по одній хвилині кожне.

Далі йде хімічна активація хлоридною кислотою. Вона дозволить підготувати поверхню деталі до попереднього гальванічного міднення, яке слугуватиме підшаром нікелю. Склад пірофосфатного електроліту міднення виглядає наступним чином (г/дм^3):

- $CuSO_4$ – 30…50
- Натрій пірофосфат – 120…180
- NaH_2PO_4 – 60…80

Процес триватиме 3 хвилини в температурі 45…55°С, катодна густина струму складе 1…4,5 А/дм^2.

Перед наступною хімічною активацією проводиться ще одне холодне промивання водою протягом 1 хвилини.

Остання хімічна активація проводиться сірчаною кислотою з концентрацією 100 г/дм^3 протягом 1 хвилини, температура – 15…30 °С.

Холодне промивання водою вимиє залишки від процесу активації.

1.1.4 Електроліти для нанесення нікелевого покриття

Електроліт нікелювання обирається по потрібним характеристикам нанесеного покриття. Асортимент можливих електролітів нікелювання складається з таких простих електролітів: сульфатного [1], сульфаматного, фторборатного, кремнійфторборидного. Комплексні електроліти використовуються нечасто, серед них відзначено етилендіаміновий [5], тартратний, цитратний.

До розгляду приймаються сульфаматний та сульфатний електроліти, оскільки вони є достатньо доступними та задовольняють вимогам до покриття.

Сульфаматний електроліт зазвичай має наступну рецептуру (г/дм^3):

- $Ni(SO_3NH_2)_2$ – 300…400
- $NiCl_2$ – 12…15
- H_3BO_3 – 25…40
- $NaC_{12}H_{25}SO_4$ – 0,1…1
- Сахарин – 0,5…1,5

Температура складе 50…60 градусів Цельсію, густина струму – 5…12 А/дм^2, pH 3,6…4,2.

Даний електроліт дозволить отримати покриття з низькими внутрішніми напругами.

Сульфатні електроліти нікелювання діляться на матові та блискучі. Блискучі вирізняються додаванням блискоутворюючих добавок, які підвищують

декоративні властивості покриття. Ці добавки поділяються на перший та другий клас згідно їх блискоутворюючої здатності, з її підвищенням збільшуються внутрішні напруги в покритті. Матові дають просте покриття, яке не використовують за потреби в декоративному зовнішньому вигляді.

Їх склад в цілому буде виглядати так(г/дм^3):

- $NiSO_4$ – 120
- Na_2SO_4 – 80
- H_3BO_3 – 25…30
- NaCl – 5…20
- $MgSO_4$ – 20…50

Тривалість 22,5 хвилин, густина струму катодна – 2 А/дм^2, температура – 40…45 °С, pH 4…4,5.

В результаті оцінки вимог до покриття, було обрано електроліт матового нікелювання, оскільки він дозволить досягти потрібних якостей нанесеного металу разом з оптимізацією витрат.

1.1.5 Аноди

Зниження виходу струму по анодам в сульфатному електроліті нікелювання пов’язане зі зниженням концентрації йонів в електроліті та підкисленням електроліту під час процесу, що призводить до пасивації анодів.

Пасивація анодів залежить від малорозчинних солей нікелю, які утворюються під час реакції:

$$Ni - 3\bar{e} \rightarrow Ni^{3+};$$

$$Ni^{3+} + 3OH^- \rightarrow Ni(OH)_3;$$

$$Ni(OH)_3 \rightarrow Ni_2O_3 + H_2O.$$

Утворена сіль посилює пасивацію, можливий такий рівень пасивації, що на аноді почне утворюватися кисень та хлор.

Покращення якості покриття можна досягти, зменшивши вплив анодного шламу(нерозчиненого нікелю з анодів) за допомогою спеціальних чохлів, наприклад, з хлорину.

1.1.6 Вибір завершальних операцій

Операція уловлювання необхідна для зменшення потрапляння цінного нікелю в стічні води і для покращення екології процесу. Вона триває 1 хвилину з використанням деіонізованої води за кімнатної температури.

Промивання холодне та тепле протягом хвилини кожне допоможуть вимити з покритої деталі залишки електроліту.

Далі йдуть просушування стиснутим повітрям та в сушильній машині. Вони дозволять якісно осушити деталь та підготувати її до демонтажу та контролю якості. Стиснуте повітря використовується при температурі 50…60 °С та 3 хвилин, в сушильній шафі потрібна температура 95…105 °С та 35 хвилин на процес.

1.1.7 Технологічна карта процесу

Техкарта процесу показана у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технологічна карта процесу нанесення нікелевого покриття

№	Операція	Склад розчину і концентрація		Технологічний режим			
		Найменування	г/дм^3	τ, хв	t, °С	$i_к$,А/дм^2	pH
1	2	3	4	5	6	7	8
010	Монтаж деталі	-	-	-	-	-	-
020	Знежирення хімічне	NaOH Na_2CO_3 Na_3PO_4 Na_2SiO_3	5...15 20...25 30...70 3...5	3...10	50...70	-	13
030	Промивання теплою водою	Непроточна водопровідна вода	-	1	40...50	-	-
040	Промивання холодною водою	Проточна водопровідна вода	-	1	15...30	-	-
050	Активація хімічна	Хлоридна кислота	5...100	1...2	15...30	-	-

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8
060	Промивання холодною водою	Проточна водопровідна вода	-	1	15...30	-	-
070	Міднення електрохімічне	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ Натрій пірофосфат NaH_2PO4	30...50 120...180 60...80	2-5	45...55	1...4,5	-
080	Промивання холодною водою	Проточна водопровідна вода	-	1	15...30	-	-
090	Активація хімічна	Сірчана кислота	100	1...2	15...30		-
100	Промивання холодною водою	Проточна водопровідна вода	-	1	15...30	-	
110	Нікелювання електрохімічне	$NiSO_4 \cdot 7H_2O$ Na_2SO_4 H_3BO_3 NaCl $MgSO_4$	120 80 25...30 5...20 20...50	22,5	45	2	4
120	Промивання у ванні вловлювання	Вода деіонізована	-	1	15...30	-	-
130	Промивання холодною водою	Проточна водопровідна вода	-	1	15...30	-	-
140	Промивання теплою водою	Непроточна водопровідна вода	-	1	40...50	-	-
150	Просушування стиснутим повітрям	-	-	3...5	50...60	-	-
160	Просушування в сушильній машині	-	-	30-40	95...105	-	-
170	Демонтаж	-	-	-	-	-	-

1.1.8 Дефекти та неполадки покриття

Під час процесу нікелювання можливі численні неполадки, які призводять до неякісного, лускуватого, вздутого або іншим чином бракованого покриття. В промисловості існують способи коригування виробничого процесу, аби усунути можливі дефекти. В таблиці 1.2 наведено можливі дефекти, їх причини та способи усунення.

Таблиця 1.2 – Загальні види дефектів, причини та способи їх усунення при гальванічному нікелюванні в сульфатному електроліті

№	Дефекти	Причини	Способи усунення
1	2	3	4
1	Покриття не осаджується, виділення газу на катоді	Підвищена кислотність Низька температура електроліту Погані контакти	Виміряти і відкоригувати pH електроліту Підвищити температуру електроліту до більше 15 градусів Зачистити і перевірити контакти
2	Низька швидкість осадження, виділення водню при нормальній катодній густині струму	Низька температура електроліту, мала площа анодів, пасивація анодів	Підігріти електроліт, збільшити площу анодів, зачистити аноди
3	Осади жовтого кольору	Завищене значення pH елекроліту	Відкоригувати pH електроліту хімічно чистою сірчаною кислотою
4	Осади чорного кольору	Наявність в електроліті домішок цинку	Довести pH електроліту до 6,3-6,5 карбонатом нікелю або їдким натром, провести селективну очистку, дати електроліту відстоятися і, декантуючи, перелити розчин в робочу ванну

1.1.9 Контроль якості покриття

Нікелеве покриття варто контролювати по зовнішньому виду, міцності адгезії з основним металом та по товщині покриття.

Контроль зовнішнього виду проводиться для усіх виготовлених деталей, неозброєним оком в приміщенні з освітленням не менше 300 лк на відстані 25 см від контрольованої поверхні. Покриття має бути міцно зчепленим з металом, без лусок, сколів, пухирців, підгарів на гострих краях. Колір – сріблясто-білий з жовтуватим відтінком. Допускається більш темний колір в пазах та отворах, відтінки жовтого, синьо-фіолетового, світло-коричневого після термообробки, нерівномірність блиску, матові та блискучі ділянки. Допускається відсутність покриття в пазах, місцях шлакових, окисних та інших включень, на зварних та паяльних швах і навколо них на відстані не більше 2 мм в одну та іншу сторону від шва та у внутрішніх кутах взаємно-перпендикулярних площин.

Для контролю товщини відбирається від 0,1 до 1% партії деталей, не менше трьох. Контроль товщини відбувається методом краплі. Він включає витримку деталей до температури приміщення, після чого на деталь наносять з крапельниці з внутрішнім діаметром капіляру 1,5-2 одну краплю розчину, яку витримують деякий час. Далі розчин видаляють фільтрувальним папером, і на те саме місце знову наносять краплю розчину – алгоритм повторюється до повного розчинення покриття на ділянці. Використовується формула визначення товщини:

$$H_m = H_k(-0{,}5),$$

Де H_m – товщина покриття в мкм;

H_k – товщина покриття, яку знімає одна крапля розчину за виділений час, мкм;

n – кількість крапель, які використано для повного розчинення покриття.

Розчин складається з хлорного заліза 300 г/л та сірчанокислої міді 100 г/л, час витримки однієї краплі – 30 с, знак закінчення вимірювання – утворення рожевої плями.

Одним з методів контролю міцності адгезії є метод полірування. Деталь

полірують не менше 15 секунд, швидкість полірування – 20…30 м/с, круг з фетра або іншого матеріалу, паста крокусна або хромова. Після полірування на поверхні не має бути вздуття або відлущення покриття.

1.2 Основні технологічні розрахунки

1.2.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання

Річний фонд часу роботи обладнання визначають на основі режиму роботи підприємства та специфіки технологічного обладнання. Відрізняють номінальний (Тн) та фактичний (Тд) річні фонди часу. Номінальний річний фонд часу роботи обладнання розраховується, враховуючи, що кількість календарних днів у році Тк = 365, вихідні – Тв = 104; п'ятиденний двозмінний робочий тиждень тривалістю 80 годин:

$$T_{\text{н}} = \left((\text{Т}_{\text{к}} - \text{Т}_{\text{в}}) \cdot \frac{\text{т}_{\text{тим}}}{\text{т}_{\text{рб дн}}} \right) \cdot n_{\text{змн}} = \left((366 - 104) \cdot \frac{40}{5} \right) \cdot 2 = 4192 \text{ год.}$$

Розрахунок дійсного робочого фонду часу роботи обладнання проводять, виходячи з загальних річних витрат часу на простої обладнання $К_{пр}$ від номінального річного фонду часу. Для обладнання, яке працює в дві зміни $К_{пр}$ = 3 %:

$$\text{Т}_{\text{д}} = \text{Т}_{\text{н}} - \text{К}_{\text{пр}} \cdot \text{Т}_{\text{н}} = 4192 - 0{,}03 \cdot 4192 = 4066{,}24 \text{ год}$$

1.2.2 Визначення виробничої програми обладнання

Для того, щоб визначити річну виробничу програму обладнання, потрібно виробничу програму, яка надана у завданні, збільшити на величину виправного браку деталей $К_{бр}$. Приймають, що в загальному $К_{бр}$ = 2 %, отже річна виробнича програма обладнання в $м^2$ становить:

$$Р_р = Р_{звп} + К_{бр} \cdot Р_{звп} = 13000 + 0{,}02 \cdot 13000 = 13260 \frac{м^2}{рік}$$

Враховуючи кількість робочих днів у році, можна перерахувати на добову виробничу програму:

$$Р_{доб} = \frac{Р_р}{Т_{роб}} = \frac{13260}{262} = 50{,}61 \frac{м^2}{доба}.$$

Та на годинну виробничу програму, враховуючи дійсний робочий фонд часу:

$$Р_г = \frac{Р_р}{Т_д} = \frac{13260}{4066{,}24} = 3{,}26 \frac{м^2}{год}.$$

1.2.3 Розрахунок конструктивних розмірів ванни і коефіцієнту завантаження обладнання

Попередній розрахунок технологічного часу електроосадження покриття на болт з урахуванням низки параметрів:

$$\tau_т = \frac{\delta_п \cdot d_м \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{Bc \cdot k_e \cdot i_k} = \frac{9 \cdot 8{,}902 \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{0{,}98 \cdot 1{,}09 \cdot 2} = 22{,}5 \text{ хв.}$$

де δп – товщина покриття, мкм; dм – густина металу покриття, г/см3; Вс – катодний вихід за струмом; kе – електрохімічний еквівалент, г/А·год; iк – катодна середня густина струму, А/дм^2.

Час обслуговування, завантаження і вивантаження підвіски, в середньому приймають рівним 3 хв.

Сумою цих двох величин є тривалість обробки однієї підвіски:

$$\tau = \tau_{т} + \tau_{об} = 22{,}5 + 3 = 25{,}5 \text{ хв.}$$

Загальну кількість завантажень розраховують, враховуючи дійсний річний фонд часу, час обробки однієї підвіски та коефіцієнт, який враховує витрати часу на запуск обладнання, допоміжні операції та вивантаження ванни. $К_{об}$ для двозмінного графіку приймають рівним 1,1:

$$\sum N = \frac{T_{д} \cdot 60}{\tau \cdot К_{об}} = \frac{4066{,}24 \cdot 60}{25{,}5 \cdot 1{,}1} = 8698.$$

Разове завантаження усіх ванн:

$$N_{оз} = \frac{Р_{р}}{\sum N} = \frac{13260}{8698} = 1{,}52 \text{ м}^2.$$

Далі проводять перерахунок існуючого обладнання, яке встановлене в цеху та оцінюють можливість здійснення річної програми на цьому обладнанні.

Кількість деталей, які покриваються нікелем за одне завантаження:

$$n = \frac{N_{оз}}{S_{д}} = \frac{1{,}52}{0{,}028} = 54{,}28 = 54.$$

Для виконання річної програми обираємо дві ванн, максимальна загрузка кожної – 36 болтів. Схема розміщення болтів на підвісці у ванні приведена на рисунку 1.1

Деталі кріпляться до анодної штанги шляхом затискання на підвісці.

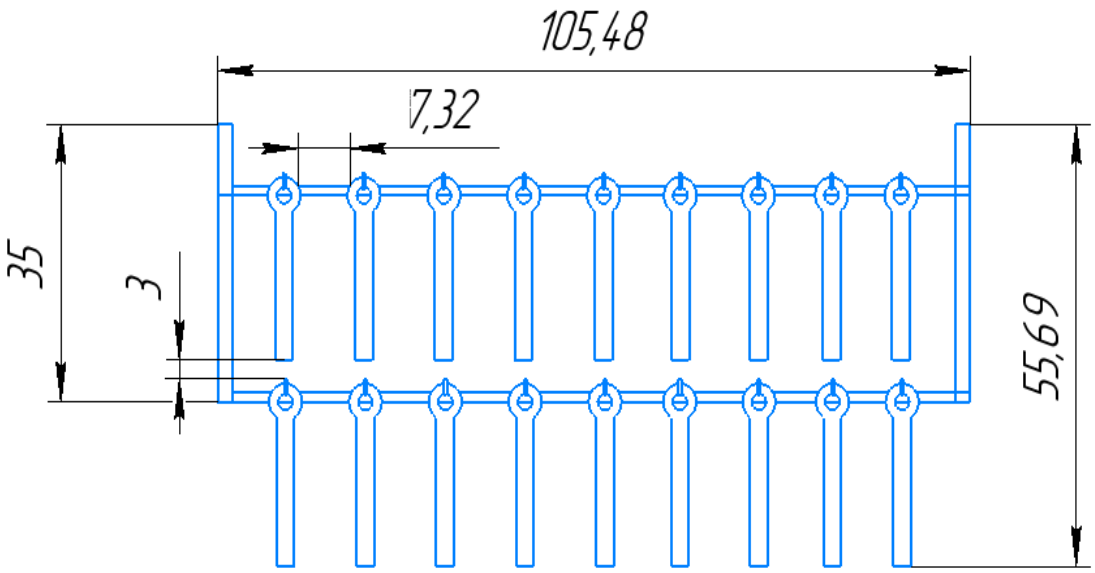

Рисунок 1.2. Бокова проекція схеми підвіски, розміри в см

Далі розраховуються габарити ванни.

Внутрішня довжина ванни:

$$l = l_n + 2 \cdot l_1 = 1{,}055 + 2 \cdot 0{,}1 = 1{,}25 \text{ м.}$$

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

Внутрішня ширина ванни:

$$B = B_n + 2 \cdot l_{a-k} + 2 \cdot B_a + 2 \cdot B_1 = 0{,}2 + 2 \cdot 0{,}15 + 2 \cdot 0{,}05 + 2 \cdot 0{,}05 = 0{,}7 \text{ м.}$$

B – внутрішня ширина ванни; B_n – товщина підвіски; B_a – товщина анодів; B_1 – відстань між анодом і боковою стінкою ванни, приймають 0,05...0,10 м;

Внутрішня висота ванни:

$$h = h_n + h_1 + h_2 + h_3 = 0{,}556 + 0{,}15 + 0{,}05 + 0{,}1 = 0{,}9 \text{ м.}$$

Площа деталей, які прийнято до нанесення покриття:

$$S_{n1} = 0{,}028 \cdot 72 = 2{,}016 \text{ м}^2.$$

Площа дійсного нанесення покриття:

$$S_{n2} = 0{,}028 \cdot 54 = 1{,}51 \text{ м}^2.$$

Площа покриття в одній ванні:

$$S_n = 0{,}028 \cdot 27 = 0{,}755 \text{ м}^2.$$

Річна продуктивність обладнання:

$$\text{Р}'_\text{р} = \frac{S_n \cdot \text{Т}_\text{д} \cdot 60}{\tau \cdot \text{К}_\text{об}} = \frac{2{,}016 \cdot 4066{,}24 \cdot 60}{25{,}5 \cdot 1{,}1} = 17534 \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт завантаження:

$$\text{К}_\text{зав} = \frac{\text{Р}_\text{р}}{\text{Р}'_\text{р}} = \frac{13260}{17534} = 0{,}756.$$

1.2.4 Баланс електрики на ванні

Для визначення сили струму на одній гальванічній ванні необхідно врахувати площу поверхні на яку наноситься покриття при разовому завантаженні ванни. Для даної деталі нанесення покриття проводиться лише для зовнішньої поверхні. Приймаючи коефіцієнт, що враховує втрати електрики $К_к$ =1,15.

$$I = K_K \cdot i_k \cdot S_n = 1{,}15 \cdot 2 \cdot 1{,}51 = 173{,}9 \text{ А}$$

У сульфатному електроліті нікелювання на електродах протікають наступні процеси:

На катоді:

1. $Ni^{2+} + 2e = Ni^{0}$

2. $2H^{+} + 2e = H_2$

На аноді

3. $Ni^{o} = Ni^{2+} + 2e$

Сила струму, яка витрачається на кожну реакцію складає:

На катоді:

$$I_1 = I\frac{Bc_1}{100} = 173{,}9\ \frac{98}{100} = 170{,}4\ \text{А}.$$

$$I_2 = I\frac{Bc_2}{100} = 173{,}9\ \frac{2}{100} = 3{,}5\ \text{А}.$$

На аноді:

$$I_3 = I\frac{Bc_3}{100} = 173{,}9\ \frac{100}{100} = 173{,}9\ \text{А}.$$

В таблиці 1.3 зведено баланс електрики ванни нікелювання.

Таблиця 1.3 Баланс електрики на ванні нікелювання

Надходження	Q, А·год	%	Витрати	Q, А·год	%
На катоді					
Від зовнішнього джерела струму	173,9	100	Відновлення йонів гідрогену	3,5	2
			Відновлення йонів нікелю	170,4	98
Разом	173,9	100		173,9	100
На аноді					
Від зовнішнього джерела струму	173,9	100	Окиснення нікелю	173,9	100
Разом	173,9	100	Разом	173,9	100

1.2.5 Баланс напруги на гальванічній ванні

Сумарна робоча напруга на гальванічній ванні складається з різниці електродних потенціалів, омічного падіння напруги, падіння напруги в провідниках першого роду та контактах.

$$U_{\text{В}} = E_{i_a} - E_{i_k} + \Delta U_{\text{ом.ел-т}} + \Delta U_{\text{ом.1р}} + \Delta U_{\text{ом.к.}} = \Delta E + \Delta U_{\text{ом.ел-т}} + \Delta U_{\text{ом.1р}} + \Delta U_{\text{ом.к.}}$$

Електродний потенціал аноду при нікелюванні складає +0,43 В, електродний потенціал катоду -0,73 В.

Різниця потенціалів:

$$\Delta E = E_{i_a} - E_{i_k} = 0{,}43 + 0{,}73 = 1{,}16 \text{ В}.$$

Омічне падіння напруги в сульфатному електроліті нікелювання розраховується за формулою:

$$\Delta U_{\text{ом.ел-т}} = K_k \cdot i_{cp} \cdot l_{a-k} \cdot \rho_{\text{ел-т}} = 1{,}15 \cdot \sqrt{2 \cdot 1} \cdot 0{,}15 \cdot 2{,}5 = 0{,}6 \text{ В}.$$

де $К_к$ – коефіцієнт газонаповнення; $i_{ср}$ – середня густина струму, А/м^2; l_{a-k} – відстань між анодом і краєм підвіски, м; $\rho_{ел-т}$ – питома електрична провідність розчину електроліту, Ом/м.

Для розрахунків приймають, що падіння напруги у провідниках першого роду та на контактах не перевищує 10%, тому:

$$U_B = \frac{\Delta E + \Delta U_{\text{ом.ел-т}}}{0{,}9} = \frac{1{,}16 + 0{,}6}{0{,}9} = 1{,}95 \text{ В}.$$

Тоді припускають, що:

$$\Delta U_{\text{ом.1р}} + \Delta U_{\text{ом.к.}} = \sum U_{\text{ом}} = 1{,}95 \cdot 0{,}1 = 0{,}195 \text{ В}$$

Тоді мінімальна напруга джерела струму складає:

$$U_{дс} = 1{,}1 \cdot U_B = 1{,}95 \cdot 1{,}1 = 2{,}145 \text{ В}.$$

В таблиці 1.4 зведено баланс напруги на електролізері.

Таблиця 1.4 - Баланс напруги на електролізері

Надходження	В	%	Витрати	В	%
Напруга на ванні	1,95	100	Різниця потенціалів під струмом	1,16	59,49
			Падіння напруги в електроліті	0,6	30,51
			Падіння напруги в провідниках першого роду і контактах	0,195	10
Разом	1,95	100	Разом	1,95	100

Розрахунок необхідної потужності джерела струму ведеться за формулою:

$$N_{дс} = U_{дс} \cdot I \cdot 10^{-3} \rightarrow 2{,}145 \cdot 173{,}9 \cdot 10^{-3} = 0{,}373 \text{ кВт}.$$

Отже, для джерела струму підходить пристрій ТЕ1-400/12Т з такими характеристиками:

- Вихідна напруга – 12 В;
- Номінальний струм – 400 А.

Паспортна потужність пристрою складе:

$$N_{пасп} = 12 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 4{,}8 \text{ кВт}.$$

Коефіцієнт завантаження даного випрямного агрегату складе:

$$К = \frac{N_{дс}}{N_{пасп}} = \frac{0{,}373}{4{,}8} = 0{,}075.$$

1.2.6 Розрахунок споживання електричної енергії

Електрична енергія $W_{заг}$, що підводиться до електролізеру, перетворюється на хімічну $W_{хім}$ та теплову енергію (джоулеву теплоту) $W_{дж}$.

$$W_{заг} = W_{хім} + W_{дж}.$$

Джоулева теплота – теплота, що витрачається на розігрівання електроліту при проходженні через нього електричного струму, хімічна енергія витрачається на зміну матеріального стану систему внаслідок перебігу електрохімічних реакцій.

Загальна електрична енергія, яка витрачається на перебіг процесу визначається з формули:

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

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

$$W_{заг} = 1{,}95 \cdot 173{,}9 \cdot \frac{25{,}5}{60} \cdot 3600 \cdot 10^{-3} = 518{,}8 \text{ кДж}.$$

Для гальванічних процесів, які ідуть із розчинними анодами з виходом за струмом на катоді, близьким до 100 % Wзаг ≈ Wдж.

В таблицю 1.5 вносять проведені розрахунки для балансу енергії.

Таблиця 1.5 – Баланс електричної енергії на ванні нікелювання

Надходження	кДж	%	Витрати	кДж	%
Електрична енергія від джерела струму	518,8	100	Джоулева енергія Хімічна енергія	518,8	100 0
Разом	518,8	100	Разом	518,8	100

1.2.7 Тепловий розрахунок гальванічної ванни

Гальванічне нікелювання проходить в сульфатному електроліті за температури 45 градусів. Розрахунок проводиться для визначення кількості теплоти, яка потрібна на початковий розігрів ванни нікелювання.

Вона складається з витрат теплоти на розігрів електроліту, ванни, анодів, і теплоти, яка йде на компенсацію втрат у навколишнє середовище:

$$Q_1 = (V_1 \cdot C_1 \cdot d_1 + C_2 \cdot m_2 + C_3 \cdot m_3) \cdot (t_e - t) =$$

$$= (0{,}63 \cdot 1170 \cdot 3{,}06 + 1{,}93 \cdot 50 + 0{,}443 \cdot 77{,}4) \cdot (45 - 20) = 59657 \text{ кДж},$$

де C_1 = 3060 Дж/кг·К – теплоємність електроліту; d_1 = 1170 кг/м^3 – густина електроліту; V_1 = 0,63 – об'єм електроліту, м^3; C_2 = 1,93 кДж/кг·К – теплоємність корпусу ванни; m_2 = 50 кг – маса ванни; C_3 = 0,443 кДж/кг·К– теплоємність анодів; m_3 = 77,4 – маса анодів, кг.

$$V_1 = K_{\text{зап}} \cdot V_{\text{ванни}} = 0{,}8 \cdot (0{,}7 \cdot 1{,}25 \cdot 0{,}9) = 0{,}63 \text{ м}^3.$$

де $K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт заповнення ванни;

t_e та t – температури процесу електролізу та навколишнього середовища, градуси Цельсія.

Масу анодів розраховуємо з орієнтовної анодної густини струму:

$$S = \frac{173{,}9}{100} = 1{,}739 \text{ м}^2$$

$$m_3 = S \cdot d_3 \cdot \delta_{\text{к}} = 1{,}739 \cdot 8902 \cdot 0{,}005 = 77{,}4 \text{ кг}.$$

$$Q_2 = Q_3 + Q_4$$

Значення Q_3 та Q_4 розраховуються як:

$$Q_3 = q_3 \cdot F_k \cdot \tau_p$$

$$Q_4 = q_4 \cdot F_e \cdot \tau_p$$

Де F_k та F_e є площами ванни та дзеркалу електроліту, м^2;

τ_p – розігрів ванни у секундах;

q_3 та q_4 – величини витрат теплоти через стінки та дзеркало:

$$q_3 = b_0 \cdot b_1 \cdot t_e = -24{,}85 + 1{,}357 \cdot 45 = 36{,}215 \text{ Вт/м}^2$$

$$q_4 = 82 + 0{,}0115 \cdot t^3 = 82 + 1129{,}93 \text{ Вт/м}^2$$

$$F_k = 2{,}29 \text{ м}^2$$

$$F_e = 0{,}8785 \text{ м}^2$$

Тоді:

$$Q_3 = 36{,}215 \cdot 2{,}29 \cdot 3600 = 298{,}56 \text{ кДж}$$

$$Q_4 = 1129{,}93 \cdot 0{,}8785 \cdot 3600 = 3573{,}5 \text{ кДж}$$

Таким чином, витрати теплоти на розігрів електроліту складуть:

$$Q_{\text{роз}} = Q_1 + \frac{Q_2}{2} = 59657 + \frac{3872}{2} = 61\,593 \text{ кДж.}$$

Максимально можлива температура розігріву розчину електроліту розраховується за формулою:

$$t_k = 45 + \frac{W_{\text{дж}}}{V_1 \cdot C_1 \cdot d_1 + C_2 \cdot m_2 + C_3 \cdot m_3}$$

Тоді:

$$t_k = 45 + \frac{518{,}8}{0{,}63 \cdot 3{,}06 \cdot 1170 + 1{,}93 \cdot 50 + 0{,}443 \cdot 77{,}4} = 45{,}21 \text{ °C}$$

1.2.8 Визначення витрат теплоти на підтримання робочої температури ванни

Теплота, необхідна на підтримання робочої температури, є суміщенням витрат теплоти на підігрів підвіски з деталями, які опускаються у ванну, і втратами теплоти у навколишнє середовище, з урахуванням джоулевої теплоти, яка утворюється при електролізі:

$$Q_{\text{роб}} = Q_2 + Q_5 - W_{\text{дж}}$$

Q_5 визначається як:

$$Q_5 = (C_5 \cdot m_5 + C_6 \cdot m_6) \cdot (t_e - t),$$

де C_5 та C_6 стосуються масових теплоємностей матеріалу підвіски та нікельованих деталей, а m_5 та m_6 – маси підвіски та деталей, які на ній оброблюються.

$$Q_5 = (0{,}5 \cdot 5 + 0{,}5 \cdot 27) \cdot (45 - 20) = 400 \text{ кДж},$$

Отже:

$$Q_{\text{роб}} = 3872 + 400 - 518{,}8 \ = 3753{,}2 \text{ кДж}.$$

Розрахунок витрат електроенергії для розігріву ванни ТЕН протягом години:

$$W_{\text{роз}} = \left(\frac{Q_{\text{роз}}}{3600}\right) \cdot 10^{-3} = \left(\frac{61593000}{3600}\right) \cdot 10^{-3} = 17 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Розрахунок електроенергії для підтримування температури у ванні:

$$W_{\text{роб}} = \left(\frac{Q_{\text{роб}}}{3600}\right) \cdot 10^{-3} = \left(\frac{3753200}{3600}\right) \cdot 10^{-3} = 1{,}04 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Загальна потужність ТЕН для розігріву ванни складе:

$$N_{\text{роз}} = \frac{W_{\text{роз}}}{\tau} = \frac{17}{1} = 17 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

$$N_{\text{роб}} = \frac{W_{\text{роб}}}{\tau} = \frac{1{,}04}{1} = 1{,}04 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Загальні витрати на підтримку роботи 4 ТЕН Rotkappe потужністю 5 кВт складуть:

$$W_{\text{заг}} = \left(W_{\text{роз}} \cdot T_{\text{діб}} + W_{\text{роб}} \cdot T_{\text{Д}}\right) \cdot n_{\text{в}} = (17 \cdot 262 + 1{,}04 \cdot 4066{,}24) \cdot 2 = 17365 \text{ кВт.}$$

1.2.9 Розрахунок витрат матеріалів

Цей розділ призначений для визначення річних потреб цеху у вихідній сировині та матеріалах для нанесення нікелевого покриття.

1.2.9.1 Розрахунок витрат анодів

Витрати анодів на запуск установки (кг) визначаються за формулою:

$$G_{\text{аз}} = K_1 \cdot K_2 \cdot n_{\text{аш}} \cdot I_B \cdot h_B \cdot \delta_a \cdot d_a \cdot n_B,$$

де K_1 = 0,6 – коефіцієнт, який враховує співвідношення сумарної ширини анодів до довжини ванни;

K_2 = 0,8 – коефіцієнт, який враховує співвідношення анодів та висоти ванни;

$n_{аш}$ = 2 – кількість анодних штанг у ванні;

$l_в$ = 1,25 м – внутрішня довжина ванни;

$h_в$ = 0,9 м – внутрішня висота ванни;

d_a = 8902 кг/м^3 – густина матеріалу анодів;

δa = 0,05 *м* – товщина анодів;

n_B = 2 – кількість ванн даного типу.

Тоді витрати розчинних анодів будуть розраховані:

$$G_{аз} = 0{,}6 \cdot 0{,}8 \cdot 2 \cdot 1{,}25 \cdot 0{,}9 \cdot 8902 \cdot 0{,}05 \cdot 2 = 961 \text{ кг}$$

1.2.9.2 Витрат розчинних анодів на виконання річної виробничої програми

Ці витрати визначаються як:

$$G_{ар} = S \cdot A_р \cdot \delta_{п,}$$

де $S = 13260 м^2$- площа покриття у річній програмі;

$\delta_п$ = 9 мкм – товщина покриття;

$A_р$ = норма витрат розчинних анодів для нанесення покриття товщиною 1 мікрометр, визначається формулою:

$$A_р = d_М(1 + 0{,}06) \cdot 10^{-6}, \frac{кг}{м^2},$$

де $d_М$ – густина металу покриття, кг/м^3;

$$A_р = 8902 \cdot 1{,}06 \cdot 10^{-6} = 0{,}009436 \frac{кг}{м^2}.$$

$$G_{ар} = 13260 \cdot 0{,}009436 \cdot 9 = 1126{,}1 \text{ кг}.$$

1.2.9.3 Розрахунок витрат хімічних реактивів на початковий запуск обладнання

Витрати компонентів розчину визначаються формулою:

$$G_i = C_i \cdot V_B \cdot n_B,$$

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

$V_В$ =0,63 м^3 – робочий об’єм ванни;

$n_В$ = 2 – кількість ванн даного типу.

Електроліт складається з наступних речовин(та їх концентрації):

C_{NiSO_4}= 120 кг/м^3

$C_{Na_2SO_4}$= 80 кг/м^3

$C_{H_3BO_3}$= 25 кг/м^3

C_{NaCl}= 10 кг/м^3

C_{MgSO_4}= 30 кг/м^3

Тоді витрати компонентів на запуск виробництва будуть становити:

G_{NiSO_4}= 120· 0,63 ·2 = 151,2 кг.

$G_{Na_2SO_4}$= 80· 0,63 ·2 = 100,8 кг.

$G_{H_3BO_3}$= 25· 0,63 ·2 = 31,5 кг.

G_{NaCl}= 10· 0,63 ·2 = 12,6 кг.

G_{MgSO_4}= 30· 0,63 ·2 = 37,8 кг.

1.2.9.4 Розрахунок витрат хімічних реактивів на виконання річної виробничої програми

Витрати компонентів на рік розраховуються як:

$$G_i = C_i \cdot V_{BT}, \text{кг}$$

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

Величина визначається за формулою:

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

де S = 13260 м^2 – загальна поверхня болтів, яка має бути обробленою за рік. Коефіцієнт 1,15 враховує занурену площу підвісок.

A_e = $1{,}5 \cdot 10^{-4}$м^3/м^2 – норма виносу електроліту разом з деталями.

Сумарний об'єм електроліту, який буде винесено з ванни при роботі, складає:

$$V_{BT} = 1{,}15 \cdot 13260 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-4} = 2{,}28 \text{ м}^3$$

Витрати всіх компонентів на виконання річної програми будуть становити:

G_{NiSO_4}= 120· 2,28 = 273,6 кг.

$G_{Na_2SO_4}$= 80· 2,28 = 182,4 кг.

$G_{H_3BO_3}$= 25· 2,28 = 57 кг.

G_{NaCl}= 10· 2,28 = 22,8 кг.

G_{MgSO_4}= 30· 2,28 = 68,4 кг.

1.2.9.5 Розрахунок витрат води на приготування електроліту

Витрати води на приготування електроліту визначаються за формулою:

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

де C_{H_2O} – вміст води в 1 м^3 електроліту, кг/м^3.

$V_{заг}$ – сумарні витрати електроліту на виконання робочого процесу, м^3.

Величина C_{H_2O} для нанесення нікелевого покриття визначається формулою:

$$C_{H_2O} = d_{ел} - (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5),$$

де $d_{ел}$= 1170 кг/м^3 – густина електроліту;

C_1-C_5 – вміст компонентів розчину, кг/м^3;

$$C_{H_2O} = 1170 - (120 + 80 + 25 + 10 + 30) = 905\,\frac{кг}{м^3}.$$

Витрати електроліту на заповнення ванн:

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

де V_B = 0,63 м^3 – об'єм ванни;

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

n_B = 2 – кількість ванн даного виду.

V_{BT} = 2,28 м^3 – об'єм електроліту, який буде винесено з ванни.

Тоді витрати електроліту складуть:

$$V_{заг} = 0{,}63 \cdot 0{,}8 \cdot 2 + 2{,}28 = 3{,}288 \text{ м}^3.$$

В такому випадку кількість води, яка знадобиться для приготування електроліту нікелювання, складе:

$$G'_{H_2O} = 905 \cdot 3{,}288 = 2\,975{,}6 \text{ кг}.$$

1.2.9.6 Розрахунок витрат води на розкладання при електролізі

Під час електролізу частина води розкладається. Витрати на цей процес складуть:

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

де B'_c = 2% - вихід за струмом процесу розкладання води. Тоді:

$$C''_{H_2O} = 173{,}9 \cdot \frac{18 \cdot 4066{,}24 \cdot 2}{2 \cdot 26{,}8} \cdot 10^{-5} = 4{,}749 \text{ кг}.$$

1.2.9.7 Витрати води на винесення з газами

Рівняння розрахунку води, яку винесе разом з газами виглядає як:

$$C'''_{H_2O} = C'_{H_2O} \cdot V_г^t \cdot n_В,$$

де C'_{H_2O} - вода, яку виносить з ванни у 1 м^3 газів, кг/м^3;

$V_г^t$ = об'єм вологого газу, який буде виділятися за температури електролізу, м^3.

Величина C'_{H_2O} буде визначена як:

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

де P_{H_2O} – парціальний тиск пару води за температури електролізу;

$P_б$ – спільний тиск газової суміші:

$$C'_{H_2O} = 0{,}805 \cdot \frac{93}{1013{,}25 - 93} = 8{,}13 \cdot 10^{-2}\,\frac{кг}{м^3}.$$

Визначення величини $V_г^t$ починається з визначення об'єму водню, який приведений до нормальних умов:

$$V_{H_2}^0 = 0{,}63 \cdot I \cdot T_д \cdot B'_c \cdot 10^{-5}$$

Тобто:

$$V_{H_2}^0 = 0{,}63 \cdot 173{,}9 \cdot 4066{,}24 \cdot 2 \cdot 10^{-5} = 8{,}9\ м^3.$$

Тоді об'єм волого газу з ванни виробництва:

$$V_г^t = \frac{V_{H_2}^0 \cdot 1013{,}08 \cdot (273 + t_{ел})}{273 \cdot (P_б - P_{H_2O})},$$

$$t_{ел} = 25°C.$$

$$V_г^t = \frac{8{,}9\ \cdot 1013{,}08 \cdot (273 + 45)}{273 \cdot (1013{,}08 - 93)} = 10{,}36\ \ м^3.$$

Таким чином витрати води на винесення з газами становлять:

$$C'''_{H_2O} = 8{,}13 \cdot 10^{-2} \cdot 10{,}36 \cdot 2 = 1{,}68\ кг.$$

1.2.9.8 Розрахунок води на випаровування з поверхні електроліту

Витрати складуть при температурі електролізу:

$$C^{IV} = T_д \cdot q_{H_2O} \cdot S_e \cdot n_в,$$

де q_{H_2O} – швидкість випаровування води за температури електролізу протягом години, приймається 1,5. Розрахунок:

$$C^{IV} = 4066{,}24 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}875 \cdot 2 = 10673\ кг.$$

1.2.9.9 Розрахунок витрат води на промивні операції

При двоступеневому процесі промивання виробів зануренням погодинна витрата води визначається формулою:

$$2^{V}_{\text{год}} = A_e \cdot \sqrt{K} \cdot P_{\text{г}}$$

де $A_e = 1{,}5 \cdot 10^{-4} \text{м}^3/\text{м}^2$ – норма виносу розчину з ванни з деталями;

$P_{\text{г}} = 3{,}26\ \text{м}^2/\text{год}$ - виробнича програма на годину роботи;

К – показник остаточного промивання деталей, визначається розрахунком:

$$\text{К} = \frac{\text{C}_0}{\text{C}_\text{К}}$$

де $\text{C}_0 = 120\,\frac{\text{г}}{\text{л}}$ – концентрація компонента(Ni^{2+}), який промивається після процесу;

$\text{C}_\text{К}$ = 0,02 г/л – ГДК цього компоненту у воді після операції промивання.

Завдяки установці уловлювального приладу, у розрахунки введено коефіцієнт = 0,4.

$$\text{К} = \frac{28}{0{,}02} \cdot 0{,}4 = 560$$

В такому випадку погодинна витрата води складатиме:

$$2^{V}_{\text{год}} = 1{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{560} \cdot 3{,}26 = 11{,}57\ \text{л/год}$$

Загальні витрати води на операції промивання за виконання виробничого плану становитимуть:

$$V_{\text{сум}} = 2^{V}_{\text{год}} \cdot \text{T}_\text{д} \cdot 1{,}5.$$

Коефіцієнт = 1,5 необхідний для врахування падіння водного тиску.

Таким чином сумарні витрати води на промивання складуть:

$$V_{\text{сум}} = 11{,}57\ \cdot 4066{,}24 \cdot 1{,}5 = 70569\ \text{дм}^3.$$

2. АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАЛЬВАНІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Автоматизація процесів у хімічному виробництві є надзвичайно важливим та ефективним способом покращити та контролювати технологічний процес, завдяки чому зростає ефективність праці та зменшується навантаження на працівників.

Хімічне підприємство вимагає деяку кількість врахованих факторів під час планування автоматизованої лінії(в даному випадку – лінії нанесення нікелевого покриття), тому розробка такої автоматизації потребує певного переліку контролюючих, регулюючих та вимірювальних пристроїв.

В даному проекті автоматизація буде мати на меті виконання переліку умов:

- Електроліт витрачається по техрегламенту;
- Температура електроліту не порушує та відповідає техрегламенту;
- Концентрація розчину та його компонентів не виходять за межі техрегламенту;
- Режим електролізу проходить згідно техрегламенту;

Контрольовані та регульовані параметри складаються з pH, температури, рівня електроліту та показників струму ванни(напруга та густина).

В таблиці 2.1 показані параметри під контроль та регуляцію.

Таблиця 2.1 – Параметри регуляції та контролю ванни

№ п/п	Назва стадії процесу,місце заміру параметру	Назва параметру, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму	Вимоги до схеми автоматизації
1	Стадія нікелювання, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	рівень	0,7…0,75 м	контроль регулювання
2	Стадія нікелювання, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	сила струму	174 А	контроль регулювання

Продовження таблиці 2.1

	1	2	3	4
3	Стадія нікелювання, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	напруга на ванні	2,1 В	контроль
4	Стадія нікелювання, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	температура	45…50 ℃	контроль регулювання

Автоматизація рівню та складу розчину електроліту дозволяє запобігти ймовірним їх змінам під час роботи ванни, допомагаючи уникнути погіршення покриття через дисбаланс складу та рівня електроліту.

Регуляція та контроль температури необхідні, оскільки присутнє нагрівання, необхідне для зменшення крихкості нанесеного нікелю.

Регуляція сили струму та контроль дозволяють покращити якість покриття запобіганням зменшенню густини струму.

Контроль і регуляція температури здійснюються термоперетворювачем опору(1-1) та вторинним показувальним приладом (1-2).

Контроль рівня в гальванічній ванні оформлено через передавальний перетворювач рівня з пневматичним вихідним сигналом (2-1), приладом вторинним показувальним (2-2) та вторинні прилади з дистанційним керуванням (2-4), з сідельним клапаном (2-5).

Контроль та регуляція сили струму здійснюється за допомогою випрямного агрегату (3-1) та його пультом управління (3-2).

3. ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

3.1 Опис підприємства та його структури

Виконання організаційно-економічної частини завдання згідно «Галузевої інструкції з планування, обліку виробництва та калькуляції собівартості на підприємствах хімічної промисловості» вимагає розрахунки техніко-економічних показників цеху нікелювання та собівартість продукції.

Результати розрахунків аналізуються, для вирішення актуальності побудови виробничого цеху підприємства.

Організаційно-правова форма: ФОП.Класифікаційні ознаки підприємства:

1) За формою власності – приватне;
2) За формою реєстрації – фіз. особа;
3) За спеціалізацію виробництва – вузькоспеціалізоване;
4) За масштабом виробництва – масове;
5) За ресурсами – матеріаломістке;
6) За потужністю – середнє;
7) За чисельністю персоналу – мале;
8) За вартістю власного майна – середнє;
9) За впливом на предмет праці – переробне;
10) За режимом роботи протягом року – позасезонне;
11) За призначенням продукції – промислові товари.

КВЕД: код 24.45, що включає нанесення нікелю на сталь.

Мета діяльності: задоволення потреб машинобудівної промисловості у болтах з нанесеним нікелевим покриттям для забезпечення захисних властивостей.

Підприємство вирішує наступні завдання:

1) Забезпечення споживачів якісною продукцією у відведених часових межах;
2) Недопущення збоїв у роботі підприємства (зриву поставки, випуску бракованої продукції, різкого скорочення обсягів виробництва і

зниження рентабельності);

3) Забезпечення персоналу підприємства заробітною платою,нормальними умовами праці;
4) Отримання доходу за рахунок реалізації споживачам виготовленої продукції.

Організаційна структура підрозділу виглядає:

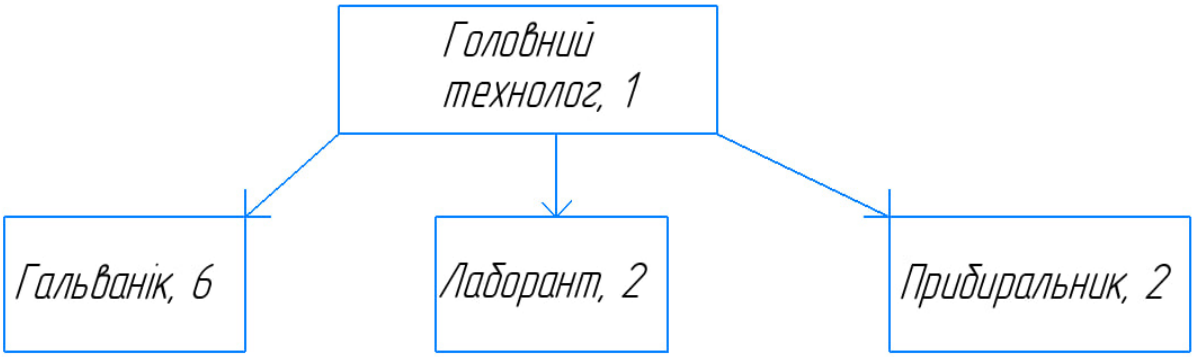

Рис. 3.1 – Організаційна структура виробництва

3.2 Технологічна підготовка підприємства

Опис технологічної схеми нанесення нікелевого покриття на болти подано в таблиці 3.1:

Таблиця 3.1 – Класифікація виробничих процесів

Вид виробничого процесу	Найменування операції	Тривалість, хв
1	2	3
Основні	1. Монтаж деталей; 2. Знежирення хімічне; 3. Промивання тепле; 4. Промивання холодне; 5. Активація хімічна; 6. Промивання холодне; 7. Міднення електроохімічне; 8. Промивання холодне; 9. Активація хімічна; 10. Промивання холодною водою; 11. Нікелювання електрохімічне; 12. Уловлювання; 13. Промивання холодне;	3 5 1 1 1 1 3 1 1 1 22,5 1 1

Продовження таблиці 3.1

1	2	3
	14. Промивання тепле; 15. Просушування стиснутим повітрям; 16. Просушування в сушильній машині; 17. Демонтаж; 18. Контроль якості.	1 3 35 3 5
	Загальна тривалість основного процесу:	89,5
Допоміжні операції:	1. Пакування і відправлення деталей на склад;	
	2. Приготування електролітів.	
Обслугову--ючі та побічні операції:	1. Коригування і аналіз розчинів;	
	2. Очищення стоків.	

Виробнича програма устаткування за рік складе:

$$P_р = P_{звп} + K_{бр} \cdot P_{звп} = 13000 + 0{,}02 \cdot 13000 = 13260 \frac{м^2}{рік}.$$

Враховуючи кількість робочих днів у році, можна перерахувати на добову виробничу програму:

$$P_{доб} = \frac{P_р}{T_{роб}} = \frac{13260}{262} = 50{,}61 \frac{м^2}{доба}.$$

Та на годинну виробничу програму, враховуючи дійсний робочий фонд часу:

$$P_г = \frac{P_р}{T_д} = \frac{13260}{4066{,}24} = 3{,}26 \frac{м^2}{год}.$$

Оскільки на виробництві дві зміни, продуктивність за одну зміну складе:

$$P_{змін} = \frac{50{,}61}{2} = 25{,}305 \text{ м}^2/\text{зміна}.$$

Забезпечення виконання плану нікелювання потребує таку кількість завантажень за зміну:

$$m_н = \frac{Р_{змін} \cdot n}{У_с} = \frac{25{,}305 \cdot 2}{0{,}755} = 67{,}03 = 68 \text{ завантажень за зміну.}$$

$У_с$ – це площа разового завантаження гальванічної ванни, а n – кількість ванн.

Наступним етапом є розрахунок випуску деталей для різних ВРПП:

$$N_{заван} = \frac{T_{посл\ в.ц.}}{\sum_{i=1}^{18} ti}.$$

Тобто:

$$N_{заван} = \frac{16 \cdot 60}{89{,}5} = 11.$$

$$B_{посл}^{річ} = 11 \cdot 262 \cdot 0{,}755 = 2\ 175{,}91\ м^2;$$

Графік послідовного ВРПП:

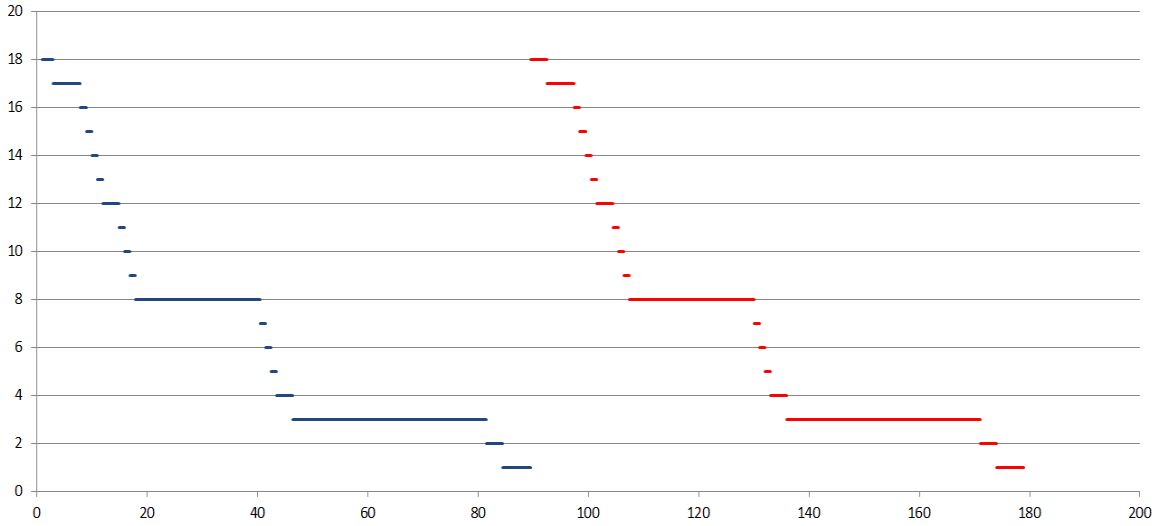

Рис. 3.2 Графік послідовного ВРПП

Розрахунки паралельного ВРПП:

$$N_{заван} = \frac{T_{пар\ в.ц} + t_{max} - \sum_{i=1}^{18} ti}{t_{max}}$$

Тобто:

$$N_{заван} = \frac{16 \cdot 60 + 35 - 89{,}5}{35} = 26$$

$$B_{\text{пар}}^{\text{річ}} = 26 \cdot 262 \cdot 0{,}755 = 5143{,}06 \text{ м}^2;$$

Графік паралельного ВРПП:

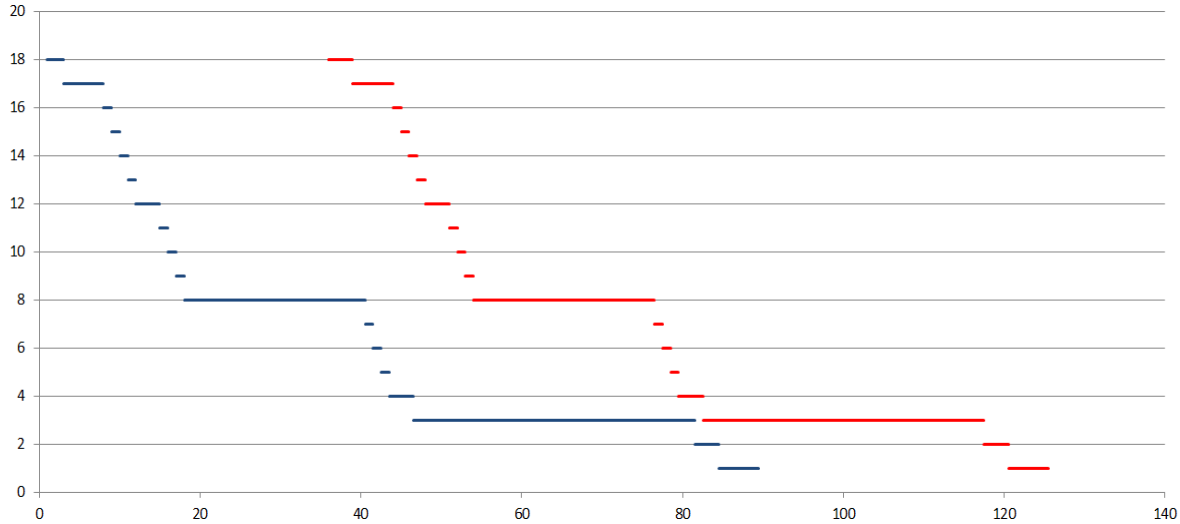

Рис. 3.3 Графік паралельного ВРПП

Розрахунок для синхронізованого ВРПП:

$$N_{\text{заван}} = 68 = \frac{T_{\text{пар в.ц}} + R - \sum_{i=1}^{18} ti}{R} = \frac{16 \cdot 60 + R - 89{,}5}{R},$$

де R = 13, що перевіряється розрахунком:

$$N_{\text{заван}} = \frac{T_{\text{пар в.ц}} + R - \sum_{i=1}^{18} ti}{R} = \frac{16 \cdot 60 + 13 - 89{,}5}{13} = 68;$$

$$B_{\text{син}}^{\text{річ}} = 68 \cdot 262 \cdot 0{,}755 = 13451{,}08 \text{ м}^2.$$

Графік синхронізованого ВРПП:

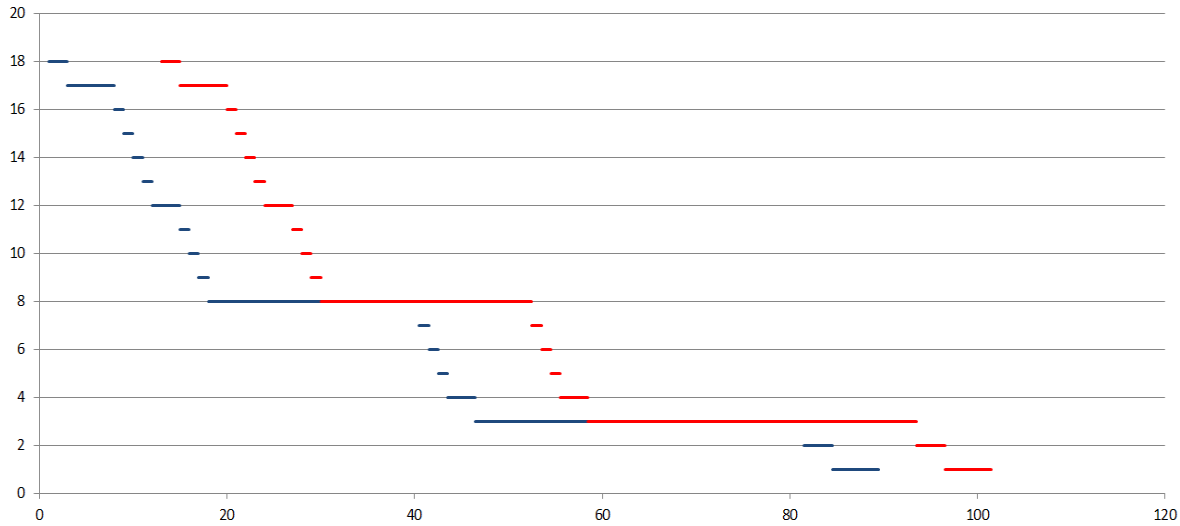

Рис. 3.4 Графік синхронізованого ВРПП

Розрахунки показують, що оптимальним графіком ВРПП, який задовольняє річну програму виробництва, є синхронізований з темпом 13 хвилин та 68 завантаженнями за день.

Повне виконання програми з ритмом роботи 13 хвилин потребує 1 ванну хім. знежирення, 1 ванни холодної та 1 ванни теплої промивок, 1 ванни активації, 2 ванни нікелювання, одна ванна уловлювання, 2 сушильних машин, 1 ванни міднення. Таким чином, загальна кількість обладнання складає 9 одиниць.

Персонал рахується явочно. Виконання програми робіт залучає 3 гальваніків, 1 лаборанта та 1 прибиральника.

$$Ч_{яв} = 5$$

За списком чисельність складе:

$$Ч_{сп} = Ч_{яв} \cdot K_{пер} = 5 \cdot \frac{\frac{16}{24} \cdot 262}{\frac{8}{24} \cdot 262} = 11$$

Графік роботи – Пн-Пт $7^{00} – 23^{00}$.

Одна бригада на зміну залучає 1 технолога, 3 гальваніків, лаборанта та прибиральника.

В таблиці 3.2 показано змінність персоналу.

Таблиця 3.2 – Графік роботи змін персоналу

	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд
Техн.1	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2	2	В	В
Бриг.1	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2	2	В	В
Бриг.2	2	2	2	2	2	В	В	1	1	1	1	1	В	В

На графіку 1 – це перша зміна (7^{00} по 15^{00}), 2 – друга (15^{00} по 23^{00}), В – вихідний.

Технічний контроль в цеху здійснюється по наступним об’єктам:

- Сировина;
- Устаткування і техпроцеси;
- Готові деталі;

- Тара, пакування та транспорт;
- Допоміжні процеси в цеху.

Все це контролюється лаборантом.

Контроль за видами:

- Рівень техконтролю – ручний;
- Визначені параметри – геометричні, якісні;
- За стадіями – вхідний, поточний та вихідний;
- За охопленням об’єктів контролю – груповий;
- За обсягом – вибірковий.

3.3 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

В таблиці 3.3 показані основні фонди підприємства.

Таблиця 3.3 – Основні фонди підприємства

Найменування	Кількість, од.	Вартість одиниці, грн	Вартість за всі одиниці, грн
Обладнання			
Ванна нікелювання	2	22500	45000
Ванна знежирення	1	12000	12000
Ванна промивання	2	10000	20000
Ванна уловлювання	1	12000	12000
Ванна активації	1	10 000	10000
Сушильна шафа	2	15000	30000
Ванна міднення	1	20000	20000
Невиробничі основні засоби			
Приміщення	1	500000	500000
Нематеріальні активи			
			50000
Транспорт			
Трубопроводи	1	30000	30000
Вентиляція		50000	50000
Загальні витрати			
Всього			776000

Термін експлуатації обладнання складе:

- Обладнання – 5 років;
- Меблів – 4 роки;
- Будівля – 20 років;
- Трубопровід, вентиляція – 15 років.

Ціна ремонту складе 0,05·ціну обладнання/термін експлуатації.

$$0{,}05 \cdot \frac{149000}{5} = 1490 \text{ грн на рік.}$$

Розрахунок амортизації основного фонду буде розраховано як відношення вартості до терміну експлуатації об'єкту:

$$A_i = \frac{\Phi^{\text{і}}_{\text{пп}}}{\text{Т}_{\text{експ}}}$$

Амортизація будівлі:

$$A_1 = \frac{500000}{20} = 25000 \text{ грн на рік;}$$

Обладнання:

$$A_2 = \frac{149000}{5} = 29800 \text{ грн на рік;}$$

Нематеріальні активи:

$$A_3 = \frac{50000}{3} = 16667 \text{ грн на рік;}$$

Транспорт:

$$A_4 = \frac{80000}{15} = 5334 \text{ грн на рік.}$$

Сумарна амортизація складе:

$$A = 25000 + 29800 + 16667 + 5334 = 76801 \text{ грн на рік.}$$

В таблиці 3.4 показані оборотні фонди підприємства.

Таблиця 3.4 – Основні оборотні фонди

Найменування	Кількість, кг	Одинична вартість, грн/кг	Річна вартість, грн/рік

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4
Нікель сульфат	273,6	615	168264
Натрій сульфат	182,4	53	9667
Борна кислота	57	130	7410
Натрій хлорид	22,8	14	319
Магній сульфат	68,4	60	4104
Вода	159	39,37	6259
Електроенергія	26 516	7,5	198870
Сумарна вартість			394893

3.4 Фонд оплати праці

Ставка зарплати працівників розраховується по такому тарифу:

$$ТС_i = \frac{8000 \cdot ТК_i}{262 \cdot 8} \text{ грн на годину,}$$

де 8000 складає мінімальну зарплату в місяць,

$ТК_i$ – тарифний коефіцієнт який залежить від тарифної сітки.

Отримуємо таблицю 3.5 з зарплатами працівників:

Таблиця 3.5 – Розрахунок сумарної зарплати за рік

Посада	Тарифний розряд	Тарифний коефіцієнт	Тарифна ставка	Денна зарплата грн./день	Річна зарплата, грн./рік	Кількість робітників	Зарплата за рік усіх робітників, грн./рік
Технолог	14	2,42	110,8	886,4	232237	1	232237
Лаборант	7	1,58	72,36	578,88	151666	2	303332
Гальванік	9	1,8	82,44	659,52	172794	6	1036764
Прибиральник	2	1,09	49,92	399,36	104632	2	209264
Сумарна зарплата							1781597

Таким чином фонд оплати праці складе:

$$Фоп = З + 0{,}22 \cdot З = 1781597 + 0{,}22 \cdot 1781597 = 2173548 \text{ грн/рік}$$

Де З – це зарплата за рік усім працівникам.

В таблиці 3.6 розраховано собівартість випуску покриття.

Таблиця 3.6 – Розрахунок собівартості покриття

Елемент витрат	Витрати	
	На річне виробництво, грн./рік	На одну деталь, грн./м^2
Амортизація	76801	5,7
Зарплата	1781597	137,05
Оборотні фонди	394893	30,37
Нарахування на соціальний внесок	262 537	20,2
Ремонт обладнання	1660	0,127
Виробнича собівартість	2519228	193,79
Невраховані витрати	503845	38,76
Цехова собівартість	3 023 073	232,54
Загальна собівартість	5 441 532	417,18

3.5 Техніко-економічні показники

- Прибуток складе:

$$П = Ц - С_з = 500 - 417{,}18 = 82{,}82 \text{ грн/м}^2$$

- Рентабельність:

$$Р = \left(\frac{П}{С}\right) \cdot 100\% = \frac{82{,}82}{417{,}18} \cdot 100\% = 19{,}85\%$$

- Капіталовкладення:

$$К = С_з - А + Оф = 5\ 441\ 532 - 76801 + 394893 = 5\ 759\ 624 \text{ грн.}$$

- Коефіцієнт економ. ефективності:

$$E = \frac{П}{К} = \frac{82{,}82 \cdot 13451{,}08}{5\ 759\ 624} = 0{,}19$$

- Період повернення капіталовкладень:

$$Т_п = \frac{1}{E} = \frac{1}{0{,}19} = 5{,}6 \text{ років.}$$

- Явочна численність персоналу складе: 5 осіб на зміну.
- За списком численність персоналу складе: 11 осіб.
- Фондовіддача та фондоємність основних засобів складе:

$$ФВ_{обзс} = \frac{В}{Оз} = \frac{10088310}{776000} = 13, \qquad ФЄ_{обзс} = \frac{1}{ФВ_{обзс}} = \frac{1}{13} = 0{,}0769.$$

4. Екологічна безпека

4.1 Схема очищення стічних вод

Нанесення мідного та нікелевого покриття на даний болт супроводжується утворенням екологічно небезпечних та токсичних нікель-вмісних, мідновмісних та кисло-лужних стоків. Концентрація шкідливих речовин, які разом зі стоками потраплять у водойми, не має перевищувати їх ГДК.

Для захисту атмосферного повітря від потрапляння шкідливих викидів в промислових приміщеннях має бути встановлена спеціальна витяжна вентиляція, яка забезпечена фільтрами, водяною завісою, циклонами для уловлювання аерозолей кислот, лугів, газу, пилу. Стічні води виробництва повинні бути розділені на потоки: кислотно-лужні, , мідьвмісні, нікельвмісні, промивні води з механічними забрудненнями. Стічні води, що розділені на групи, повинні подаватись окремими потоками на очисні споруди. Розчини, які підлягають заміні після їх вироблення, мають бути регенеровані.

Обраним методом очистки є реагентний. Цей метод залучає використання лугу, який має зв’язати нікель у нерозчинний оксид. Наступним йде збір гідроксиду в окремий бак, а залишкові води проходять через кілька ступенів очищення.

Очистка вод полягає в проходженні через механічний, ультра- та осмотичний фільтри, що дозволяє отримати чисту воду, придатну як для виробництва, так і для вживання. Перед подачею в осмотичну остановку необхідна установка додаткового насоса задля отримання високого робочого тиску. Також додається антискалант, який дозволяє запобігти потраплянню в установку осмосу нерозчинних сполук заліза та карбонатів, які могли пройти попередні фільтри, і які потрібно видаляти, щоб установка не пошкодилась. Концентрат відправляється на утилізацію.

Схема очистки стічних вод подана на рисунку 4.1.

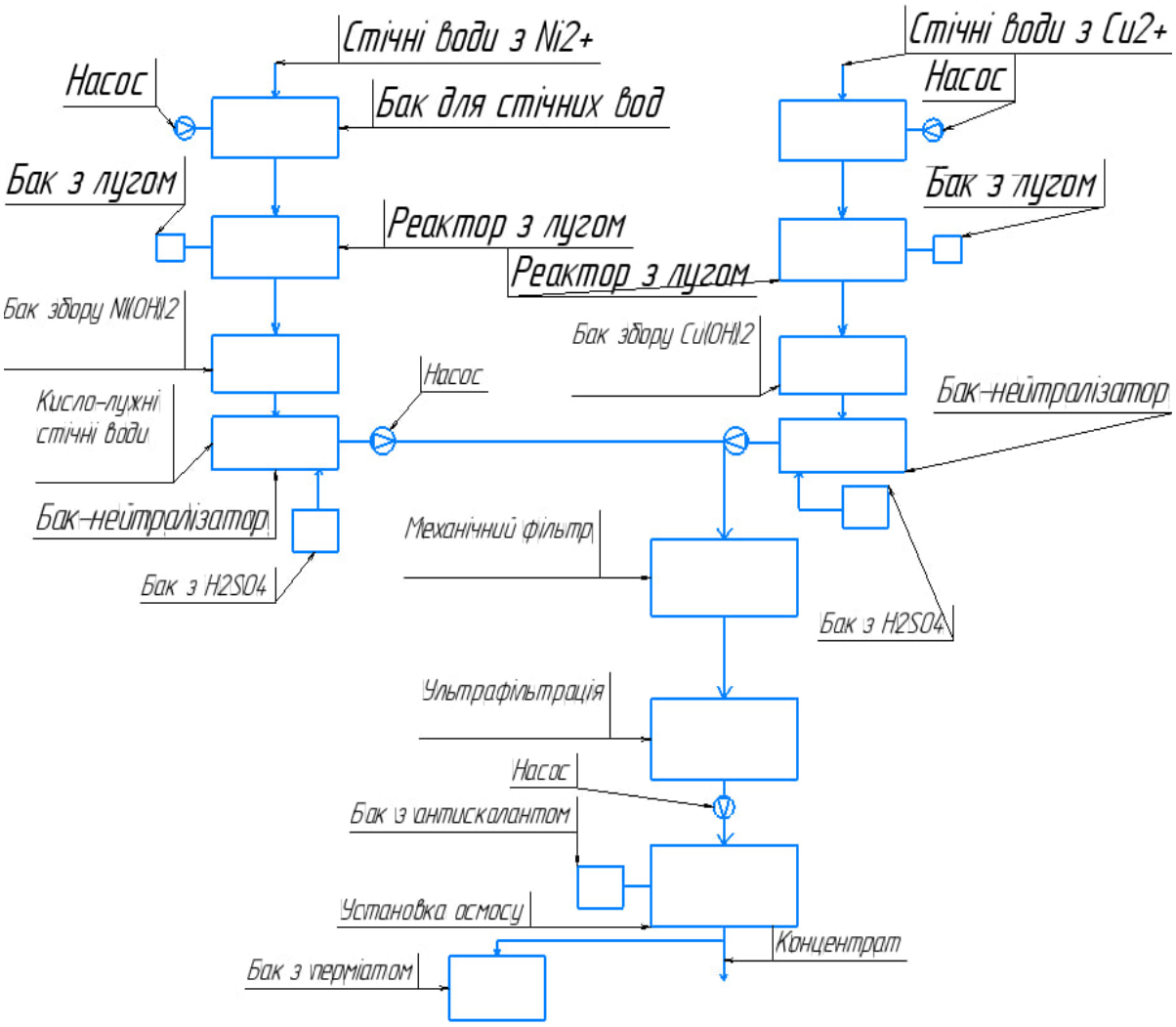

Рисунок 4.1 – Схема очистки стічних вод виробництва

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

В даному дипломному проекті було розроблено процес нанесення нікелевого покриття на сталеві болти.

Процес нанесення покриття є досить шкідливим, оскільки залучає агресивні, пожежонебезпечні матеріали, разом з вибухонебезпечними речовинами. Використовується кілька видів енергії: механічна, теплова, електрична. Виробничі та технічні рішення ухвалено з дотриманням вимог з охорони праці в цеху.

Цей розділ спрямовано на розробку безпечних умов праці за допомогою аналізу шкідливих факторів виробництва та забезпечення пожежної безпеки [16].

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

5.1.1. Повітря робочої зони

Робота, яка виконується в цьому гальванічному цеху, пов'язана з обслуговуванням технологічної лінії та, згідно з ДСН 3.3.6.042 – 99, може бути віднесена до категорії фізичних робіт середньої тяжкості IIб. У таблиці 5.1 наведені санітарні норми параметрів мікроклімату в робочій зоні приміщення, прийняті проектом, залежно від категорії тяжкості робіт та періоду року [16].

Таблиця 5.1 – Санітарні норми мікроклімату

Період року	**Категорія робіт**	Температура, °С					**Відносна вологість %**		**Швидкість руху, м/с**	
		Оптимальна	Допустима				Оптимальна	Допустима нна робочих місцях постійних і непостійних	Оптимальна, не більше ніж	Допустима на робочих місцях постійних і не постійних, не більше
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
			Пості-йних	Непос-тійних	Пості-йних	Непос-тійних				
Холодний	Середньої тяжкості - IIб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	0,4
Теплий		20-22	27	29	15	15	40-60	70(при 25 °С)	0,3	0,2-0,5

Також в таблиці 5.2 наведено санітарну характеристику проектованого цеху.

Таблиця 5.2 – Коротка санітарна характеристика проектованого цеху

Назва виробничої дільниці, лабораторії, установки	Шкідливі речовини, що виділяються, причина їх виділення	Група шкідливої речовини, характеристика шкідливого впливу	ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, м/мг	Клас небезпечності шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту	Засоби долікарської допомоги	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Клас виробництва згідно ДСП 173-96	Санітарна група технологічного процесу згідно ДБН В.2.2-28-2010
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ванна активації	H_2SO_4	Викликає опіки і подразнення слизових оболонок	1	2	Респіратор, захисні окуляри, халат, гумові рукавиці та чоботи	Промити великою кількістю води, 2% розчином соди	Нефело-метричний з хлоратом калію УГ-2	IV	3б
Ванна нікелювання	$NiSO_2$	При контакті може викликати подразнення, опіки	0,005	1	Респіратор, спеціальний одяг, спеціальне взуття та засоби захисту рук	Промити великою кількістю води	ХЖ-130 хромато-графрідинний	IV	3а

Продовження таблиці 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ванна активації	HCl	Подразнює верхні дихальні шляхи, викликає хімопіки	5	3	Резиновий спецодяг, фартуки, рукавички, чоботи робочі, захисні окуляри, респіратор	Промити великою кількістю води	Метод неперервної автоматичної реєстрації	IV	3б

Видалення шкідливих речовин з повітря забезпечується системою заходів, серед яких:

- Витяжна вентиляція, що видаляє нагріте повітря з цеху;
- Механічна загальнообмінна вентиляція, яка подає чисте вентильоване повітря в цех, можлива додаткова очистка або нагрівання повітря, балансування продуктивності з урахуванням суміжних приміщень.

Оскільки на виробництві можливе перевищення вмісту шкідливих речовин у повітрі, існує потреба у встановленні резервної, аварійної вентиляції, яка буде активована в разі потреби вручну або за перевищення показників газоаналізаторів цеху.

Ванни, задіяні у процесах, які залучають шкідливі виділення(наприклад, ванни активації та нікелювання), необхідно обладнати бортовими відсмоктувачами. Для покращення умов роботи в цеху встановлюється автомат з питною водою.

Можливі переохолодження робітників запобігаються тепловими повітряними завісами при вході в цех.

Можливі заходи з покращення якості повітря в робочій зоні включають:

- Зменшення виносу електролітів з ванн за допомогою короткої стоянки підвіски над ванною;

- Передбачення непроточних ванн вловлювання після нанесення нікелевого покриття для зниження кількості електроліту, який потрапляє в стічні води;
- Приготування і коригування електролітів під витяжкою, аби зменшити вдихання шкідливих речовин працівниками.

5.1.2 Виробниче освітлення

Проектований цех матиме природне, штучне і суміщення освітлення, природне матиме комбіновану систему, яка є сполученням верхнього і бічного освітлення. Проект передбачає використання систем штучного робочого, аварійного, евакуаційного, ремонтного і охоронного освітлення.

Норми освітлення та КПО, згідно ДБН В.2.5.28:2018, наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Норми освітленості і КПО цеху

Розряд і підрозряд зорової роботи	Освітленість, лк		КПО, %	
	Штучне		Природне	Суміщене
	Комбіноване	Загальне	Верхнє і бічне	Верхнє і бічне
IV6	500	200	4 і 1,5	2,4 і 0,9

Для освітлення виробничого приміщення передбачені люмінесцентні лампи низького тиску Philips TL-D потужність 18 Вт і високого тиску (типу ДРЛ). Для місцевого освітлення передбачене аварійне і евакуаційне освітлення, для якого використають світильники прямого типу. Для виміру і контролю освітленості в приміщеннях використовують цифрові люксметри UNI-T UT381A з періодичністю 1 раз на рік і після ремонту освітлювальних установок і заміни ламп. При аварійному освітленні мінімальна освітленість складає 5 % від нормованої, але не менше 2 лк.

Розрахуємо потік, необхідний для забезпечення заданої освітленості горизонтальної поверхні при загальному рівномірному освітленні з урахуванням

світла, що відбивається стінами та стелею, проводиться за формулою (для люмінесцентних ламп Philips TL-D):

$$F = E \cdot S \cdot z \cdot k/n \cdot u \cdot m,$$

де F – світловий потік однієї лампи, лм;

E – нормована освітлюваність, E = 500 лк;

S – площа приміщення, S = 100 м^2;

z – поправочний коефіцієнт світильника, z = 1,25;

k – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості при експлуатації, k = 1,1;

n – кількість світильників, n = 16;

u – коефіцієнт використання, що залежить від типу світильника, показника приміщення, відбиття і т. п., u = 0,6;

m – число люмінесцентних ламп у світильнику, m = 4.

$$F = \frac{500 \cdot 100 \cdot 1{,}25 \cdot 1{,}1}{16 \cdot 0{,}6 \cdot 4} = 1\,790 \text{ лм.}$$

Згідно ДСТУ EN 61195:2016, для забезпечення необхідного освітлення обираємо тип лампи ЛД з потужністю 18 Вт і визначаємо потужність освітлювальної системи:

$$W = P \cdot n \cdot m = 18 \cdot 16 \cdot 4 = 1\,150 \text{ Вт},$$

де W - потужність освітлювальної системи, Вт;

P – потужність однієї лампи, Вт.

5.1.3. Виробничий шум і вібрація

Основними джерелами шуму та вібрації в цеху є:

1. двигуни системи вентиляції;
2. рух автооператора;
3. робота системи охолодження;
4. генератори постійного струму і випрямлячі змінного струму;
5. допоміжні електроприводи.

Рівень шуму на даному виробництві сягає 88 дБА за даними лабораторних вимірів, що перевищує допустимий рівень звуку на робочих місцях (допустиме значення, згідно ДСН 3.3.6.037–99 – 80 дБА).

Дану ситуацію планується покращити різними засобами звукоізоляції та звукопоглинання, наприклад, обробкою приміщення звукопоглинаючим матеріалом, або глушником на повітропроводі, балансуванням приладів. Працівникам додатково видаються звукоізолюючі беруші 3M 1100 або навушники Egger. Знизити шум допоможе також правильне планування цеху, за якого від стін буде мінімально відбиватися звук, та установка перегородок між секціями.

5.1.4. Електробезпека

Гальванічний цех класифікується як особливо небезпечне приміщення через високий ризик ураження електричним струмом. Це пов'язано з наявністю хімічно активного середовища, яке пошкоджує електроізоляцію та струмопровідні частини обладнання. Ураження електричним струмом може статися при контакті з частинами обладнання під напругою через порушення ізоляції, а також через крокову напругу і електричну дугу.

Особливо небезпечними з точки зору можливого удару струмом є проводи з пошкодженою ізоляцією, ванни нанесення покриття, трансформатори.

Цех підключений до трьохфазної електричної мережі змінного струму з промисловою напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю.

Допустимі рівні напруг і струму, які можуть пройти через людину, становлять 2 В та 0,3 А, під час аварії – 36 В та 6 мА.

При порушенні цих норм можливий однофазний дотик до мережі струму, в цьому випадку буде розрахована кількість електрики, яка пройде через людину:

$$I_л = U_ф \cdot \frac{10^3}{R_л + R_0}, \text{мА};$$

Де Uф – 220 В, фазна напруга; Rл – 3000 Ом, загальний опір тіла; Ro – 4 опір робочого заземлення нейтралі, Ом.

$$I_л = 220 \cdot \frac{10^3}{3000 + 4} = 73{,}2 \text{ мА}$$

$$U_д = I_л \cdot R_л, \text{В}$$

$$U_д = 73{,}2 \cdot 1000 \cdot 3000 = 219{,}7 \text{ В}$$

Розраховані показники вказують на серйозний ризик електротравм.

Для запобіганням можливих контактів працівників зі струмом, залучено перелік заходів, наприклад, занулення, захисне відключення, вирівнювання потенціалів, використання низької напруги для ручних електроінструментів, ізоляцію струмоведучих частин, електричний поділ мереж, огороджувальні пристрої, блокування, сигналізацію, знаки безпеки та попереджувальні плакати. Безпека експлуатації при нормальному режимі електроустановок досягається завдяки наступним факторам: ізоляції струмоведучих частин (опір ізоляції не менше 0,5 МОм), недоступності струмоведучих частин і використанню низької напруги для переносних світильників.

5.1.5. Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

На виробництві можливі ситуації, що можуть призвести до травм персоналу і ушкодженню майна, а саме:

- Розлиття електроліту на підлогу, його потрапляння на працівника, що призведе до важких хімічних опіків, а також можливих алергічних реакцій на компоненти розчину;
- Поламка автооператора, що може призвести як мінімум до пошкодження підвісок з деталями, а як максимум – до його обрушення, що може нанести катастрофічних збитків;
- Пошкодження ізоляції проводів на підлозі або в трансформаторі, що може призвести до ураження струмом.

З метою запобігання цих ситуацій планується чітке дотримання вимог технологічного регламенту, вчасний аудит і обслуговування обладнання, проведення інструктажів і тренінгів з охороні праці.

Також передбачені технологічні та інженерні рішення, які допоможуть в уникненні нещасних випадків. Запроваджуватимуться захисні огородження небезпечних зон (травмонебезпечні ділянки, електродвигуни, розподільчі пристрої електроустаткування), прилади-сигналізації, які сповіщають про проходження небезпечного процесу інших працівників, або про необхідну обережність на виробництві, або здатні відключати секції, у яких сталася аварія. Проектом передбачено розміщення плакатів з попередженнями про можливу небезпеку в секції та виробництві загалом, вказівки щодо доступу до найближчої аптечки та засобів індивідуального захисту. Швидкість транспортних засобів обмежена 5 км/год. Передбачено можливість аварійного вимикання обладнання за допомогою кнопки «Стоп».

5.2. Пожежна безпека

Загоряння в цеху можливе через коротке замикання, поламку електроустаткування, утворення гримучої суміші через змішування водню з повітрям, електричні розряди, можливий удар блискавки в цех через металеві комунікації.

Коротке замикання відбувається через пошкодження електроізоляції проводів та трансформаторів, тому обов’язковою передбачається регулярна перевірка проводів виробництва в уразливих місцях, також встановлюються запобіжники в електроапаратуру та мережу.

В цеху буде наявний повний комплект пожежогасіння, тобто вогнегасники (ВВК-3,5, СУБ-7 і ВП-5), ящики з піском, пожежні крани з окремим водопроводом тощо.

У випадку пожежі, евакуація персоналу відбуватиметься через відкриті назовні двері цеху, до яких ведуть евакуаційні шляхи. Проект передбачає

облаштування не менше 3 евакуаційних виходів. Передбачено наявність планів евакуації, які будуть розміщені у видних місцях.

Будівлю цеху передбачено захистити стрижньовим блискавковідводом.

В цеху встановлюється автономна система пожежної сигналізації.

Пожежо- та вибухонебезпечність деяких матеріалів, які застосовуються під час нікелювання, наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4. Показники вибухо- та пожежонебезпечності деяких речовин та матеріалів

Назва дільниці	Речовини, що мають обіг у виробництві	Агрегатний стан речовини в нормальних умовах	Горючість, займистість	Показники пожежота вибухонебезпеч-ності			Межа запа-лення		Вибухо–небезпечнісуміші з повітрям		Вогнегасні засоби	Категорія приміщення за НАПБ Б.03.002-2007	Клас приміщення і зовнішніх установок згідно з ПУЕ	Категорія об'єкта і тип зони захисту і влаштуванню блискавкозахисту згідно з ДСТУ EN 62305-3:2021 [8]
				Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання	% об'ємних	мг/м^3	Категорія	Група				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Продовження таблиці 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Гальванічна ванна	Вініпласт		Важкозаймисті	–	580	580	–	–	–	–	Вода,піна	В	2	2А
	H_2	Газ	Легкогоріча	132	324	57,5	47,5	45–82,5	2 с	Т 1	Інертний газ			
Поміст	Дерево, гума	Твердий	Горюча	170	400	400	–	–	–	–	Вода	В	2	2А
Ізоляція	Текстоліт	Твердий	Важкогорюча	–	358	358	–	–	–	–	Вогнегасники рідинні, вуглекислотний СУБ– 7, пісок, піна			

ВИСНОВКИ

Даний дипломний проект показує розрахунок виробництва з нанесення матового нікелевого покриття з сульфатного електроліту на сталевий болт марки 10. Площа однієї деталі взято як 0,028 дм^2, в той же час річна програма виробництва складає 13000 м^2. Для виконання даної програми була розрахована гальванічна ванна габаритами ДхВхШ: 1250х900х700 мм, а також підвісний пристрій. Були розраховані необхідні витрати таких матеріалів, як хімічні реактиви, вода та електрика, аноди.

Були проведені економіко-організаційні розрахунки, які дозволили оцінити необхідні капіталовкладення та витрати, а також рентабельність з прибутком всього виробництва.

Розрахунок та вибір устаткувань та засобів автоматизації дозволить підвищити ефективність виробництва та знизити навантаження на працівників цеху, покращить контроль за дотриманням техрегламенту процесу нікелювання.

Розроблені заходи екологічної безпеки, які включають в себе загальні заходи по зменшенню негативного впливу виробництва на оточуюче середовище, а також схему очистки стічних вод, яка дозволить отримати цінні метали у вигляді гідроксидів та чисту воду, яку можна використовувати у виробництві повторно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Nickel electroplating [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: https://nickelinstitute.org/en/about-nickel-and-its-applications/plating/.
2. ДСТУ 7806
3. Гальванічні покриття у виробництві друкованих плат. Дипломне проектування Навч. посіб. [Текст] / О.В. Лінючева, Л.А. Яцюк, Ю.Ф. Фатєєв, Т.І. Мотронюк, О.І. Букет. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 145 с.
4. Технологія нанесення неметалевих покриттів та виробництво плат друкованого монтажу: підручник / Л. А. Яцюк, О. В. Косогін, Д. Ю. Ущаповський, О. В. Лінючева, Ю. Ф. Фатєєв; – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – 330 с.
5. Tsierkezos N. G., Schröder D., Schwarz H. Complexation of nickel(II) by ethylenediamine investigated by means of electrospray ionization mass spectrometry. *International Journal of Mass Spectrometry*. 2004. Vol. 235, no. 1. P. 33–42.
6. Гальванопластика. Лабораторний практикум. Видання оновлене та доповнене [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів» спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Д. Ю. Ущаповський, Т. І. Мотронюк. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,14 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 119 с. – Назва з екрана. https://ela.kpi.ua/handle/123456789/65736
7. Технологія нанесення гальванічних покриттів. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів» спец. 161 Хімічні технології та інженерія / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Т. І. Мотронюк, О. В. Косогін, М. В. Бик, С. В. Фроленкова, Д. Ю. Ущаповський. – Електронні текстові дані (1 файл: 3.21

Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 111 с. – Назва з екрана. https://ela.kpi.ua/handle/123456789/62955

8. Ч.6 ст. 6 Закону №2136
9. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту з гальванотехніки освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр». Напрям 6.091600 «Хімічна технологія та інженерія». Професійна спрямованість «Технічна електрохімія». / Уклад. Л. А. Яцюк, В. П. Чвірук, В. Ф. Панасенко, Т. І. Мотронюк, О. В. Лінючева, О. І. Букет. – К. : НТУУ «КПІ», 2019. – 54 с.
10. Конспект лекцій « Контроль і керування хіміко-технологічними процесами». Викладач Лукінюк М. В. : Київ, 2023.
11. Методи та технічні засоби автоматичного контролю хіміко- технологічних процесів [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за на-прямом підготовки: «Хімічна технологія та інженерія» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 336 с. : іл. – Біблігр.: с. 328–330. – 300 пр. – ISBN 978-966-622-520-0. – ISBN 978- 966-622-530-9 (Кн. 1).
12. Конспект лекції з курсу «Економіка». Викладач Підлісна О.А.: Київ, 2023.
13. Економіка підприємства. Навч. Посібник. Під ред. В.Г. Герасимчука, К.: “Політехніка”, 2003
14. Конспект лекції з курсу «Екологічна безпека технологічних процесів у галузі». Викладач Фроленкова С. В. Т.П.: Київ, 2024.
15. Екологічна безпека гальванотехніки. Стічні води. Механічна та сорбційна очистка [Електронний ресурс] : підручник для студ. кваліфікації 2146.2 – інженер – технолог (хімічні технології) та 2149.2 – інженер – дослідник (хімічні технології) спеціалізації «Електрохімічні технології неорганічних та органічних матеріалів» / М.І. Донченко, С.В. Фроленкова, Т.І. Мотронюк ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 14,89 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 202 с.
16. Методичні вказівки по виконанну розділу «Охорона праці», укладачі Полукаров Ю.О., Праховнік Н.А., Мітюк Л.О., КПІ, 2019.

ДОДАТОК А Специфікація устаткування

Таблиця А.1 Специфікація засобів автоматизації диплому

Позиція на схемі	Назва параметру	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметру	Місце монтажу	Назва та характеристика	Тип моделі	Кількість	Завод-виробник	Маса	Код
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 – 1	Температура	Електроліт, електролітична ванна	45-50 °С	Місцевий	Термоперетворювач опору платиновий НСХ 100П,Діапазон вимірювання:(-50)-60 °С, допустимий тиск – 0,4 Мпа	ТСП-1288	-	НВО «Електротермія» м. Луцьк	-	
1 – 2	Температура	Електроліт, електроліти чна ванна	45-50 °С	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; вхідні сигнали:0…5 мА, 4…20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50 П,100 П, 50 М, 100 М.	ДИСК-250	-	ЗАО «ТЕРМОРЕКС» м. Харків	-	-
2 – 1	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,7 м	Місцевий	Рівнемір буйковий з електричним вихідним сигналом;4…20 мА діапазон температур: (–200) ... +200 ºС діапазон вимірювання: від 0,02 до 1 м	NMS83	1	Proverso, ЄС	-	-

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2 – 2	Рів ень	Електроліт, електролітична ванна	0,7 м	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; вхідні сигнали: 0…5 мА, 4…20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – *B, K, L, S,* опору – 50 П, 100 П, 50 М, 100 М.	ДИС К -250	1	ЗАО «ТЕРМОР ЕКС» м. Харкі в	-	-
2 –3	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,7 м	Щит керуван ня	Регулятор електронний, пропорційно-реєструвальний прилад, $I_{вх}$ = 0…5 мА	МІ К-21	1	Підприємс тво «МІКРОЛ», м. Івано-Франківськ	-	-
2-4	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,7 м	Місцевий	Місцевий Перетворювач електропневматичний, Івх = 0–5 мА Рвих = 0,02–0,1 МПа	ПЕ П-95 2	-	ПАТ «Завод «Перетвор ювач» м. Запоріжжя	-	-
2- 5	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,7 м	Місцевий	Сідельний клапан Пропускна здатність 1,6 м^3/сек Рвих = 0,02–0,1 МПа	НК-15	-	GAM A, Данія	-	-

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3-1	Сила струму та напруга	Електролітична ванна	I = 173,9 А U =2,145 В	Місцевий	Агрегат випрямний длягальванічних ванн, Imax = 400 А, Umax = 12 В	ТЕ1-400/12Т	-	ТОВ «Енерго Айсен» м. Черкаси	-	-
3-2	Сила струму та напруга	Електролітична ванна	I = 173,9 А U =2,145 в	Місцевий	Пульт дистанційного керування для випрямногоагрегату	ПДКТЕ	-	ТОВ «Енерго Айсен» м. Черкаси	-	-

ДОДАТОК Б

Специфікація на гальванічну ванну

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				Документація		
А4			ДП ХЕ0110.2705.000 ПЗ	Пояснювальна записка	1	
А1			ДП ХЕ0110.2705.001 СК	Складальне креслення	1	
				Складальні одиниці		
		1	ХЕ0110.2705.001 – 01	Корпус	1	
		2	ХЕ0110.2705.001 – 02	Опора катодна	2	
		3	ХЕ0110.2705.001 – 03	Опора анодна	4	
		4	ХЕ0110.2705.001 – 04	Відсмоктувач бортовий	2	
		5	ХЕ0110.2705.001 – 05	Запірний кран	1	
		6	ХЕ0110.2705.001 – 06	ТЕН	4	
				Деталі		
		7	ХЕ0110.2705.001 – 07	Анодні штанги	2	
				Стандартні вироби		
				Саморіз ISO 7050	32	

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП ХЕ0110.2705.001 СК
Розроб.		Неліпович С.С.			Ванна гальванічна з поліпропілену
Перев.		Ущаповський Д.Ю.			

Літ.	Аркуш	Аркушів
		1

КПІ ім. Ігоря Сікорського, ХТФ, гр. ХЕ-01