

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

Хіміко-технологічний факультет

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра технології електрохімічних виробництв

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

О. В. Лінючева

(підпис)

(ініціали, прізвище)

« _____ » червня 2020 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія

на тему: «Гальванічні покриття в машинобудуванні. Розробка технології нанесення нікелевого покриття на дрібні сталеві деталі»

Виконав:

студент IV курсу, групи ХЕ-61
(шифр групи)

Росінський Артем Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник проф., к.х.н., Погребова І. С.

(посада, наукова ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультанти

Автоматизація

(назва розділу)

ст. вик., Сазонов А. Ю.

(посада, наукова ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Охорона праці

(назва розділу)

доц., к.т.н., Полукаров Ю.О.

(посада, наукова ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Економічна частина

(назва розділу)

доц., к.т.н., Підлісна О.А.

(посада, наукова ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, наукова ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ – 2020 року

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

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра технології електрохімічних виробництв

(повна назва кафедри)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Спеціальність 161 – Хімічні технології та інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

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

« ____ » червня 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Росінському Артему Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Гальванічні покриття в машинобудуванні. Розробка технології нанесення нікелевого покриття на дрібні сталеві деталі», керівник проект Погребова І.С., к.х.н., проф.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «22» 04 квітня 2020 р. № 1031-с

2. Термін подання студентом проекту _____ 12.06.2020 р. _____.

3. Вихідні дані до проекту Матеріали з практики. Зарубіжні та вітчизняні монографії та періодичні видання. Завдання з продуктивності 8000 м²/рік. _____

4. Зміст пояснювальної записки Вибір деталі, обґрунтування і вибір покриття, складання технологічної карти, розрахунок барабана, розрахунок балансів струму, напруги, розрахунок організаційно-економічних показників, заходи охорони праці, автоматизація процесу нікелювання, екологічна безпека, розробка схеми очистки стічних вод.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) 1) Креслення гальванічної ванни, 2) Креслення барабану, 3) Схема технологічного процесу, 4) Схема автоматизації, 5) Економічна частина, 6) Очищення стічних вод

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Автоматизація	ст. вик., Сазонов А. Ю.		
Охорона праці	к.т.н., доц. Полукаров Ю.О.		
Економічна частина	к.т.н., доц. Підлісна О.А.		
Технологічна частина	проф., к.х.н., Погребова І. С.		

7. Дата видачі завдання « 13 » квітня 2020 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Комплексний пошук літератури по темі дипломного проекту	До 19.04.2020	
2	Вибір деталі для нанесення покриття	До 24.04.2020	
3	Вибір виду покриття	До 26.04.2020	
4	Вибір підготовчих операцій	До 28.04.2020	
5	Вибір складу електроліту для нанесення гальванічного покриття	До 30.04.2020	
6	Вибір завершальних операцій	До 02.05.2020	
7	Складання карти технологічного процесу	До 03.05.2020	
8	Виконання технологічних розрахунків	До 11.05.2020	
9	Виконання креслень ванн	До 20.05.2020	
10	Складання схеми очищення стічних вод	До 23.05.2020	
11	Складання схеми автоматизації основного процесу	До 26.05.2020	
12	Виконання економічних розрахунків	До 29.04.2020	
13	Виконання розділу «Охорона праці та техніка безпеки»	До 05.06.2020	
14	Оформлення пояснювальної записки	До 08.06.2020	
15	Оформлення графічної частини проекту	До 10.06.2020	
16	Захист диплоного проекту	17.06.2020	

Студент

_____ (підпис)

А.О. Росінський
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

_____ (підпис)

І.С. Погребова
(ініціали, прізвище)

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Пояснювальна записка		
3	A1	ДП ХЕ6121.1450.000 СК	Складальне креслення гальванічної ванни для нанесення нікелевого покриття	1	
4	A2	ДП ХЕ6121.1450.000 СхА	Схема автоматизації процесу нанесення нікелевого покриття	1	
5	A1		Схема технологічного процесу нанесення нікелевого покриття	1	
6	A1		Економіко-організаційні розрахунки	1	
7	A1		Схема очищення стічних вод	1	
8	A1	ДП ХЕ6121.1450.000 СК	Складальне креслення барабанного електролізера	1	

ДП ХЕ6121.1450.000						
Розробн.	Росінський А.О.	Підпис	Дата	Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.	проф., к.х.н., Погребова І. С.				4	86
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ТЕХФ гр. ХЕ-61	
Н/контр.						
Зав.каф.	Лінючева О.В.					

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту**

на тему: Гальванічні покриття в машинобудуванні. Розробка технології нанесення нікелевого покриття на дрібні сталеві деталі

Київ – 2020 рік

РЕФЕРАТ

«Гальванічні покриття в машинобудуванні. Розробка технології нанесення нікелевого покриття на дрібні сталеві деталі».

Росінський А.О. – Київ: КПІ імені Ігоря Сікорського, ХТФ, ХЕ-61

Дипломний проект, 2020 рік, кількість сторінок – 87, таблиць – 20, рисунків – 7, джерел – 15.

В данному проекті розроблена технологія нанесення матового нікелевого покриття на сталеві гайки для їх захисту від корозії. Процес проводиться у ванні барабанного типу, товщина нікелевого покриття становить 9 мкм. Використовується простий кислий електроліт нікелювання при кімнатній температурі, густина струму становить $1,5 \text{ А/дм}^2$. Побудована схема автоматизації технології. Проведені економічні розрахунки енергогосподарства, заробітної плати та техніко-економічних показників. Розроблена схема очистки стічних вод. Запропоновані заходи з техніки безпеки та охорони праці.

Ключові слова: гальваніка, нікелювання, електролізер барабанного типу, електроліт Уоттса, автоматизація.

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ABSTRACT

«Electroplating in machine building. The development of nickel coating technology on a small steel parts»

Rosinskyi A. R. Kyiv: Igor Sikorsky KPI, CTF , HE-61

Diploma project, 2020. Number of pages – 87, tables - 20, pictures - 7 and literature - 15.

This project develops technology for electroplating a mat nikel finish to steel nuts for corrosion protection. The process is carried out in barrel-type bathtubs, the thickness of the nickel coating is 9 microns. A simple acidic nickel plating electrolyte is used at room temperature; the current density is 1.5 A/dm². A technology automation circuit has been built. Conducted economic calculations of the energy sector, wages and technical and economic indicators. A wastewater treatment scheme has been developed. Occupational safety and health measures are proposed.

Key words: electroplating, nickel plating, barrel electrolyzer, Watts electrolyte, automation.

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	10
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	11
1.1 Технологічний процес нанесення нікелевого покриття.....	11
1.1.1 Характеристики оброблювальної деталі.....	11
1.1.2 Вибір виду і товщини гальванічного покриття.....	11
1.1.3 Вибір операцій підготовки поверхні деталей перед нанесенням гальванічного покриття	13
1.1.4. Вибір електроліту для нанесення гальванічного покриття.....	16
1.1.5 Приготування електроліту	18
1.1.6. Причини неполадок та способи їх усунення.	18
1.1.7. Вибір анодів.....	19
1.1.8. Вибір і обґрунтування завершальних операцій	20
1.1.9. Контроль якості гальванічного покриття	21
1.1.10. Карта технологічного процесу.....	25
1.2. Вибір і розрахунок обладнання для нанесення гальванічних покриттів. Технологічні розрахунки	27
1.2.1. Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання	27
1.2.2. Визначення виробничої програми обладнання.....	27
1.2.3. Вибір обладнання для нанесення гальванічного покриття та розрахунок його кількості.....	28
1.2.4. Баланс струму на гальванічній ванні	33
1.2.5. Визначення напруги на гальванічній ванні барабанного типу, складання балансу напруги.....	35
1.2.6. Вибір джерела струму для гальванічної ванни	38
1.2.7. Визначення джоулевої теплоти та складання балансу енергії на ванні	39
1.2.8. Тепловий розрахунок для гальванічних ванн	40
1.2.9.1. Розрахунок витрат анодів.....	41
1.2.9.2. Розрахунок витрат хімічних реактивів	42
1.2.9.3. Розрахунок витрат води.....	44
2. АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАЛЬВАНІЧНОГО ПРОЦЕСУ	49
3. ЕКОНОМІКО – ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ	52
3.1 Підприємство у промисловій структурі держави	52
3.2. Технологічна підготовка виробництва	53

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

3.3 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва	58
3.4 Техніко-економічні показники	61
3.5. Паспорт якості на вид продукції.....	63
4. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА, ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.....	64
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	67
5.1. Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проєктованому об'єкті. Заходи з охорони праці.....	67
5.1.1. Повітря робочої зони	67
5.1.2. Виробниче освітлення	71
5.1.3. Виробничий шум і вібрація.....	73
5.1.4. Електробезпека	74
5.1.5. Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання	75
5.2. Пожежна безпека	76
ВИСНОВКИ	80
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	81
ДОДАТОК А.....	83

ВСТУП

Нанесення гальванічних покриттів - один з найбільш поширених способів захисту металів від корозії. Якість гальванічного покриття дуже сильно впливає на якість готових виробів, їх довговічність і експлуатаційні характеристики. Гальваніка дозволяє тонко налаштовувати процес нанесення покриття, що дозволяє просто отримувати покриття необхідної товщини.

Гальванічні покриття знайшли широке застосування в багатьох галузях народного господарства не тільки як хороший спосіб захисту металів від корозії. Гальванічно нанесений шар металу може значно підвищити зносостійкість основного виробу, електропровідність і багато інших хімічних і фізичних показників.

Одним з типів покриття є нікелеві покриття, які дуже широко використовуються як в різних галузях промисловості, так і в повсяденному житті. Він може виступати як захисним, декоративним, так і захисно-декоративним. Існує велика кількість електрлітів нікелювання, способів отримати матовий, блискучий чи чорний нікель одразу з гальванічної ванни з одного електрліту відповідного типу. Нікель легко піддається поліруванню.

В атмосферних умовах нікель покривається прозорою оксидною плівкою, яка пасивує його поверхню. Нікель стійкий в природній, дистильованій, стоячій і в динаміці. У морській воді нікель швидко кородує. У розбавлених кислотах H^2SO^4 і HCl він розчиняється повільніше заліза. Легко розчиняється в розведеній азотній кислоті, а концентрована пасивує нікель. З азотом нікель не реагує навіть при високих температурах (до $1400^{\circ}C$). У лужних розчинах і розплавах нікель стійкий, органічні кислоти діють на нього лише при тривалому контакті. Нікель не отруйний.

Метою даного проекту є розробка технології нанесення нікелевого покриття на дрібні сталеві деталі з заданою продуктивністю 8000 м^2 . Процес нанесення відбувається у барабанному електролізері.

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Технологічний процес нанесення нікелевого покриття

1.1.1 Характеристики оброблювальної деталі

Деталь, яка підлягає обробці широко використовується у машинобудуванні. Для деталей машин та механізмів виконує кріпильну функцію, використовується в болтових і шпилькових з'єднаннях, часто у поєднанні з шайбою, частіше всього наявний конатк з повітрям, вологою. Ескіз деталі наданий на рисунку 1.1. Деталь має бути механічно міцною, корозійно стійкою і в той же час зносостійкою. Виготовлена зі сталі 35, площа поверхні, яка покривається, $0,3045 \text{ дм}^2$, маса деталі $0,0533 \text{ кг}$.

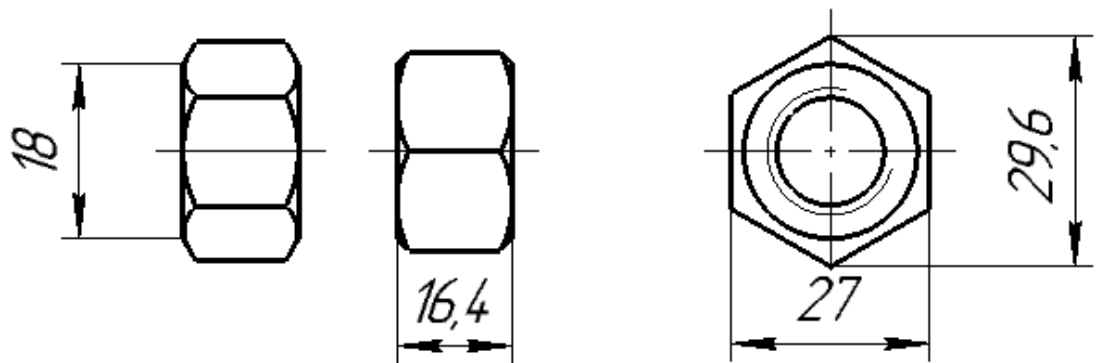


Рис. 1.1 Ескіз сталеві гайки M18x2,5

1.1.2 Вибір виду і товщини гальванічного покриття

Беручи до уваги умови експлуатації деталі її поверхня повинна згоджуватись до ряду умов: повинна бути чистою, без слідів корозії і механічних пошкоджень, мати необхідні механічні властивості, корозійну стійкість для експлуатації згідно ГОСТ 1759.5-87. Цим критеріям відповідають нікелеві покриття, які часто застосовують як покриття у машинобудуванні.

Нікель, легко пасивується на повітрі, покривається тонкою оксидною плівкою, яка практично не змінює блиску і кольору та запобігає впливу навколишнього середовища. Нікель стійкий до дії ряду органічних та мінеральних кислот, солей і розчинів лугів [1].

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Покриття з нікелю мають дрібнокристалічну структуру, з легкістю поліруються до дзеркального блиску. Гарно витримують деформації на зсув та згинання; при kleпанні і вальцюванні можливі випадки відшарування.

Як захисне і захисно-декоративне покриття нікель здатний надійно захищати залізо і сталь від корозії лише при повній безпористості покриття. Нікелеві покриття зазвичай пористі. Пористість залежить від товщини покриття, стану поверхні основного металу і режиму електролізу.

Потенціал нікелю майже у всіх середовищах є позитивнішим за потенціал заліза. Тому у гальванічній парі залізо-нікель останній як більш електропозитивний метал є катодом по відношенню до заліза і тому електрохімічно не може захищати залізо від корозії. Невидимі оком пори стають джерелами корозійних язв, якщо корозійний агент проникає до основного металу. Утворюється мікроелемент, в якому залізо є негативним електродом. Це викликає розчинення заліза і корозію на поверхні нікелевого покриття.

Отримати безпористого нікелеве покриття при малій товщині шару важко внаслідок кристалічної неоднорідності поверхні основного металу і наявності на ній різних дефектів механічної обробки: ризки, пори, подряпини, забоїни і т.д., які не завжди вдається закрити навіть при нікелювання і вирівнюючими добавками. Але так як у данній роботі використовується осаження у барабані, то відбувається зтирання, ущільнення покриття внаслідок взаємного тертя деталей при обертанні барабана. При цьому електроліт швидко мутніє, заповнюючись зваженими частинками нікелю, гідратом окису заліза і рН збільшується до 6-6,5. Швидкість нарощування нікелю поступово сповільнюється і збільшення товщини шару понад 10-12 мкм є недоцільним.

Аналізуючи характеристики сталеві гайки M18x2,5 група умов експлуатації покриттів по ГОСТ 9.303-93 – перша, тоді товщина шару матового захисного нікелевого покриття складає 9 мкм. При розрахунках буде врахована частка зтирання покриття у барабані.

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

1.1.3 Вибір операцій підготовки поверхні деталей перед нанесенням гальванічного покриття

Підготовка поверхні деталі перед нанесенням гальванічного покриття є необхідним переліком операцій від яких залежить міцність зчеплення осаджуваного металу з поверхнею. Тому тут будуть перераховані операції, які проводяться для попередньої обробки гайки.

Хімічне знежирення. Хімічний спосіб видалення жирів ґрунтується на взаємодії з ними органічних розчинників або розчинів лугів, що призводять до їх розчиненню, обмиленню або утворення емульсій.

До складу лужного знежирюючого водного розчину повинні входити речовини, здатні нейтралізувати жирні кислоти і омивати рослинні і тваринні жири і масла, а також емульгатори, здатні зменшувати величину вільної межфазної енергії на межі масла з знежирюючим розчином і масла з поверхнею деталі. Речовини, що входять до обезжирюючих розчинів, не повинні викликати корозію металу і повинні легко видалятися при промиванні водою. Більшою мірою цим вимогам відповідають силікати і фосфати лужних металів, в меншій - їдкий в вуглекислий натрій (калій). Розчин Na_3PO_4 сприяє зменшенню жорсткості води і легше віддаляється водою з поверхні виробів при їх промиванні, розчини силікатів – важче. Найгірше змиваються розчини Na_2CO_3 і NaOH . При використанні ПАВ, наприклад синтанолу ДС-10 миюча здатність зростає ще більше [2].

Використовуються неконцентровані розчини лугів так як концентровані можуть утворювати оксидні плівки на поверхні деталей, виготовлених зі сталі, міді і мідних сплавів. Також концентровані луги можуть викликати пасивацію і корозію виробів, можуть руйнуватися ПАР.

Використовується розчин наступного складу, (г/л):

Натрію гідроксид (ГОСТ 2263-79) – 8...12,
Натрій фосфорнокислий (ГОСТ 201-76) – 20...50,
Натрію силікат (ГОСТ 13078-81) – 25...30,
Синтанол ДС – 10 (ГОСТ 22567-95) – 1...2.

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

$t = 60...70$ °С, яка контролюється термометром (ГОСТ 29224-91) з діапазоном $0...100$ °С, ціна поділки 1 °С. Операцію проводити 15-20 хв.

Хімічне травлення. Травленням називається процес видалення оксидів з поверхні металевих деталей за допомогою кислих або лужних розчинів. При травленні також відбувається виявлення структури металу. Травлення можна здійснювати хімічним або електрохімічним способом. Вибір способу травлення залежить від природи металу, стану його поверхні і від подальшої технологічної операції [3].

Поверхня чорних металів зазвичай покрита шаром оксидів заліза, куди входять вюстит FeO, гематит Fe₂O₃, магнетит Fe₃O₄, а також гідроксиди заліза (II) і (III).

Для хімічного травлення чорних металів зазвичай застосовують розбавлені розчини сірчаної або соляної кислоти або їх суміші. Розчин для травлення не повинен повинен бути агресивним до обладнання. Механізм видалення оксидів в сірчаної та соляної кислоти неоднаковий. У соляній кислоті розчиняються переважно оксиди; в сірчаної - головним чином металеве залізо з виділенням водню, який механічно розпушує і видаляє окалину [2,3].

Для того щоб зменшити обсяг водню, який виділяється, зберегти поверхню деталей від перетравлювання, а також для економії кислоти застосовують інгібітори травлення. Механізм дії інгібіторів при травленні в кислотах пояснюється адсорбцією їх молекул на анодних або катодних мікроділянках поверхні металу, внаслідок чого розчинення сповільнюється. Вплив інгібіторів при травленні сталі в сірчаної кислоти зводиться до збільшення перенапруги водню, внаслідок чого розчинення заліза зменшується [3].

Враховуючи вищесказане, щоб зберегти структуру сталюї основи дрібних деталей і зменшити наводнення використовуємо розчин травлення такого складу (г/л) та за умов:

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		14

Склад розчину:

Кислота соляна (ГОСТ 3118-77)	200...350,
Уротропін технічний (ГОСТ 1381-73)	10...15,
Температура електроліту:	15...25 °С,
Тривалість обробки:	10...20 хв.

Використання соляної кислоти обумовлене використанням

Активація. Ця обов'язкова операція призначена для видалення найтонших окисних плівок з поверхні детальний. Її проводять між процесами знежирення і нанесення металопокриття. Проводиться слабе травлення поверхневих шарів металу, проявлення кристалічної структури металу, що підвищує енергію зчеплення осаждуваного металу з основною [2].

Активація здійснюється безпосередньо перед загрузкою деталей у ванну для нанесення нікелевого покриття. У склад розчину активації повинні водити ті компоненти, які використовуються у електроліті нікелювання. Так як цей електроліт буде сульфатним, то активування здійснюється за наступних умов і складу (г/л):

Склад розчину:

Кислота сульфатна(H_2SO_4)	100,
Температура електроліту:	15...30 °С,
Час:	15...60 сек.

Промивання. Використовуються промивні води, які повністю змішуються з плівкою розчинів, які переносяться з деталями при їх завантаженні. Промивання здійснюється шляхом занурення деталей в промивні ванни. У всіх випадках в промивної воді відбувається зміна концентрації переносимих компонентів за рахунок розведення. Проводиться для видалення з поверхні деталей забруднень, що лишились, слідів розчинів. Використовується тепла і холодна промивка протягом 1-1,5 хв. Промивка проводиться після кожної стадії постобробки поверхні деталей, окрім активації. Холодна і тепла промивка виконуються по-черзі для економії теплої води. Детальніше стадії промивки вказані у технічній схемі виробництва.

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

1.1.4. Вибір електроліту для нанесення гальванічного покриття

Існують кислі та лужні електроліти нікелювання. З кислих електролітів частіше застосовують сульфатно-хлоридні, хлоридні, сульфатні, сульфаматні, борфторводневі та кремнійфторводневі. До лужних електролітів відносять: цитратні, тартратні, етилендіамінні [3].

На практиці частіше всього використовуються сульфатні і сульфаматні електроліти нікелювання, частіше всього для матового нікелювання, тому роздивимося тільки їх. Сульфаматні електроліти характеризуються можливістю наносити покриття при великій густині струму, покриття виходять з низьким напруженням, що підходить для товстих покриттів. Приклад складу сульфаматного електроліта [3]:

Нікель сульфамат ($\text{Ni}(\text{H}_2\text{NSO}_3)_2$)	300-400 г/л
Нікель хлориднокислий ($\text{NiCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$)	12-15 г/л
Кислота борна (H_3BO_3)	25-40 г/л
Сахарин	0,5-1,5 г/л
pH	3,0...4,2
Робоча температура 20...60°C, $i_k = 5...12 \text{ A/дм}^2$.	

Але даний електроліт доволі дорогий, для нього необхідно перемішування і підігрів. Якщо враховувати низькі вимоги до зовнішнього вигляду покриття, його велику товщину та барабанний тип електролізера то найкращим вибором є сульфатні електроліти. Такий тип дуже широко використовується у багатьох галузях промисловості, речовини, які в нього входять, найбільш доступні, він простий в приготуванні і обслуговуванні. Ці електроліти доволі чутливі до відхилень від прийнятого режиму роботи ванни і до наявності сторонніх домішок в електроліті. На основі літературних даних обраний простий сульфатнокислий електроліт Уоттса для матового нікелювання, який не потрібно перемішувати і фільтувати наступного складу (г/л) та умов електролізу:

Нікель сірчаноокислий ($\text{NiSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$)	200 г/л
Нікель хлоридноокислий ($\text{NiCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$)	40 г/л
Кислота борна (H_3BO_3)	40 г/л
Натрій сульфат ($\text{NaSO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$)	80 г/л
pH	5,2...5,8

Робоча температура 18...25°C, $i_k = 0,8...2 \text{ А/дм}^2$. Вихід за струмом $V_c = 96\%$ [2].

При періодичному підтриманні постійного складу і pH такий електроліт здатен працювати пару років. Для чіткої роботи ванни слід підтримувати сталість складу електроліту. Додавання сульфату нікелю, борної кислоти і хлоридів виробляють з урахуванням даних хімічного аналізу електроліту. Підтримка сталості pH електроліту проводиться додаванням 3% -ного розчину NaOH або H_2SO_4 [2].

Борна кислота виступає в якості буфера pH. Так як нікелеві аноди схильні до пасивації, в електроліті знаходяться іони Cl^- у вигляді хлориду нікелю невеликої концентрації, які розряжаючись на аноді утворюють хлор, який розчиняє пасивну плівку. Для підвищення електропровідності вводять сульфат натрію, що підвищує розсіювальну здатність та якість покриття.

За межі інтервалу оптимальних густин струму даного електроліту не виходять, тому що при зменшенні густини струму швидкість осадження нікелю значно зменшується, час технологічного процесу зростає при тій же якості покриття, а при збільшенні осадження нікелю може вийти на граничний струм, що спричиняє дендритоутворення.

При меншому значенні pH ніж допустимо нікель практично не осаджується, на катоді виділяється водень. При вищих значеннях pH ніж ті, які дані осаджувати нікель теж не можна, так як може початися гідроліз. Продукти гідролізу (оксид і гідроксид нікелю) проникаючи в покриття, сприяють утриманню бульбашок водню на поверхні катода, тому осажденний нікель стає пористим, шорстким і темним. При дуже високих

значеннях рН візуально помітний зелений осад нерозчинних солей нікелю на деталях.

1.1.5 Приготування електроліту

Солі, що входять до складу електроліту, розчиняють окремо в теплій демінералізованній воді; борну кислоту - в киплячій. Перед приготуванням ванну промивають 3-5%-ним розчином H_2SO_4 або HCl протягом 2-4 годин при температурі 50-60°C. Потім її промивають і зливають в неї всі розчини, перемішують і визначають рН. Для підвищення рН додають 0,3%-ний розчин $NaOH$, а для зниження рН - 1Н розчин H_2SO_4 (1 мл/л) і через 5-10 хв визначають рН. Після приготування і коригування можна додавати добавки. Скоригований по рН розчин можна використовувати для матового нікелювання [3].

Електроліти нікелювання коригуються кожний день при роботі у три зміни по даним хімічного аналізу.

1.1.6. Причини неполадок та способи їх усунення.

Таблиця 1.1 - Причина неполадок та способи їх усунення [2].

Характер неполадок	Причини	Способи усунення
Нікель не осаджується, газовиділення відсутнє	Відсутність контакту, неправильне підключення ванни.	Перевірити надійність контакту і правильність включення ванни.
Крихкість, розтріскування осаду, розшарування	1. Наявність домішок заліза в електроліті. 2. Наявність органічних домішок. 3. Низька температура електроліту, відхилення рН від заданого значення. 4. Надмірна кількість домішок.	1. Проаналізувати електроліт, усунути залізо. 2. Обробити електроліт та видалити органічні домішки. 3. Довести температуру і рН до заданого значення.
Шорсткість осаду	1. Наявність в електроліті завислих частинок.	1. Відфільтрувати електроліт, інтенсифікувати фільтрування.
«Пригорання» осаду	Завищена густина	Понизити густина струму

на виступаючих ділянках	струму Невідповідність величини рН	Відкорегувати рН розчину
Утворення пітингу	1.Невідповідність величини рН 2. Забруднення органічними речовинами 3. Підвищенна густина струму 4.Низька температура 5.Низька концентрація борної кислоти.	1. Довести рН до заданого значення. 2. Усунути органіку та залізо. Ввести додаткову кількість змочувачу 3. Відрегулювати силу струму 4. Довести температуру до заданого значення 5.Відрегулювати склад електроліту
Крихий осад, смугастий з плямами	Наявність свинцю в електроліті.	Проаналізувати електроліт, видалити свинець.
Нікель не осаджується, сильне газовиділення	Низька величина рН електроліту, низька температура	Довести величину рН до заданого значення
Темний відтінок осаду	Присутність в електроліті Cu, Zn, Pb.	Видалити домішки селективною очисткою

1.1.7. Вибір анодів

В якості анодів використовують металічний виріб виготовлений литтям, прокаткою або пресуванням з нікелю марок НПА-1 (99,7% Ni), НПА-2 (99% Ni), НПАН (не пасивуються) (99,4% Ni) згідно технічних умов ГОСТ 2132-2015. Склад вказаний на таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Хімічний склад нікелевих анодів марки НПАН, НПА1 і НПА2.

Марка	Ni+Co, %	Максимальний вміст домішок, %								
		Fe	Si	Mn	Mg	Cu	S	C	O	Сума
НПАН	>99,4	0,10	0,03	0,05	-	0,01-0,1	0,002-0,010	-	0,03-0,30	0,60
НПА1	>99,7	0,10	0,03	0,10	0,10	0,10	0,005	0,02	-	0,30
НПА2	>99,0	0,25	0,15	0,15	0,10	0,15	0,005	0,10	-	1,00

Аноди виготовляються у вигляді прямокутних або овальних смуг, які також можуть нарубатися для засипки в анодні кошики. Для стабільної роботи анодів, тобто для рівномірного розчинення анодів, їх піддають термообробці і надають еліптичну або ромбоподібну форму. Ці фактори позначаються на швидкості розчинення Ni, а тому і на якість отримуваних осадів.

1.1.8. Вибір і обґрунтування завершальних операцій

Промивання у ванні вловлювання. Ефективним методом зменшення надходження забруднень в стічні води є застосування ванн уловлювання. Застосування однієї ванни скорочує втрати електроліту на 50%, а трьох - на 85-90% [4]. При цьому значно скорочується витрата води на промивні операції.

Як правило, всі маловідходні технології нанесення гальванічних покриттів передбачають установку однієї або декількох ванн уловлювання.

У данній роботі використовується одна непроточна ванна уловлювання з деіонізованою водою. У промивної ванні уловлювання поступово накопичуються компоненти гальванічної ванни і вона перетворюється в сильно розбавлену основну ванну. Розчин, що знаходиться в промивної ванні, можна використовувати для поповнення основної.

Доволі складно використання розчину ванни уловлювання для поповнення ванни, що працює при кімнатній температурі, як виникає певний надлишок розчину в промивної ванні, і необхідна досить складна процедура випаровування промивної ванни уловлювання.

Промивання характеризується рядом переваг внаслідок значної економії матеріалів, проте вона має і певні недоліки. У промивних ваннах накопичуються не тільки корисні речовини, але і забруднення, які безперервно повертаються в основну ванну при заповненні втрат ванни в розчині. Згодом концентрація забруднень може досягти рівня, помітно погіршує якість покриттів. Після тривалої експлуатації недостатньо вже фільтрації через активоване вугілля.

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Розчин з ванни вловлювання пропонується використовувати для корегування рівня електроліту у ванні гальванічного нікелювання. Вловлювання здійснюється протягом 2 хв за температури 15...25°C.

Промивання у холодній воді

Даним дипломним проектом пропонується наступний режим роботи холодної проточної промивки: 15...25 °С, час витримання 0,5...1 хв.

Після промивання у холодній воді слід промити деталі в теплій воді.

Промивання в теплій воді

Проводиться в теплій непроточній воді за режимом роботи: 40...60 °С, час витримання 0,5...1 хв.

Після останньої промивки деталі слід відправити на сушку.

Сушіння

Перед тим як деталі з нанесеним на них нікелевим покриттям зйдуть з лінії їх необхідно просушити. Ця операція проводиться для того щоб при подальшій експлуатації не відбувалася корозія, внаслідок великої вологості самих деталей.

Режим роботи сушильної камери: $t = 100...150^{\circ}\text{C}$, $\tau = 60$ хв.

Після цього відбувається витримка деталей у маслі, що дає додатковий захист від корозії та дає деталям охолонутись.

1.1.9. Контроль якості гальванічного покриття

Якість перевіряють згідно вимогам ГОСТ 9.301 – 86. Для контролю товщини покриття відбираються від кожної партії від 0,1 до 1 % деталей, але не менше 3 одиниць. У разі отримання незадовільну результат про випробувань (хоча б на одному зразку) роблять повторне випробування на подвійній кількості зразків за тими видами випробувань, які дали незадовільну результати. Якщо ж при повторних випробуваннях будуть незадовільні результати, то пред'явлену партію віддають на переробку, після чого її знову перевіряють.

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Перевірку якості нанесеного шару проводять: огляд зовнішнього вигляду, випробуванням корозійної стійкості, механічних властивостей, визначенням пористості і товщини.

Контроль зовнішнього вигляду. Покриття оглядають неозброєним оком. Результати огляду повинні задовольняти технічним умовам на даний вид покриття. Оцінка якості покриттів відповідальних деталей проводиться за стандартами. Потрапляючи на стіл ОТК деталі оглядаються неозброєним оком на відстані 25 см від контрольованої поверхні. Освітленість повинна бути не менше 300 лк.

Нікелеві покриття повинні бути світлого кольору, рівні. Не допускається точкова плямистість, чорні смуги, плями, міхури, тріщини, відшарування і шорсткість. Не допускається наявність механічних пошкоджень, рисок, подряпин, оголених ділянок.

Визначення корозійної стійкості. Випробування на корозійну стійкість проводиться з метою встановлення надійності та довговічності даного покриття.

Так як перевірка в атмосферних умовах тривала, то корозійну стійкість перевіряють прискореними способом - випробуванням в туманній камері. При випробуванні в туманною камері деталі підвішують на скляних або пластмасових нитках і через кожні 15 хвилин оббризкують 3%-м розчином хлористого натрію для створення штучної вологої атмосфери.

Визначення пористості покриття. Корозійна стійкість покриття, а отже, і можливість його застосування залежить від його пористості. У зв'язку з цим при оцінці захисних властивостей покриттів визначення їх пористості має велике значення.

Для дрібних профільованих деталей при визначенні пор для сталі рекомендують застосовувати метод заливки розчином. Випробувану деталь заливають розчином, до складу якого крім роданіду калію і хлористого натрію входить желатин.

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Розчин готують наступним чином. Желатин (20 г) заливають дистильованою водою до набрякання, після чого нагрівають на водяній бані до утворення колоїдного розчину. Потім до розчину желатину додають розчин 10 г роданіду калію і 15 г хлористого натрію. До отриманого розчину додають воду для доведення обсягу до 1 л. Склянку з розчином зберігають в темному місці. Розчином можна користуватися до тих пір, поки він не почне темніти, що є ознакою його розкладання і необхідності заміни [2].

Деталь перед випробуванням ретельно знежирюють. Після заливки деталь повинна перебувати в спокої 5 хв, після чого її поверхню оглядають і підраховують на пори-точки. Деталь змашують пензликом двічі. Пори підраховують через 10 хв.

Контроль товщини покриттів. Товщину нікелевих покриттів визначають по ГОСТ 3003-58. Цими стандартами встановлені хімічні (краплі, струї), фізичні (магнітний, радіоактивний) і механічні методи контролю товщини покриття.

Процес підготовки покриття до випробування включає наступні операції:

- 1) Знежирення випробуваної поверхні пастою, що складається з окису магнію і води;
- 2) Ретельна промивка струменем води;
- 3) Просушування фільтрувальної папером.

Деталі, які надходять на випробування відразу після нанесення покриттів, можна не знежирювати.

Використовують індуктивний магнітний метод, який заснований на зміні магнітного потоку, що проходить в осерді електромагніту. Сила притягіння магніту залежить від товщини покриття. Чим більше товщина покриття, тим менше сила відриву магніту. Однак строго пропорційній залежності тут немає, так як на результати вимірювання впливають структура основного металу, чистота поверхні, форма виробу та інші фактори. Тому за допомогою спеціальних еталонів, товщина покриття яких

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

відома, отримують градувальну залежність показань приладу від товщини покриття.

Визначення міцності зчеплення покриття з основним металом. У цехових умовах можна рекомендувати наступні методи:

1. Дряпання - на покриття наносять сталевим вістрям ряд пересічних подряпин. При цьому не повинно бути злущування або відшаровування покриття;

2. Тертя або удар - деталі піддають тертю або удару один об одний. Осад не повинен обсіпатися або злущиватися;

3. Вигин - осад не повинен обсіпатися, відшаровуватися або злущиватися при п'ятикратному вигині на 90 - 180° тонкого листа з покриттям;

4. Крацювання. Осад не повинен відшаровуватися при крацюванні покриття сталевією щіткою з дроту діаметром 0,1-0,2 мм з окружною швидкістю 17-20 м/сек;

5. Навивка. Покриття не повинне відвалюватися при намотування дроту навколо власного діаметру до 15 разів.

Визначення твердості покриттів. Вимірюють твердість нікелевих захистних покриттів. Для цього визначають мікротвердість.

Принцип методу вимірювання твердості полягає в тому, що в досліджуваній предмет вдавлюють з певною силою алмазну піраміду, яка залишає відбиток на покритті. Величиною твердості є опір, який чиниться предметом при випробуванні.

Видалення неякісних покриттів. На забракованих деталях зняти нікель можна двома способами:

1) Хімічно розчиняємо покриття у концентрованій азотній кислоті за при кімнатній температурі;

2) Нікель електрохімічно видаляється анодним розчиненням в електроліті складу H_2SO_4 (питома вага 1,75) і гліцерину до 10 г/л. Режим електролізу: $t = 15...25^{\circ}C$, $i_a = 2...9 A/дм^2$

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

1.1.10. Карта технологічного процесу

Таблиця 1.2 - Карта технологічного процесу

№	Операція		Склад розчину і концентрація		Режим			Примітка
	Назва	Зміст	Назва і хім.формула	г/дм ³	Час обробки, хв	t, °C	i, A/дм ²	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
010	Контроль	Перевірка поверхні 2-5% деталей						Контроль стану поверхні деталей згідно технологічної інструкції ТІ-00-16
020	Завантаження	Завантажити підготовлені деталі у барабан						
030	Знежирення хімічне	Проводити знежирення в лужному розчині	NaOH техн. Na ₃ PO ₄ техн. Na ₂ SiO ₃ техн. Синтанол ДС-10	8...12 20-50 25...30 1...2	15...20	60...70		
040	Промивка	Промити деталі в теплій воді	Вода водопровідна		1...2	40...50		Застосовують воду водопровідну ГОСТ 9.314-90
050	Промивка	Промити деталі в холодній проточній воді	Вода водопровідна		1...2	15...25		Застосовують воду водопровідну, ГОСТ 9.314-90
060	Травлення хімічне	Проводити травлення в розчині кислоти	HCl конц. Уротропін техн.	200...350 10...15	10...20	15...25		Приготування і коректування електроліту проводити згідно ОСТ 107.460092.0 01-86
070	Промивка	Промити деталі в холодній проточній воді	Вода водопровідна		1...2	15...25		Застосовують воду водопровідну, ГОСТ 9.314-90

Продовження Таблиці 1.2

080	Активация	Активувати деталей в сульфатній кислоті	H ₂ SO ₄	100	0,25...1	15...30		
090	Нікелювання матове	Здійснити в сульфатному електроліті Уоттса матового нікелювання	NiSO ₄ ·7 H ₂ O NiCl ₂ ·6 H ₂ O H ₃ BO ₃ NaSO ₄ ·10 H ₂ O	200 40 40 80		20...35	2	Приготування і коректування електроліту проводити згідно ОСТ 107.460092.001-86.
100	Промивка у ванні вловлювання	Промити деталей в холодній непроточній воді	Вода деіонізована		2	15...25		
110	Промивання	Промити деталей в холодній воді	Вода водопровідна		0,5...1	15...25		Застосовують воду водопровідну, ГОСТ 9.314-90
120	Промивання	Промити деталей в теплій воді	Вода водопровідна		0,5...1	40...60		Застосовують воду водопровідну, ГОСТ 9.314-90
130	Вивантаження	Вивантажити підготовлені у барабані деталі						
140	Сушіння	Виконується в сушильній шафі			60	100...150		
150	Контроль	Проводять перевірку стану поверхні 2 % деталей						Контроль згідно технологічної інструкції ТІ-Г-00-16

1.2. Вибір і розрахунок обладнання для нанесення гальванічних покриттів. Технологічні розрахунки

1.2.1. Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання

Номінальний річний фонд часу роботи обладнання T_n при перервному виробництві розраховують з кількості календарних днів у році (365) за вирахуванням вихідних (104) і святкових (9) днів, що при п'ятиденному робочому тижні тривалістю 40 годин і двозмінній роботі за вирахуванням 6 годин у передсвяткові дні складає приблизно:

$$T_n = \left\{ \frac{(365-104-9) \cdot 41}{5} - 6 \right\} \cdot 2 = 4036 \text{ год}$$

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

$$T_d = T_n - K_{пр} \cdot T_n = 4036 - 0,03 \cdot 4036 = 3834,2 \text{ год}$$

При роботі неавтоматизованого, немеханізованого обладнання і стаціонарних ванн загальні витрати часу на простої обладнання, яке працює в одну зміну, складає 2 %, а у дві зміни – 3 % від T_n . При роботі автоматизованого обладнання у дві зміни – 3 % від T_n .

1.2.2. Визначення виробничої програми обладнання

Для визначення річної виробничої програми P_p річне виробниче завдання P_z необхідно збільшити на величину виправного браку виробів, який складає зазвичай 0,5...3 %. $P_z = 8000 \text{ м}^2/\text{рік}$, $K_{бр} = 2 \%$, тоді:

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

$$P_p = 8000 + 0,02 \cdot 8000 = 8160 \text{ м}^2/\text{рік}.$$

Добова виробнича програма $P_{доб}$ складає:

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

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

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$P_{\text{доб}} = \frac{8160}{252} = 32.38 \text{ м}^2/\text{день},$$

Годинна виробнича програма P_T визначається як:

$$P_z = \frac{P_p}{T_o} \text{ м}^2/\text{ГОД}$$

$$P_z = \frac{8160}{3834,2} = 2.13 \text{ м}^2/\text{ГОД}$$

1.2.3. Вибір обладнання для нанесення гальванічного покриття та розрахунок його кількості

Для розрахунку обладнання необхідно знати:

- річну виробничу програму, $P_p = 8160 \text{ м}^2/\text{рік}$;
- час обробки однієї завантажувальної одиниці (барабан) з урахуванням часу на завантаження і вивантаження τ , хв;
- товщину покриття на деталях, $\delta = 9 \text{ мкм}$;
- площа деталі становить $30,45 \text{ см}^2$
- маса однієї деталі $0,0533 \text{ кг}$.

Для барабанного електролізера розрахований технологічний час τ_m збільшуємо на 15-20% у зв'язку з механічним стиранням покриття і нерівномірністю пересипу деталей при електролізі, тоді:

$$\tau'_m = \tau_m + \tau_m \cdot 0,2$$

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

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

де δ_n – товщина покриття (9 мкм); d_m – густина металу покриття ($8,9 \text{ г/см}^3$); B_c – катодний вихід за струмом (0,96); K_e – електрохімічний еквівалент ($1,095 \text{ г/А год}$); i_k – середня катодна густина струму ($1,5 \text{ А/дм}^2$).

$$\tau_m = \frac{9 \cdot 8,9 \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{0,96 \cdot 1,095 \cdot 1,5} = 30,5 \text{ хв.}$$

$$\tau'_m = 30,5 + 30,5 \cdot 0,2 = 36,6 \text{ хв}$$

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Величину $\tau_{об}$ - часу обслуговування, необхідного для завантаження деталей у барабан та їх вивантаження, для розрахунків приймають 1...3 хвилини.

$$\tau_{об} = 36,6 + 1 = 37,6 \text{ хв.}$$

Затрати часу на початковий запуск обладнання, кінцевого вивантаження барабану і на допоміжні операції враховуємо за допомогою коефіцієнта $K_{об}$, який для роботи в одну зміну становить 1,02.

На основі дійсного річного фонду часу роботи обладнання T_{δ} та тривалості обробки одного завантаження барабану τ визначаємо кількість оброблюваних завантажень n :

$$n = \frac{T_{\delta} \cdot 60}{\tau_{об} \cdot K_{об}}$$

$$n = \frac{3834,2 \cdot 60}{37,6 \cdot 1,02} = 5998,4$$

Тоді разове завантаження усіх ванн Y_c , m^2 :

$$Y_c = \frac{P_p}{n} m^2$$

$$Y_c = \frac{8160}{5998,4} = 1,36 m^2$$

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

$$Y_c^m = \frac{Y_c}{S_{пит.}}$$

де $S_{пит.}$ – питома площа деталі.

Площа однієї деталі:

$$S_{1дет} = 0,003045, m^2$$

$$S_{пит.} = \frac{S_{1дет.}}{m_{1дет.}} m^2 / кг,$$

де $m_{1дет.}$ – маса однієї деталі, складає 0,0533 кг.

$$S_{пит} = \frac{0,003045}{0,0533} = 0,0571 m^2 / кг,$$

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$U_c^T = \frac{1,36}{0,0571} = 23,81 \text{ кг}$$

Вихідними даними для розрахунку габаритних розмірів барабанів та їх кількості є величина маси одноразового завантаження деталей G та внутрішня довжина барабана l_b . Для розрахунку внутрішнього $D_{вн}$ і зовнішнього $D_{зов}$ діаметрів барабана визначаємо насипний об'єм деталей $V_{нас}$, який знаходимо як:

$$V_{нас} = (3...10) \cdot V_{дет} = (3...10) \cdot G / d_{дет}$$

де $d_{дет}$ – густина металу деталі (сталь 35 ГОСТ 1050, густина згідно з ГОСТ 4543 - 71 становить 7820 кг/м^3);

$V_{дет}$ – об'єм усіх деталей, м^3 .

$$V_{нас} = 5 \cdot \frac{23}{7820} = 0,0147 \text{ м}^3$$

Розраховуємо коефіцієнт заповнення барабану:

$$K_{зан} = \frac{V_{нас}}{V_{бар}}$$

де $V_{нас}$ – насипний об'єм деталей в барабані.

$V_{бар}$ – об'єм барабану.

$$V_{бар} = \frac{3\sqrt{3} \cdot a^2}{2} \cdot l_b$$

де a – розмір сторони шестигранника

Розраховуємо розмір сторони шестигранника a :

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

де $V_{нас}$ – насипний об'єм деталей для одного барабана, м^3 ;

l_b – внутрішня довжина барабана, м.

Внутрішню довжину барабана l_b приймаємо рівною 1 м, тоді розмір сторони шестигранника складає:

$$a = \sqrt{\frac{2,97 \cdot 0,0152}{1}} = 0,209 \approx 0,2 \text{ м}$$

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$V_{\text{бар}} \frac{3 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,2^2}{2} \cdot 1 = 0,104 \text{ м}^3$$

$$K_{\text{зап}} = \frac{0,0152}{0,104} \cdot 100\% = 14,65\%$$

Розміри барабана пов'язані з величиною сторони шестикутника a співвідношеннями:

$$D_{\text{вн}} = a\sqrt{3}, \quad D_{\text{зов}} = 2a + 2t,$$

де $D_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр барабана, м;

$D_{\text{зов}}$ – зовнішній діаметр барабана, м.

Тоді:

$$D_{\text{вн}} = 0,2 \cdot \sqrt{3} = 0,3464 \text{ м}$$

$$D_{\text{зов}} = 2 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,005 = 0,41 \text{ м}$$

де t – товщина стінок барабана, її величину приймається рівною 5 мм.

Висоту шару деталей у барабані розраховуємо за формулою:

$$h = \frac{1}{6} \cdot D_{\text{вн}},$$

$$h = \frac{1}{6} \cdot 0,34 = 0,058 \text{ м}$$

Розрахунок габаритних розмірів ванни для барабана виконується у наступній 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 0,25 м.

Отже, внутрішня довжина ванни для барабана складає:

$$l = 1 + 2 \cdot 0,25 = 1,5 \text{ м}$$

- внутрішня ширина ванни B , м:

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

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

де B_1 – відстань між анодом і ближнім краєм барабана, приймаємо рівною 0,15 м;

B_2 – відстань між анодом і повздовжньою стінкою ванни, приймаємо рівною 0,10 м;

B_A – товщина анодів, яка складає 0,05 м.

Отже, внутрішня ширина ванни складає:

$$B = 0,41 + 2 \cdot 0,10 + 2 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,05 = 1,06 \text{ м}$$

- внутрішня висота ванни h , м:

$$h = h_1 + h_2 + h_0 + D_{зов},$$

де h_1 – відстань від дна ванни до нижнього краю барабана (по описаному колу), складає 0,2 м;

h_2 – відстань від дзеркала електроліту до верхньої частини барабана, складає 0,19 м;

h_0 – відстань від дзеркала електроліту до верхнього краю бортів ванни, приймаємо рівною 0,2 м;

$D_{зов}$ – зовнішній діаметр барабана, м.

Отже, внутрішня висота ванни складає:

$$h = 0,2 + 0,19 + 0,2 + 0,41 = 1,0 \text{ м.}$$

Кількість ванн з барабанами n_0 розраховується за формулою:

$$n_0 = \frac{Y^m}{G},$$

Отже, кількість ванн з барабанами складає:

$$n_0 = \frac{23,81}{23} = 1,03 \sim 1$$

Необхідно врахувати залишок 0,03 у коефіцієнті завантаження одного барабану:

$$K_{зап} = 11,65 + \left(\frac{1,03-1}{1} \right) \cdot 100\% = 17,15 \%$$

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В результаті проведених розрахунків габаритних розмірів обладнання, обирається барабанний електролізер згідно з нормалізованим і приведеним у каталогах обладнанням.

Обраний для процесу барабанний електролізер має наступні характеристики:

- максимальне завантаження по масі – 23 кг;
- частота обертання – 5 об/хв.;
- діаметр описаного кола – 0,4 м;
- довжина – 1 м;

Тоді, обираємо ванну, яка має наступні габаритні внутрішні розміри, м:

- довжина – 1,5;
- ширина – 1,06;
- висота – 1.

1.2.4. Баланс струму на гальванічній ванні

Розрахунок сили струму на ванні необхідний для подальшого вибору джерела живлення постійним струмом. Силу струму I , А на однопозиційній ванні визначаємо як добуток величини технологічної густини струму на катоді I_k , А/м² на площу деталей одноразового завантаження S_{O3} , м²:

$$I = K \cdot i_k \cdot S_{O3},$$

де K – коефіцієнт, який враховує втрати електрики на осаджування металу на контактах підвісного пристрою, обирається рівним 1,15.

Для розрахунків обирається одне з допустимого за технологією інтервалу значень катодної густини струму, яке становить 1,5 А/дм² (150 А/м²) [3].

Площу одноразового завантаження деталей одного барабану S_{O3}^1 , м² визначаємо за формулою:

$$S_{O3}^1 = \frac{Y_m^c}{m_{1дет}} \cdot S_{1дет} = \frac{23,81}{0,0533} \cdot 0,003045 = 1,36 \text{ м}^2$$

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Отже, сила струму на однопозиційній ванні нікелювання складає:

$$I = 1,15 \cdot 150 \cdot 1,36 = 234,66 \text{ A}$$

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

У сульфатному електроліті нікелювання на електродах перебігають наступні електрохімічні процеси:

на катоді:



на аноді:



Тоді, сила струму, яка витрачається на кожну реакцію:

на катоді:

$$I_{k1} = \frac{I \cdot B_{k1}}{100} = \frac{234,66 \cdot 96}{100} = 225,27 \text{ A};$$

$$I_{k2} = \frac{I \cdot B_{c2}}{100} = \frac{234,66 \cdot 4}{100} = 9,386 \text{ A};$$

на аноді:

$$I_{a1} = \frac{I \cdot B_{a1}}{100} = \frac{234,66 \cdot 100}{100} = 234,66 \text{ A};$$

Результати розрахунків зводимо у Таблицю 1.4.

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4 – Баланс електрики ванни нікелювання на одну годину роботи.

Надходження	Q, А·год	%	Витрати	Q, А·год	%
На катоді: Від зовнішнього джерела струму	225,27	100	$Ni^{2+} + 2e = Ni;$ $2H^+ + 2e = H_2$	225,27 9,386	96 4
Разом	225,27	100	Разом	225,27	100
На аноді: Від зовнішнього джерела струму	225,27	100	$Ni = Ni^{2+} + 2e$	225,27	100
Разом	225,27	100	Разом	225,27	100

1.2.5. Визначення напруги на гальванічній ванні барабанного типу, складання балансу напруги

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

Напруга на ванні з барабанним електролізером U_{σ} визначається за формулою:

$$U_{\sigma} = E_a - E_k + \Delta U_{ом} + \Delta U_I + \Delta U_k + \Delta U_{перф} + \Delta U_{\sigma 1} + \Delta U_{\sigma 2},$$

де $(E_k - E_a)$ – різниця електродних потенціалів анода і катода під струмом;

$\Delta U_{ом}$, ΔU_I , ΔU_k – омичне падіння напруги в електроліті, у провідниках першого роду та в контактах;

$\Delta U_{перф}$ – падіння напруги в отворах барабана;

ΔU_{σ} – додаткове падіння напруги між деталями в барабані в результаті їх переміщення при обертанні.

Тобто, падіння напруги в контактах і провідниках першого роду складає:

$$\Delta U_I + \Delta U_k = 0,1 \cdot U_{\sigma},$$

а додаткове падіння напруги між деталями в барабані в результаті їх переміщення при обертанні розраховуємо за формулою:

$$\Delta U_{\sigma 1} = \frac{E_a - E_k + \Delta U_{om} + \Delta U_{перф} + \Delta U_{\sigma}}{0,9}.$$

Падіння напруги в отворах барабана визначаємо як:

$$\Delta U_{перф} = \frac{i_k \cdot S_{oz} \cdot \delta_c \cdot \rho_e}{6 \cdot a \cdot l_{\sigma} \cdot K_n},$$

де $S_{oz} = 1,36 \text{ м}^2$ – поверхня деталей, завантажених у барабан;

$\delta_c = 0,005 \text{ м}$ – товщина стінки барабана;

$\rho_e = 2,5 \cdot 10^{-2}$ – питомий електричний опір електроліту, Ом·м[5];

$a = 0,2 \text{ м}$ – розмір сторони шестигранника;

$l_{\sigma} = 1 \text{ м}$ – довжина барабана;

K_n – ступінь перфорації поверхні барабана (приймаємо 0,25) [5].

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

$$\Delta U_{\sigma 2} = 0,4 \cdot (E_a - E_k + \Delta U_{om} + \Delta U_{перф}), \text{ В}$$

Середню густину струму в міжелектродному просторі розраховуємо за формулою:

$$i_{cp} = \sqrt{i_k \cdot i_a},$$

У процесі електролізу на катоді утворюється водень, бульбашки якого заповнюють міжелектродний простір, то при визначенні падіння напруги в електроліті враховуємо вплив газонаповнення на омичний опір. У цьому разі ΔU_{om} визначаємо за формулою:

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

де K – коефіцієнт, який враховує збільшення опору за рахунок газонаповнення, величину K приймаємо рівною 1,15 [5]

i_{cp} – середня густина струму в міжелектродному просторі, А/м²;

l_{a-k} – відстань між анодом і ближнім краєм барабана, м..

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Отже, мінімальну напругу на джерелі струму розраховується за формулою:

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

Вихідні дані для розрахунку балансу напруги:

Катодна густина струму $i_k = 150 \text{ A/m}^2$;

Анодна густина струму $i_a = 100 \text{ A/m}^2$;

Потенціал нікелевого катода $E_k = -0,73 \text{ B}$ [5]

Потенціал нікелевого анода $E_a = 0,43 \text{ B}$ [5]

Питомий електричний опір електроліту $\rho_e = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{м}$;

Відстань між анодом і ближнім краєм барабана $l_{a-k} = 0,15 \text{ м}$.

Знаходимо різницю потенціалів катода і анода:

$$E_a - E_k = 0,43 - (-0,73) = 1,16 \text{ B}$$

При середній густині струму, яка проходить через електроліт:

$$i_{cp} = \sqrt{i_k \cdot i_a} = \sqrt{150 \cdot 100} = 122,47 \text{ A/m}^2$$

Падіння напруги в електроліті становитиме:

$$\Delta U_{om} = 1,15 \cdot 122,47 \cdot 0,15 \cdot 2,5 \cdot 10^{-2} = 0,528 \text{ B}$$

Падіння напруги в отворах барабана становитиме:

$$\Delta U_{перф} = \frac{150 \cdot 1,36 \cdot 0,005 \cdot 0,025}{6 \cdot 0,2 \cdot 1 \cdot 0,25} = 0,085 \text{ B}$$

Падіння напруги між деталями у барабані в результаті їх переміщення в барабані становитиме:

$$\Delta U_{\phi 1} = 0,4 \cdot (1,16 + 0,528 + 0,085) = 0,709 \text{ B}$$

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

$$\Delta U_{\phi 2} = \frac{1,16 + 0,528 + 0,085 + 0,709}{0,9} = 2,76 \text{ B}$$

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Падіння напруги в контактах і провідниках першого роду складає:

$$\Delta U_l + \Delta U_k = 0,1 \cdot 2,76 = 0,276 \text{ В}$$

Отже напруга на ванні з барабанним електролізером U_6 становить:

$$\Delta U_6 = 1,5 + 0,528 + 0,085 + 0,709 + 0,276 + 2,76 = 5,52 \text{ В}$$

Мінімальна напруга на джерелі струму U_{dc} складає:

$$U_6^{min} = 1,1 \cdot 5,52 = 6,07 \text{ В}$$

Результати розрахунків зводимо у Таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 – Баланс напруги на ванні нікелювання

Надх одження	U, В		Витрати	U, В	%
Напруга на ванні	5,52	100	Різниця потенціалів під струмом $E_a - E_k$	1,16	21,01
			Падіння напруги в електроліті ΔU_{om}	0,528	9,56
			Падіння напруги на електродах, контактах і провідниках $\Delta U_1 + \Delta U_k$	0,276	5
			Падіння напруги на отворах барабану $\Delta U_{перф}$	0,085	1,54
			Падіння напруги між деталлями у барабані в результаті перемішування ΔU_6	3,469	62,84
Разом	5,52	100	Разом	5,52	100

1.2.6. Вибір джерела струму для гальванічної ванни

Виходячи із сили струму і напруги на ванні із урахуванням падіння напруги в шинопроводах, було вибрано джерело постійного струму серії ТЕ1-400/12Т який має такі характеристики:

- номінальна напруга – 12 В;

- номінальний струм – 400 А.

Для вибраного випрямного агрегату визначаємо коефіцієнт завантаження:

$$K = \frac{N_{dc}}{N_{пасп}},$$

де N_{dc} – потужність, необхідна для виконання завданої програми, кВт; $N_{пасп}$ – паспортна потужність вибраного агрегату, рівна 4,8 кВт.

$$N_{dc} = U \cdot I \cdot 10^{-3},$$

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

I – сила струму на однопозиційній ванні, А.

Тоді, потужність, необхідна для виконання завданої програми складає:

$$N_{DC} = 6,07 \cdot 234,7 \cdot 10^{-3} = 1,42 \text{ кВт}$$

Отже, коефіцієнт завантаження вибраного випрямного апарату складає:

$$K = \frac{1,42}{4,8} = 0,297$$

1.2.7. Визначення джоулевої теплоти та складання балансу енергії на ванні

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

$$W_{заг} = W_{хім} + W_{дж}.$$

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

$$W_{заг} = U \cdot I \cdot \tau \cdot 60 \cdot 10^{-3} \text{ кДж},$$

де I – струм на ванні, А;

U – напруга на ванні, В;

τ – час роботи ванни під струмом, с.

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Баланс енергії складаємо на одну годину роботи ванни.

Електрична енергія, яка витрачається на перебіг процесу в одній ванні складає:

$$W_{\text{заг}} = 6,07 \cdot 234,7 \cdot 36,6 \cdot 60 \cdot 0.001 = 3127,1 \text{ кДж/год}$$

Для гальванічних процесів, які ідуть із розчинними анодами з виходом за струмом на катоді, близьким до 100 % $W_{\text{заг}} \approx W_{\text{дж}}$. Результати заносимо у таблицю 1.6.

Таблиця 1.6 – Баланс енергії на ванні нікелювання:

Надходження	W, кДж	%	Витрати	W, кДж	%
Електрична енергія від джерела струму	3127,1	100	Джоулеве тепло	3127,1	100
Разом	3127,1	100	Разом	3127,1	100

1.2.8. Тепловий розрахунок для гальванічних ванн

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

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

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

де $C_1 = 3060$ Дж/кг·К – теплоємність електроліту [6];

$d_1 = 1,17$ кг/м³ – густина електроліту [6];

V_1 – об'єм електроліту, м³;

$C_2 = 1700$ Дж/кг·К – теплоємність корпусу ванни [6, 2];

$m_2 = 300$ кг - маса ванни;

C_3 – теплоємність анодів $443 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$;

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

m_3 – маса анодів, кг.

$$V_1 = K_{\text{зап}} \cdot V_{\text{ванни}} = 0,8 \cdot 1,59 = 1,272 \text{ м}^3;$$

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

$$m_3 = \rho_a \cdot V_a \cdot 2$$

Довжина та висота аноду вибирається таким чином, щоб їх добуток був приблизно рівним площі одноразового завантаження деталей, помноженій на 2,7, а співвідношення - рівним співвідношенню довжини до висоти підвісного пристрою. Робоча площа одного аноду складає 3,67 м², об'єм – 0,018 м³.

$$m_3 = 8902 \cdot 0,018 \cdot 2 = 320 \text{ кг} - \text{маса анодів у ванні};$$

$$t_k^o = 20 + \frac{3127,1 \cdot 10^3}{1,272 \cdot 3060 \cdot 1,17 + 1700 \cdot 300 + 443 \cdot 320} = 24,76^\circ\text{C}.$$

Згідно розрахунку розігріву електроліту практично не відбувається, тримається робоча температура, тому охолодження не потрібно.

1.2.9. Розрахунок витрат матеріалів

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

1.2.9.1. Розрахунок витрат анодів

Розрахунок витрат анодів на початковий запуск обладнання

Витрати розчинних анодів на запуск обладнання (кг) визначаємо за формулою:

$$G_{\text{аз}} = K_1 \cdot K_2 \cdot n_{\text{аш}} \cdot l_{\text{В}} \cdot h_{\text{В}} \cdot \delta_{\text{а}} \cdot d_{\text{а}} \cdot n_{\text{В}},$$

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;

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

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$l_B = 1,5$ м – внутрішня довжина ванни;

$h_B = 1,0$ м – внутрішня висота ванни;

$d_a = 8900$ кг/м³ – густина матеріалу анодів [7];

$\delta_a = 0,05$ м – товщина анодів;

$n_B = 1$ – кількість ванн даного типу.

Отже, витрати розчинних анодів на запуск обладнання складають:

$$G_{az} = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 8900 \cdot 0,05 \cdot 1 = 640,8 \text{ кг}$$

Витрати розчинних анодів на виконання річної виробничої програми

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

$$G_{an} = S \cdot A_n \cdot \delta_n, \text{ кг},$$

де $S = 8160$ м² – площа нанесеного покриття при виконанні річної програми;

$\delta_n = 9$ мкм – товщина покриття;

A_p – норма витрат розчинних анодів для нанесення покриття

товщиною 1 мікрометр, яку визначають за формулою:

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

де $k_1 = d_m$ – густина металу покриття, кг/м³;

$$A_p = 8900 \cdot 1,06 \cdot 10^{-6} = 0,009434 \text{ кг/м}^2$$

$$G_{an} = 8160 \cdot 0,009434 \cdot 9 = 629,833 \text{ кг}.$$

1.2.9.2. Розрахунок витрат хімічних реактивів

Витрати хімічних реактивів на початковий запуск обладнання

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

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

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

де C_i – концентрація відповідного компонента електроліту, кг/м³;

$V_B = 1,59 \text{ м}^3$ – робочий об'єм ванни;

$n_B = 1$ – кількість ванн даного типу.

До складу електроліту водять наступні речовини з концентрацією:

$$C_{\text{NiSO}_4} = 200 \text{ кг/м}^3$$

$$C_{\text{NiCl}_2} = 40 \text{ кг/м}^3$$

$$C_{\text{H}_3\text{BO}_3} = 40 \text{ кг/м}^3$$

$$C_{\text{NaSO}_4} = 80 \text{ кг/м}^3$$

Тоді, витрати кожного компонента електроліту складають:

$$G_{\text{NiSO}_4} = 200 \cdot 1,59 = 318 \text{ кг,}$$

$$G_{\text{NiCl}_2} = 40 \cdot 1,59 = 63,6 \text{ кг,}$$

$$G_{\text{H}_3\text{BO}_3} = 40 \cdot 1,59 = 63,6 \text{ кг,}$$

$$G_{\text{NaSO}_4} = 80 \cdot 1,59 = 127,2 \text{ кг.}$$

Витрати хімічних реактивів на виконання річної виробничої програми

Розрахунок витрат кожного компонента здійснюється за формулою:

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

де V_{BT} – сумарний об'єм електроліту, який вноситься із ванни при виконанні річної виробничої програми, м³.

Величину V_{BT} визначаємо як:

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

де $S = 8160 \text{ м}^2$ – сумарна поверхня деталей, яка обробляється за рік;

коефіцієнт 1,15 – враховує площу занурюваної частини підвісок;

$A_e = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{м}^2$ – норма витрат електроліту, який вноситься з деталями [5].

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Тоді, сумарний об'єм електроліту, який виноситься із ванни при виконанні річної виробничої програми складає:

$$V_{BT} = 1,15 \cdot 8160 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4} = 1,08 \text{ м}^3,$$

Отже, витрати кожного компонента електроліту на виконання виробничої програми складають:

$$G_{NiSO_4} = 200 \cdot 1,08 = 215,8 \text{ кг},$$

$$G_{NiCl_2} = 40 \cdot 1,08 = 43,17 \text{ кг},$$

$$G_{H_3BO_3} = 40 \cdot 1,08 = 43,17 \text{ кг},$$

$$G_{NaSO_4} = 80 \cdot 1,08 = 86,33 \text{ кг}.$$

1.2.9.3. 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.

У даному проекті визначаємо лише витрати води на процес електролітичного нанесення покриття та промивання деталей.

Витрати води на приготування електроліту

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

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

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

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

Величину C_{H_2O} визначаємо за формулою:

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

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

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

$$C_{H_2O} = 1170 - (200 + 40 + 40 + 80) = 1410 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарні витрати електроліту знаходимо за формулою:

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

де $V_B = 1,59 \text{ м}^3$ – об'єм ванни;

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

$n_B = 1$ – кількість ванн даного типу.

$V_{\text{ВТ}} = 1,08 \text{ м}^3$ – об'єм електроліту, винесеного деталями.

Отже, сумарні витрати електроліту складають:

$$V_{\text{заг}} = V_B \cdot K_{\text{зап}} \cdot n_B + V_{\text{ВТ}};$$

$$V_{\text{заг}} = 1,59 \cdot 0,8 \cdot 1 + 1,08 = 2,35 \text{ м}^3.$$

Тоді, витрати води на приготування електроліту складають:

$$G'_{\text{H}_2\text{O}} = 1410 \cdot 2,35 = 3315 \text{ кг}.$$

Витрати води на випаровування з поверхні електроліту

Такі витрати води $C_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{IV}}$ (кг) розраховуємо за формулою:

$$C_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{IV}} = \frac{45,6 \cdot K_B \cdot S_e \cdot (P_{\text{H}_2\text{O}} - P_{\text{II}}) \cdot T_d \cdot n_B}{P_6},$$

де $45,6$ – коефіцієнт пропорційності, $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$;

$K_B = 0,56$ – коефіцієнт, величина якого залежить від швидкості руху

повітря над дзеркалом електроліту;

$S_e = 1,59 \text{ м}^2$ – поверхня дзеркала електроліту;

$n_B = 1$ – кількість ванн даного типу;

P_{II} – парціальний тиск водяної пари за температури та вологості навколишнього середовища, Па.

Величину P_{II} визначаємо за формулою:

$$P_{\text{II}} = \frac{P_S \cdot \varphi}{100},$$

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

де $P_S = 3173$ Па – тиск насиченої водяної пари за температури повітря повітря навколишнього середовища 298 К; $\varphi=70$ % – вологість повітря в умовах цеху.

$$P_{\Pi} = \frac{3173 \cdot 70}{100} = 2221,1 \text{ Па},$$

Отже, витрати води на випаровування з поверхні електроліту складають:

$$C_{H_2O}^{IV} = \frac{45,6 \cdot 0,56 \cdot 1,84 \cdot (3173 - 2221,1) \cdot 3834,2 \cdot 1}{101308} = 1692,7 \text{ кг}.$$

Витрати води на винесення із газами

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

$$C_{H_2O}''' = C'_{H_2O} \cdot V_2^t \cdot n_6,$$

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

V_2^t – загальний об'єм вологого газу, який виділяється за температури електролізу, м³.

Величину C'_{H_2O} визначають як:

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

де $P_{H_2O} = 2,334$ кПа – парціальний тиск парів води за температури електролізу;

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

$$C'_{H_2O} = 0,805 \cdot \frac{2,334}{101,308 - 2,334} = 0,02 \text{ кг/м}^3$$

Для визначення величини V_2^t спочатку визначають об'єми водню, приведені до нормальних умов:

Об'єм водню приведені до нормальних умов, м³:

$$V_{H_2}^0 = 0,418 \cdot I \cdot T_d \cdot V_c \cdot 10^{-5}$$

$$V_{H_2}^0 = 0,418 \cdot 234,66 \cdot 3834,2 \cdot 4 \cdot 10^{-5} = 15,04 \text{ м}^3.$$

Об'єм вологого газу за температури електролізу:

$$V_{\Gamma}^t = \frac{V_{H_2}^0 \cdot 101,308 \cdot (273 + t_{ел})}{273 \cdot (P_6 - P_{H_2O})},$$

де $t_{ел} = 20$ °С – температура електролізу,

$$V_{\Gamma}^t = \frac{15,04 \cdot 101,308 \cdot (273 + 20)}{273 \cdot (101,308 - 2,334)} = 16,52 \text{ м}^3.$$

Звідси:

$$G_{H_2O}''' = 0,02 \cdot 16,52 \cdot 1 = 0,33 \text{ кг}.$$

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Витрати води на розкладання при електролізі

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

$$C''_{H_2O} = I \cdot \frac{18 \cdot \Gamma_d \cdot V'_c}{2 \cdot 26,8} \cdot 10^{-5}, \quad (4.87)$$

де $V'_c = 4\%$ – вихід за струмом для побічного процесу розкладання води.

$$C''_{H_2O} = 234,66 \cdot \frac{18 \cdot 3834,2 \cdot 4}{2 \cdot 26,8} \cdot 10^{-5} = 12,08 \text{ кг.}$$

Витрати води на промивні операції

Витрати води на промивання деталей у значній мірі залежать від кількості ступенів 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 [5];

$P_r = 2,13 \text{ м}^2 / \text{год}$ – годинна виробнича програма ванни;

K – критерій остаточного промивання деталей, який визначається за співвідношенням:

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

де $C_0 = 200 \text{ г/дм}^3$ – концентрація основного компонента у ванні, після якого проводиться промивання;

$C_k = 0,0001 \text{ г/дм}^3$ – гранично допустима концентрація основного компонента у воді після промивання.

Оскільки перед промиванням деталей здійснюється уловлювання електроліту, то для розрахункових витрат води вводимо коефіцієнт рівний 0,4.

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Отже, критерій остаточного промивання деталей складає:

$$K = \frac{200}{0,0001} \cdot 0,4 = 800000$$

Тоді, погодинна витрата води складає:

$${}_2V_{\text{год}} = 0,12 \cdot \sqrt{800000} \cdot 2,13 = 229 \text{ дм}^3/\text{год}$$

Сумарні витрати води на промивання при виконанні виробничої програми визначаємо за формулою:

$$V_{\text{сум}} = {}_2V_{\text{год}} \cdot T_{\text{д}} \cdot 1,5,$$

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

Отже, сумарні витрати води на промивання при виконанні виробничої програми складають:

$$V_{\text{сум}} = 229 \cdot 3834,2 \cdot 1,5 = 1314,8 \text{ м}^3.$$

Сумарні витрати води на весь процес електролізу складають:

$$\sum V = 3315 + 1692,7 + 0,33 + 12,08 + 1314,8 = 104740,57 \text{ кг}$$

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАЛЬВАНІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Автоматизація хімічних виробництв дозволяє підвищити якість продукції, знизити собівартість, скоротити кількість оперативного персоналу, збільшити продуктивність праці і підвищити культуру виробництва.

Але умови хімічного виробництва і сам виробничий процес мають ряд особливостей, які потрібно враховувати. В основі організації виробничого процесу лежить раціональне поєднання в просторі і в часі всіх основних, допоміжних і обслуговуючих процесів.

У даному дипломному проекті для організації автоматичної лінії гальванічного нікелювання і автоматичного підтримання значень технологічних параметрів заданих технологічним режимом вводиться система контрольно-вимірювальних пристроїв та засобів регулювання. Автоматичне управління процесом нікелювання забезпечується як з центрального пульта управління, так і з місця установки приладів [6].

Мета автоматизації даного виробництва – нанесення нікелевого покриття на дрібні сталеві деталі по даним стандартам якості.

Задана задача вирішується з виконанням наступних вимог:

1. Відповідність витрати електроліту технологічному регламенту.
2. Відповідність заданої температури у ванні технологічному регламенту.
3. Відповідність концентрації компонентів електроліту технологічному регламенту.
4. Відповідність режиму електролізу технологічному регламенту.

Основними параметрами з якими пов'язане налагодження автоматичної лінії є: регулювання і контроль рівня у ванні, баках з розчинами кислоти, температури, рН, густини струму і напруги на ванні за допомогою відповідних приладів регулювання.

Параметри регулювання і контролю подані в Таблиці 2.1.

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

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 нікелювання, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	рівень	0,8...0,85 м	контроль регулювання сигналізація
2	Стадія нікелювання, замір параметру проводиться в баці з електрлітом	рівень	0,7...0,75	контроль
3	Стадія нікелювання, замір параметру проводиться в баці з розчином кислоти	рівень	0,7...0,75	контроль
4	Стадія нікелювання, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	сила струму	235 А	контроль
5	Стадія нікелювання, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	напруга на ванні	5,52 В	контроль регулювання
6	Стадія нікелювання, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	pH	5,2...5,8	контроль регулювання

В даній автоматизованій системі температуру не вимірюють, тому що електроліз проводиться в інтервалі кімнатних температур протягом року у приміщенні з регульованим кліматом.

У процесі нікелювання може змінюватись як склад електроліту так і його об'єм. Об'єм електроліту може змінюватись при його розбризкуванні під час вивантаження деталей. Зміна складу електроліту призводить до

зниження якості осаджуваного покриття, гіршої адгезії з поверхнею деталі. Тому рівень і склад електроліту у ванні необхідно підтримувати автоматично.

Густину струму необхідно регулювати, тому що при її зменшенні швидкість нанесення покриття падає, а при вищій осадження нікелю може вийти на граничний струм, можливе дендритоутворення.

Для регулювання рівня використовується передавальний перетворювач рівня з пневматичним вихідним сигналом (1 – 1, 2 – 1, 3 – 1). Даний прилад призначений для неперервного перетворення рівня рідини в пропорційний сигнал дистанційної передачі – пневматичний. Також використовується вторинний прилад із дистанційним керуванням (2 – 2, 3 – 2) і регулювальний блок (2 – 3), в якості виконавчого механізму застосовано мембранний пневмопривід [6].

Контроль рН електроліту виконується за допомогою сигналу з концентратоміра (4-1), сигнал якого надходить на вторинний автоматичний індикаторний показувальний, реєструвальний прилад (4-3).

Контроль і регулювання сили струму та напруги на клемах ванни виконується за допомогою випрямного апарату для гальванічних ванн ТЕ1-400/12Т (5-1) [6].

Специфікація на використані технічні засоби наведена у додатку А.

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

3. ЕКОНОМІКО – ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

3.1 Підприємство у промисловій структурі держави

Для того щоб виконувалася організаційно-економічна частина завдання згідно «Галузевої інструкції з планування, обліку виробництва та калькуляції собівартості на підприємствах хімічної промисловості», необхідно розрахувати техніко-економічні показники цеху нікелювання та повну собівартість продукції [7,8].

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

Організаційно-правова форма: фізична особа підприємець.

Класифікаційні ознаки підприємства:

1. за формою власності – приватне;
2. за формою реєстрації – фізична особа;
3. за спеціалізацією 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 виробництві нікелевого матового покриття для доступних гайок з захисними властивостями.

Основні завдання, які вирішує підприємство:

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

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.

Схема організаційної структури підрозділу хімічного виробництва по гальванічному нанесенні хрому: лінійна структура.

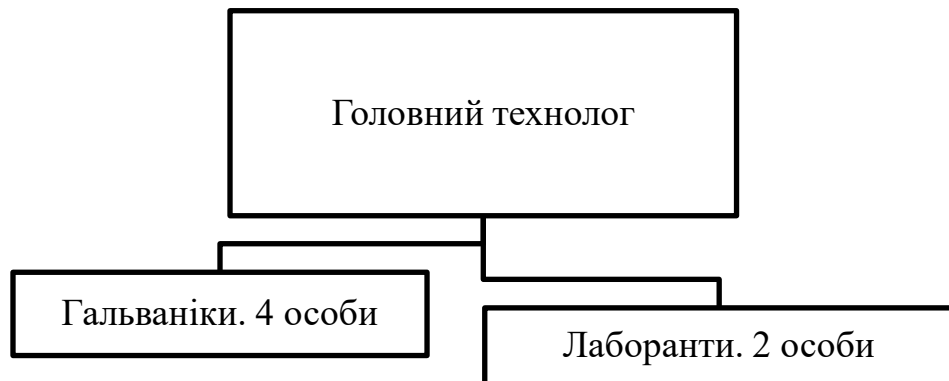


Рис. 3.1. Організаційна структура підрозділу хімічного виробництва по гальванічному нанесенні хрому

3.2. Технологічна підготовка виробництва

Класифікація виробничих процесів підприємства.

Нанесення нікелевого матового покриття на сталеві деталі здійснюється за технологічною схемою, що складається з операцій наведених в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Класифікація виробничих процесів

Вид виробничого процесу	Найменування операції	Тривалість, хв
1	2	3
Основні	1. Закупівля і транспортування сировини;	120
	2. Приготування робочих розчинів;	30
	3. Загрузка деталей у барабан;	3
	4. Знежирення хімічне;	20
	5. Промивання тепле;	1
	6. Промивання холодне;	1
	7. Знежирення хімічне;	20
	7. Промивання тепле;	1
	8. Промивання холодне;	1
	9. Травлення хімічне;	20
	10. Промивання холодне;	1
	11. Активація;	0,25
	13. Нікелювання електрохімічне;	36,6
14. Промивання холодне;	1	
15. Промивання тепле	1	
19. Висушування;	60	
20. Вигрузка деталей з барабану;	3	
21. Контроль якості.	5	
	Загальна тривалість основного процесу	324,85
Допоміжні	1. Упакування та відправлення продукції на склад.	
	2. Закупівля та транспортування сировини	
Побічні	1. Очищення стічних вод.	

Визначення оптимального виду руху предметів праці. Річна програма становить 8160 м². Тоді добова виробнича програма складає:

$$P_{доб} = \frac{8160}{250} = 32,64 \text{ м}^2/\text{день},$$

де 250 доби – кількість робочих діб у календарному році. Виробничий режим підрозділу дві зміни на день по 8 годин на день.

Тоді виробнича програма зміни становить:

$$P_{змін} = \frac{32,64}{2} = 16,32 \text{ м}^2/\text{зміну}.$$

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

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$m = \frac{P_{змін}}{Ус} = \frac{16,32}{1,36} = 11,99 \approx 12 \text{ завантажень/зміну,}$$

де $Ус$ – площа разового завантаження ванни нікелювання, яка наведена в технологічних розрахунках.

Сумарний час всіх основних операцій приведено в таблиці 3.1.

Розрахується випуск для різних ВРПП [7]:

1. Для послідовного:

$$N_{завант} = \frac{T_{в.ц.}^{посл}}{\sum_{i=1}^{21} t_i} = \frac{16 * 60}{324,85} = 3 \text{ рази,}$$

$$V_{посл}^{Річ} = 3 * 250 * 0,952 = 714 \text{ м}^2;$$

№ операції

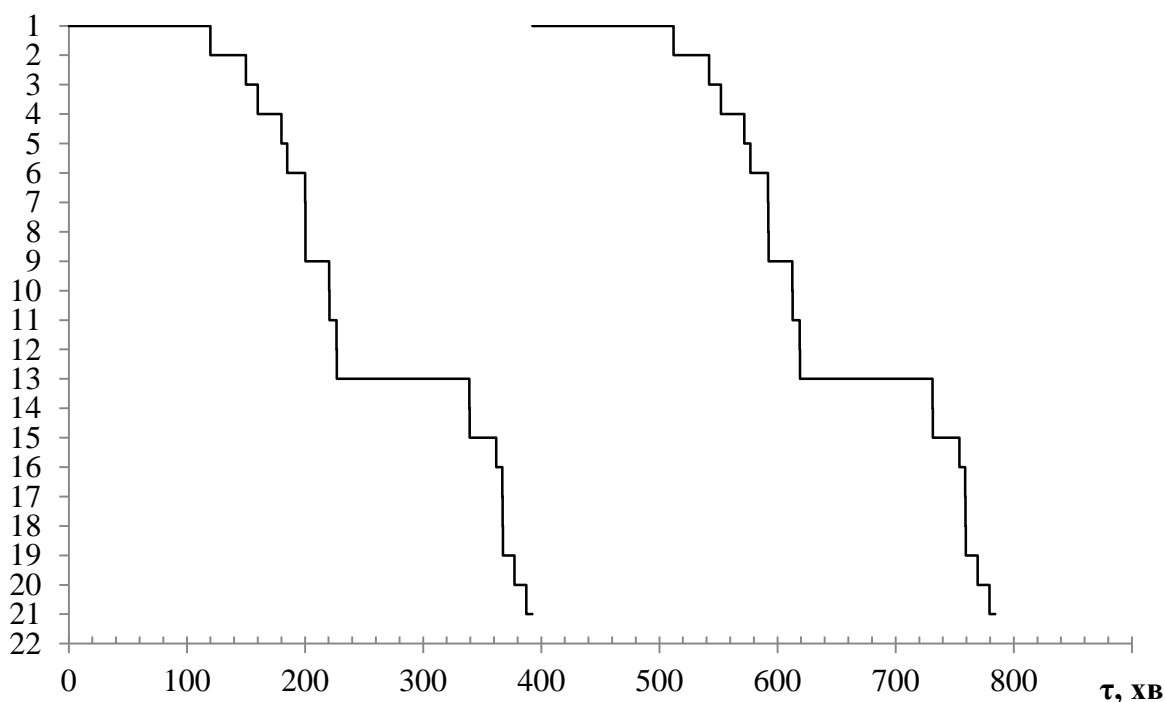


Рис. 3.2 Графік послідовного ВРПП

2. Для паралельного:

$$N_{завант} = \frac{T_{в.ц.}^{пар} + t_{max} - \sum_{i=1}^{21} t_i}{t_{max}} = \frac{16 * 60 + 120 - 324,85}{120} = 6 \text{ разів,}$$

$$V_{пар}^{Річ} = 6 * 250 * 0,956 = 1434 \text{ м}^2;$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

№ операції

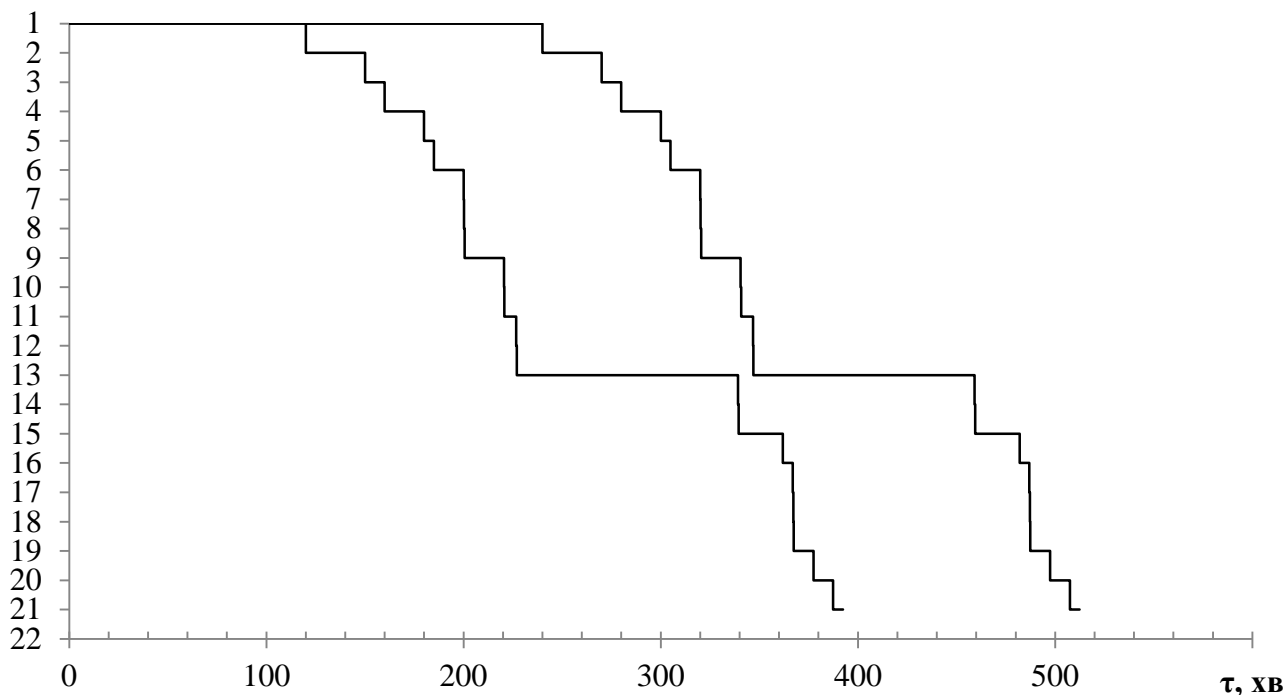


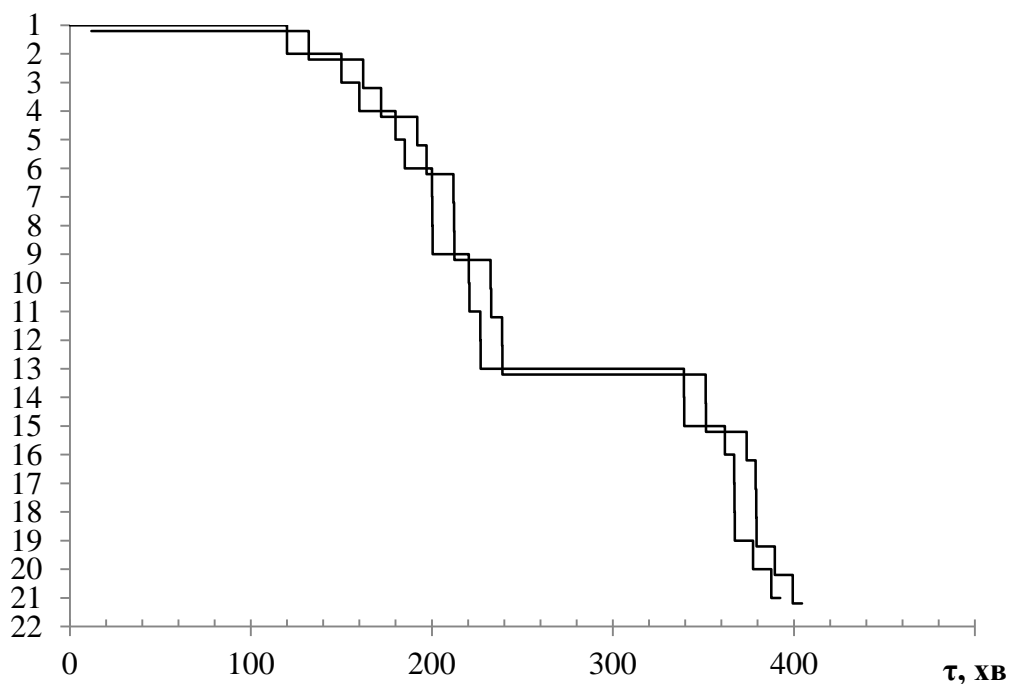
Рис. 3.3 Графік паралельного ВРПП

3. Для синхронізованого:

$$N_{\text{завант}} = \frac{T_{\text{В.Ц.}}^{\text{синх}} + R - \sum_{i=1}^{21} t_i}{R} = \frac{16 * 60 + 18 - 324,85}{18} = 36 \text{ разів,}$$

$$V_{\text{синх}}^{\text{річ}} = 36 * 250 * 0,956 = 8604 \text{ м}^2$$

№ операції



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

Суб'єкт контролю:

1. головний технолог.

Види контролю:

1. за рівнем технічного контролю – ручний;
2. за параметрами, що визначаються – геометричний, якісний;
3. за стадіями процесу – вхідний, поточний, вихідний;
4. за охопленням об'єктів контролю – груповий;
5. за обсягом – вибірковий.

3.3 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

Таблиця 3.4 - Склад основних фондів підприємства

№	Найменування обладнання	Кількість одиниць	Вартість, грн
1	Ванна промивання в теплій воді	1	2 000
2	Ванна промивання в холодній воді	2	2 000
3	Ванна уловлювання каскадного типу	1	14 000
4	Ванна хімічного знежирення	1	8 000
5	Ванна хімічного травлення	1	8 000
6	Ванна анодної активації	1	8 000
7	Ванна електрохімічно нікелювання	10	120 000
8	Барабанний електролізер	10	200 000
9	Система автоматизації	2	19 000
10	Сушильна шафа	1	9 000
11	Будівлі і споруди	-	240 000
12	Трубопроводи	-	35 000
13	Нематеріальні активи	-	16 000
Всього:		30	681 000

Термін експлуатації згідно рекомендацій із Податкового кодексу України.

Для обладнання – 5 років, меблів – 4, будівлі – 20 років, інвентарна тара – 6 років, трубопроводів – 15 років.

Затрати на ремонт обладнання = $0,05 \cdot \text{ціна обладнання} / \text{термін експлуатації} = 0,05 \cdot 362000 / 5 = 3620$ грн/рік

Таблиця 3.5 - Тарифна сітка цеху гальванічного нікелювання

Тарифні розряд	Тарифні коефіцієнти	Тарифні розряд	Тарифні коефіцієнти	Тарифні розряд	Тарифні коефіцієнти	Тарифні розряд	Тарифні коефіцієнти
1	1	6	1,47	11	2,04	16	2,71
2	1,09	7	1,58	12	2,17	17	2,86
3	1,18	8	1,69	13	2,30	18	3,01
4	1,27	9	1,80	14	2,42	19	3,16
5	1,36	10	1,82	15	2,58	20	3,31

Таблиця 3.6 Фонд заробітної плати цеху гальванічних покритті

Посада	Кількість осіб	Тарифний розряд	Тарифний коефіцієнт	Тарифна ставка, грн/год	Заробітна плата, грн	
					За день	За рік
Головний технолог	1	14	2,42	50,82	406,56	101640
Гальванік	2	10	1,82	38,22	305,76	76440
Лаборант	4	5	1,36	28,56	228,48	57120
Всього	7				942,8	235700

Примічання. Тарифна ставка однієї години роботи працівника першого розряду – 21 грн.

Тоді нарахування на ЗП:

$$H = 0,22 \cdot \text{ЗП} = 0,22 \cdot 235700 = 51854 \text{ грн}$$

Амортизація основних фондів:

1. Амортизація будівель та споруд:

$$A_{\text{буд}} = H_A^{\text{буд}} / T_{\text{ек}} = 240000 / 20 = 12000 \text{ грн/рік};$$

2. Амортизація приладів і обладнання:

$$A_{\text{обл}} = H_A^{\text{обл}} / T_{\text{ек}} = 390000 / 5 = 78000 \text{ грн/рік};$$

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

3. Амортизація нематеріальних активів:

$$A_{нм.а} = H_A^{нм.а} / T_{ек} = 16000 / 12 = 1333,33 \text{ грн/рік};$$

4. Амортизація трубопроводів:

$$A_{тр} = H_A^{тр} / T_{ек} = 35000 / 15 = 2333,33 \text{ грн/рік};$$

5. Всього:

$$A = 12000 + 78000 + 1333,33 + 2333,33 = 145521 \text{ грн/рік};$$

Витрати на електроенергію: потужність обладнання $N = 1,42 \text{ кВт}$, вартість 1 кВт·год становить 168 копійок [7].

Таблиця 3.7 Річні оборотні фонди цеху нікелювання.

Найменування	Ціна	Витрата на рік	Вартість, грн
Нікель сульфат, грн/кг	135	215,8	29133
Нікель хлорид, грн/кг	300	43,17	12951
Кислота борна, грн/кг	29	43,17	1251,93
Натрій сульфат, грн/кг	10	86,33	863,3
Вода, грн/м ³	3,69	1314,8 м ³	4851,612
Електроенергія, грн/кВт	1.68	8520	14313,6
Всього			63 363,442

Таблиця 3.8 Калькуляція продукції

№	Елементи	Витрати		% від собівартості
		На річну програму, грн/рік	На одиницю продукції, грн./м ²	
1	Амортизація	145 521	17,83	28 %
2	Оборотні фонди	63363,442	7,76	12 %
3	Заробітна плата	235700	28,88	46 %
4	Нарахування на ЗП	51854	6,35	10 %
5	Нематеріальні активи	16000	1,96	3 %
6	Затрати на ремонт	3620	0,44	1 %

6	Повна собівартість	516058,44	63,22	100%
---	--------------------	-----------	-------	------

3.4 Техніко-економічні показники

1. Прибуток:

$$\Pi = \text{Ц} - \text{С} = 120 - 63,22 = 56,78 \text{ грн/м}^2$$

2. Рентабельність:

$$P = \frac{\Pi}{\text{С}} \cdot 100 = \frac{56,78}{63,22} \cdot 100 = 89,81 \%$$

3. Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{\Pi}{\text{К}} = \frac{56,78 * 8160}{744\ 363,44} = 0,6224 \text{ грн/грн}$$

4. Капіталовкладення:

$$\text{К} = \text{ОЗ} + \text{ОбЗ} = 681\ 000 + 63363,442 = 744\ 363,44 \text{ грн}$$

5. Період повернення капіталовкладень:

$$T_{\text{пов.}} = \frac{1}{E} = \frac{1}{0,6224} = 1,607 \text{ роки}$$

6. Собівартість:

$$\text{С} = \text{А} + \text{ОбЗ} = 17,83 + 45,39 = 63,22 \text{ грн/м}^2$$

7. Чисельність персоналу явочна: 3 осіб на одну зміну.

8. Чисельність персоналу за списком: 6 осіб.

9. Фондовіддача основних засобів:

$$\text{ФВ}_{\text{ОЗ}} = \frac{\text{В}}{\text{ОЗ}} = \frac{8160 * 63,22}{681\ 000} = 0,7575 \text{ грн/грн}$$

10. Фондовіддача оборотних засобів:

$$\text{ФВ}_{\text{ОбЗ}} = \frac{\text{В}}{\text{ОбЗ}} = \frac{8160 * 63,22}{63\ 363,442} = 8,14 \text{ грн/грн}$$

11. Фондоємність основних засобів:

$$\text{ФЄ}_{\text{ОЗ}} = \frac{1}{\text{ФВ}_{\text{ОЗ}}} = \frac{1}{0,7575} = 1,32 \text{ грн/грн}$$

12. Фондоємність оборотних засобів

$$\text{ФЄ}_{\text{ОбЗ}} = \frac{1}{\text{ФВ}_{\text{ОбЗ}}} = \frac{1}{8,14} = 0,123 \text{ грн/грн}$$

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Висновок: в даній частині проекту розрахована собівартість нанесення покриття, а також основні техніко-економічні показники спроектованого цеху. Встановлено, що період повернення капіталовкладень становить 1,61 року, а отже, дане підприємство є рентабельним.

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5. Паспорт якості на вид продукції

НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського»

03056, м. Київ, пр-т Перемоги, 37,

Телефон: (044) 204 82 06

Паспорт якості

Документ про якість № 000000001 від «__» _____ 202__

Нікелеве покриття на сталеві деталі №

1. Договір № _____, від «__» _____ 202__
2. Замовник –
3. Назва виробу – Сталева гайка, покрита гальванічним шаром матового нікеля ГОСТ 1277-75
4. Партія №
5. Маса партії (макс. 23 кг)
6. Маса од. прод. – 0,053 гр.
7. Покриття деталей відповідно до вимог ГОСТ 9.303-84
8. Товщина покриття – 9 мкм.
9. Дата нанесення покриття –

Головний технолог _____ / _____ /

Начальник цеху _____ / Вороб'янінов К.В. /

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

4. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА, ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.

Вплив компонентів розчинів й електролітів на навколишнє середовище Гальванічне виробництво є одним з найнебезпечніших джерел забруднення навколишнього середовища, головним чином поверхневих і підземних водойм, через утворення великого обсягу стічних вод, що містять шкідливі домішки важких металів, неорганічних кислот і лугів, поверхнево-активних речовин й інших високо токсичних сполук, а також великої кількості твердих відходів, особливо від реагентного методу очищення стічних вод, що містять важкі метали в малорозчинній формі.

Сполуки металів, що виносяться з стічними водами гальванічного виробництва, досить шкідливо впливають на екосистему водойм, ґрунтів, рослин, тваринний світ, людину.

Принцип очищення стічних вод.

Екологічна безпека виробництва є одною з найбільш важливих речей і часто виріальних речей у сучасному світі. Головною проблемою гальванотехніки є забруднення важкими металами навколишнього середовища.

Забруднення розділяють на чотири групи [10]:

1. Тонко дисперсні суспензії та емульсії;
2. Колоїдні і високомолекулярні сполуки;
3. Органічні речовини, розчинені у воді;
4. Солі, кислоти.

Для перелічених груп забруднень наявні специфічні методи очищення. Перечислимо їх по групам відповідно:

1. Ефективні методи, які ґрунтуються на силі гравітації, флотації і адгезії.
2. Коагуляційний метод.
3. Ефективно видаляються з води в процесі адсорбційного очищення.

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

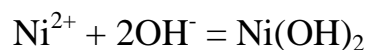
4. Це електроліти, які видаляють із води шляхом переведення іонів у малорозчинні сполуки, використовуючи для цього реагентний метод або методи знесолення [11].

По специфіці головного процесу методи очищення можна розділити на [10]:

- 1) механічні;
- 2) хімічні;
- 3) коагуляційно - флотаційні;
- 4) електрохімічні;
- 5) сорбційні;
- 6) мембранні;
- 7) біологічні.

Згідно до завдання дипломного проекту розроблена схема очистки стічних вод по наступним принципам.

Після ванн промивки нікельвмістні стічні води оброблюються розчином гідроксиду натрію у реакторі з рН=10, для переведення іонів нікеля у слабкорозчинний гідроксид що видаляється на фільтр-пресі. Реакція утворення гідроксиду:



Після чого через фільтр-прес стічні води потрапляють у реактор в який додане гідроксид кальцію для утворення з борної кислоти тетраборату кальцію, який вилучається на фільтр-пресі разом із сульфатими і фосфатами кальцію. У наступній операції отримана рідина переходить до баку-нейтралізатору, куди надходять лужні та кислі стоки із підготовчих операцій, щоб встановлювався рН=7...8, що забезпечує утворення гідратних сполук. Далі стоки пропускаються через ряд фільтрів: прес-фільтр, для вловлення тільки утворених гідроксидів, колоїдні частинки та вугільний фільтр який адсорбує на собі органічні речовини, якщо вони є в електроліті.

Кінцевою стадією є знесолення установкою зворотнього осмосу [12], після чого вода повторно поступає на виробництво.

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

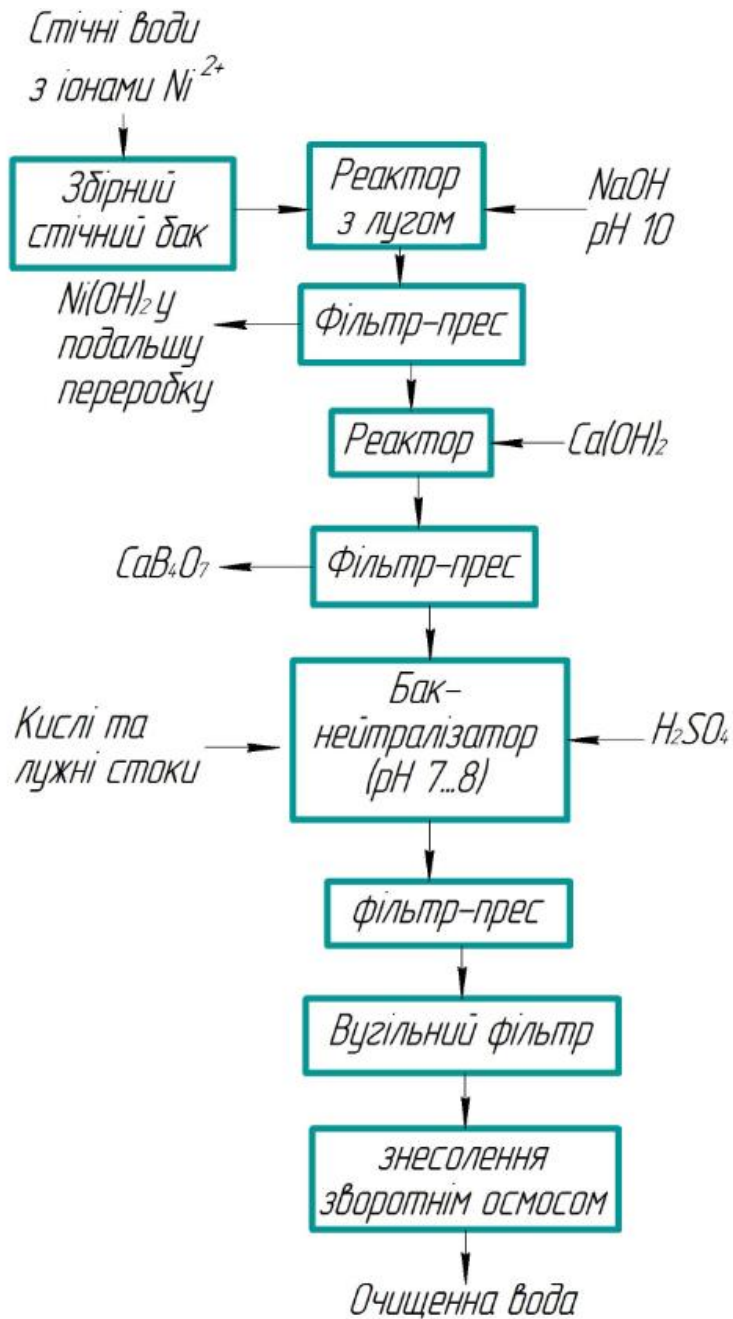


Рисунок 4.1 Схема очищення стічних вод

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

В дипломному проекті наведено процес нанесення нікелевого покриття на металеві деталі.

Процес відбувається в цеху для нанесення гальванічних покриттів, використовуються шкідливі, хімічно агресивні, пожежо- і вибухонебезпечні речовини й матеріали; передбачено використання механічної, електричної, теплової енергії. Всі технічні рішення прийнято з урахуванням вимог охорони праці.

В даному розділі на основі аналізу шкідливих та небезпечних факторів виробництва розроблені заходи щодо створення здорових та безпечних умов праці і пожежної безпеки виробництва [13].

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

5.1.1. Повітря робочої зони

Робота, яка виконується в даному гальванічному цеху, пов'язана з обслуговуванням автооператорної та технологічної лінії та, згідно з ДСН 3.3.6.042 – 99, може бути віднесена до категорії фізичних робіт середньої тяжкості Пб.

В таблиці 5.1. наведено прийняті проектом санітарні норми параметрів мікроклімату в робочій зоні приміщення, в залежності від категорії робіт за важкістю та періоду року.

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Таблиця 5.1 – Санітарні норми параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С				Відносна вологість %		Швидкість руху, м/с		
		оптимальна	допустима				оптимальна	допустима на робочих місцях постійних і	Оптимальна, не більш ніж	допустима на робочих місцях постійних і
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних	оптимальна	допустима на робочих місцях постійних і	Оптимальна, не більш ніж	допустима на робочих місцях постійних і			
Холодний	Середньої тяжкості – П-б	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	Не більш ніж 0,4
Теплий		20-22	27	29	15	15	40-60	70 (при 25°С)	0,3	0,2-0,5

Нижче в Таблиці 5.2 наведено коротку санітарну характеристику цеху, що проектується.

Таблиця 5.2 – Коротка санітарна характеристика цеху, що проектується

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Назва виробничої дільниці, лабораторії, установки	Шкідливі речовини, що виділяються. Причини 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 СН-245-71	Санітарна група технологічного процесу згідно СНиП 2.09.04-87
Ванна травлення та активації	HCl	Подразн-ює верхні дихальні шляхи, викликає хімічні опіки	1	2	Резиновий спецодяг, фартуки, рукавиці, чоботи, захисні окуляри, респіратор	Промити місце ураження проточною водою,	Експрес-метод. Метод неперервної автоматичної ресстрації	IV	36
Ванна нікелювання	NiCl ₂	Може викликати сильне подразнення шкіри та слизових оболонок	0,3	2	Респіратор, спеціальний одяг, взуття та засоби захисту рук. Захисні мазі.	При потрапленні на шкіру – промити великою кількістю	ХЖ-130 хромато-графідинний	IV	3а
Ванна активації	H ₂ SO ₄	Викликає опіки і подразнення слизових оболонок	5	3	Респіратор захисні окуляри, халат, гумові рукавиці та чоботи	Промити великою кількістю води, 2% розчином соди	Нефело-метричний з хлоратом калію УГ-2	IV	16

Нормальні умови в проєктованому цеху здійснюються за рахунок механізації і автоматизації важких та трудомістких робіт, раціонального розміщення і теплоізоляції устаткування, агрегатів, комунікації та інших джерел, що випромінюють на робочих місцях тепло.

Працівники забезпечено засобами індивідуального захисту – респіраторами типу "Пелюсток", спецодягом та взуттям. Два рази на місяць за допомогою пиломіра буде проводитися контроль вмісту в повітрі робочої зони шкідливих речовин і їх параметрів.

Для видалення шкідливих речовин з повітря, та подання чистого повітря, в гальванічному цеху передбачено:

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

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

Їхня продуктивність збалансована з урахуванням можливості циркуляції повітря між суміжними приміщеннями. Повітряний баланс для цеху гальванічного сріблення від'ємний на 10...15%.

Також на виробництві передбачено аварійну вентиляцію, що приводиться в дію тільки у разі аварії і реалізується витяжною вентиляцією для створення розрідження в приміщенні. Вона приводиться в дію як від датчиків газосигналізаторів налаштованих на величину ГДК контрольованих речовин, так і вручну. Кратність повітрообміну для аварійної вентиляції 8 ч^{-1} включаючи робочу [14].

Ванни з шкідливими відділеннями (ванни для знежирення, травлення, активації, для нанесення покриття) обладнані бортовими відсмоктувачами.

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

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

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

1. для зниження концентрації шкідливих речовин в атмосфері цеху, приготування і коректування ванн здійснюється за діючої місцевої вентиляції;

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

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

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

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

5.1.2. Виробниче освітлення

На проектуваному об'єкті передбачається природне, штучне і суміщене освітлення. Система природного освітлення – комбінована. Вона являє собою сполучення верхнього й бічного освітлення. Проектом передбачено використання систем штучного робочого, аварійного, евакуаційного, ремонтного і охоронного освітлення [15].

Норми освітлення, КПО згідно ДБН В.2.5-28:2018, наведені в таблиці 5.3

Таблиця 5.3 – Норми освітленості і КПО цеху

Розряд і під- розряд зоро- вої 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 передбачено газорозрядні лампи низького тиску (типу ЛБ, ЛДЦ, ЛД) 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 люксметри Ю-117 з

періодичністю 1 раз на рік і після ремонту освітлювальних установок і заміні ламп. При аварійному освітленні мінімальна освітленість складає 5 % від нормованої, але не менше 2 лк.

*Розрахунок системи загального електричного освітлення цеху
методом коефіцієнта використання світлового потоку*

Розрахунок виконуємо за методом коефіцієнта використання світлового потоку.

Метод світлового потоку використовується для розрахунку потужності освітлювальної установки при рівномірному розміщенні світильників загального типу над горизонтальною площиною, коли відсутні крупно габаритні затінюючі предмети.

Потік необхідний для забезпечення заданої освітленості робочої поверхні при рівномірному освітленні, з урахування відбивання світла від стін та стелі, проводимо за формулою :

$$F=(E \cdot S \cdot K_z \cdot z) / (N \cdot n \cdot \eta) \quad (5.1)$$

де F – світловий потік однієї лампи, лм; E – нормована освітлюваність $E = 300$ лк; S – площа приміщення, $S = 40$ м²; K_z – коефіцієнт запасу, що

враховує зниження освітленості при експлуатації, (гальванічний цех, з газорозрядними лампами) $K_z = 1,8$; z – поправочний коефіцієнт світильника (для люмінесцентних ламп), $z = 1,1$; n – число люмінесцентних ламп в світильнику, $n = 2$; N – число світильників, розраховується за формулою (5.2); η – коефіцієнт використання, що залежить від типу світильника, показника (індекса) приміщення, який в свою чергу розраховується за формулою (5.3).

Число світильників становить

$$N = S/L^2 = 100 / 2,59^2 = 8,86 \quad (5.2)$$

Оскільки $N = 8,86$, приймаємо $N = 9$ штук

Індекс приміщення становить:

$$i=(A \cdot B) / (H_p \cdot (A+B)) \quad (5.3)$$

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		72

$$i = (16 \cdot 6,25) / (3,7 \cdot (16 + 6,25)) = 1,22$$

Де $A = 16$ м – довжина приміщення, $B = 6,25$ м – ширина приміщення, $H_p = 3,7$ м – висота підвісу світильників над рівнем робочої поверхні, м.
Даному значенню $i = 1,22$ відповідає $\eta = 0,43$.

Таким чином, необхідний світловий потік однієї лампи становить:

$$F = (200 \cdot 100 \cdot 1,8 \cdot 1,1) / (15 \cdot 2 \cdot 0,43) = 3070 \text{ лм}$$

В якості освітлювальних приладів обираємо лампи типу ЛБ40 (Л–люмінесцентна, Д – білої гами кольорів), потужністю 40 Вт і світловим потоком 3200 лм (ГОСТ 6825-74) кількістю 15 шт.

Фактична освітленість приміщення складатиме :

$$E_f = (F \cdot N \cdot n \cdot \eta) / (S \cdot K_z \cdot z) \quad (5.4)$$

$$E_f = (3200 \cdot 15 \cdot 2 \cdot 0,43) / (100 \cdot 1,8 \cdot 1,1) = 208,49 \text{ лк}$$

Отримане значення відповідає необхідним нормам освітленості приміщень цього класу.

Потужність освітлюваної системи розраховуємо за формулою:

$$W = P \cdot N \cdot n \quad (5.5)$$

$$W = 40 \cdot 15 \cdot 2 = 1200 \text{ Вт}$$

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 76...92 дБА за даними лабораторних вимірів, що перевищує допустимий рівень звуку на робочих місцях (допустиме значення, згідно ДСН 3.3.6.037-99 – 80 дБА).

Зниження шуму досягається наступними способами:

– акустичною обробкою приміщень, а зокрема, приміщення звукопоглинаючих пористих матеріалів;

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

- зменшенням шуму в джерелі їх утворення – мінімальні допуски, ретельне балансування, демпфірування вібрації співударюючихся деталей;
- використанням індивідуальних засобів захисту (беруши, тампони з ультратонкого волокна, навушники, шлеми, каски);
- ізоляцією джерел шуму засобами звукоізоляції і звукопоглинання (перегородки і кожухи, перешкоджаючі розповсюдженню шуму); використання глушників, які встановлюються на повітроводах;

5.1.4. Електробезпека

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

Ураження людей електричним струмом може виникнути в результаті дотику до струмоведучих елементів устаткування, які опинилися під напругою в результаті порушення ізоляції, а також ураження кроковою напругою і через електродугу.

У цеху потенційними джерелами електробезпеки є: трансформаторна підстанція, гальванічні ванні для електрохімічного знежирення, нанесення цинкового покриття і ванни-уловлювачі, шини, які забезпечують підвід струму до ванн.

Електричне устаткування цеху підключене до трифазної чотирьохпровідної електричної мережі змінного струму промислової частоти напруги 380/220В із глухозаземленою нейтраллю. Згідно ГОСТ 12.1.038–92, допустимі рівні напруг дотику (U_0) і струму, що проходить через тіло людини (I_L) рівні: при нормальному режимі роботи електричного устаткування $U_0 = 2$ В, $aI_L = 0,3$ мА; при аварійному (відповідно 36 В и 6 мА).

Найчастіше відбувається однофазний дотик людини до мережі змінного струму.

Для забезпечення електробезпеки передбачено наступні технічні способи і засоби: занулення електрообладнання, захисне відключення установок, вирівнювання потенціалів, мала напруга живлення ручних електроінструментів, ізоляція струмоведучих частин, електричний поділ мереж, огорожувальні пристрої, блокування, сигналізація, знаки безпеки, попереджувальні плакати. Безпека експлуатації при нормальному режимі електроустановок дотримуватиметься наступними чинниками: ізоляцією струмоведучих частин (опір ізоляції не менше 0,5 МОм), недоступністю струмоведучих частин, малими напругами (на переносних світильниках).

Проектом також прийнято захисні індивідуальні засоби: діелектричні гумові рукавички, інструмент з ізолюючими рукоятками і струмошукачі, гумові ізолюючі підставки. Обов'язкове регулярне проведення інструктажу з правил техніки безпеки зі струмом. Також передбачено для оголених дротів, апаратів, що мають не захищені і доступні для доторкання струмоведучі частини, розміщення в спеціальних ящиках, що закриваються суцільними або сітчастими огороженнями.

5.1.5. Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

Згідно дипломного проекту оптимізація охорони праці, досягається методами і засобами інженерної охорони праці. Використовують дві групи методів і засобів забезпечення безпеки праці:

- виключення контакту людини з небезпечними виробничими факторами шляхом автоматизації процесу виробництва;
- у відповідності характеристик до виробничого середовища з характеристиками людини, які забезпечують адаптацію, природні захисні властивості організму до умов навколишнього середовища.

При обслуговуванні гальванічних ванн особливо небезпечною може бути висока температура, що розвивається. У процесі експлуатації можливі наступні відхилення від нормального протікання процесів: потрапляння гарячого електроліту на дерев'яний міст; одержання опіків працівником внаслідок дотику до ванни; обвалення ґрат насадок регенератора під час

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		75

їхньої заміни і внаслідок цього одержання забитих місць. Причинами одержання травм від машини можуть бути необережне поводження з автооператорною лінією, машинами штамповки деталей, де є відкриті обертові частини, що рухаються. Аварійний стан може виникнути у випадку відмови автоматики. Існує небезпека отримання хімічних опіків внаслідок розливу сірчаної, соляної кислоти та їдких лугів.

На підставі результатів аналізу потенційно небезпечних технологічних процесів і устаткування, проектом передбачаються чинники, що забезпечують безпечні і здорові умови праці. Вони припускають усунення безпосереднього контакту працюючих зі шкідливими речовинами. Це досягається дистанційним керуванням процесами, застосуванням засобів механізації на стадіях вивантаження, завантаження і транспортування вихідних матеріалів, проміжних продуктів і готової продукції.

Проектом передбачено огорожувальні пристрої, що перешкоджають проходженню людини в небезпечну зону (до розподільних пристроїв електроустаткування, корпусам електродвигунів, травмонебезпечним ділянкам), а також прилади, що сигналізують і подають інформацію про роботу технологічного устаткування, про зміни протягом процесу, попереджають про небезпеки і повідомляють, про місце їхнього знаходження і при необхідності автоматично відключають аварійні ділянки. Швидкість руху транспортних засобів (автокари, електровози) у цеху не більше 5 км/ч; всі вантажопідйомні механізми будуть піддаватися періодичним оглядам і технічному огляду. По всьому цеху розміщено попереджувальні плакати для інформування працюючих про можливі небезпеки і першу допомогу при одержанні різного роду травм.

5.2. Пожежна безпека

В цеху можливе виникнення джерел загоряння внаслідок перевантаження електроустаткування, утворення окислів у газах, що відходять від ванни, утворення займистої суміші водню з повітрям. До

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

пожежонебезпечних місць у лабораторії відносять місця, де розташовані піч випалу, сушильна шафа, лабораторні столи, стільці, віконні рами та двері.

Причинами загорання також можуть бути: коротке замикання між частинами обладнання (шини, електроди), розряди статичної електрики, механічні пошкодження обладнання і електропроводу. Є загроза прямого удару блискавки в об'єкт та заносу високих потенціалів через надземні і підземні металічні комунікації в цех.

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

За ОНТП 24-86 приміщення лабораторії за пожежною безпекою відноситься до категорії В.

Для гасіння джерел пожежі на робочих місцях обладнуються протипожежні щити з набором засобів пожежогасіння, пінні вогнегасники і ящики з піском. А також виробничі приміщення та склади обладнанні внутрішніми пожежними кранами – елемент внутрішнього пожежного водопроводу.

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

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		77

При виникненні пожежі забезпечується евакуація людей через евакуаційні виходи. Двері на шляху евакуації відкриваються у напрямку виходу з цеху.

Будівля цеху, до відповідно СН305-77, підлягає блискавкозахисту за допомогою стрижньового блискавковідводу.

Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин і матеріалів для процесу нікелювання занесені до Таблицяці 5.4.

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.4. – Показники пожежо– та вибухонебезпечності речовин і матеріалів

Назва дільниці	Речовини, що мають обіг у виробництві ГОСТ	Агрегатний стан речовини в нормальних умовах	Горючість, займистість	Показники пожежо та вибухонебезпечності			Межа запалення		Вибухонебезпечні суміші з повітрям		Вогнегасні засоби	Категорія приміщення за ОНТП 24–86	Клас приміщення і зовнішніх установок згідно з ПУЕ	Категорія об'єкта і тип зони захисту і влаштування блискавкозахисту згідно з СН 305–77
				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
Гальванічна ванна	Вінілпласт	Тв.	Важкозаймисті	-	580	580	-	-	-	-	Вода, піна	В	2	2А
	H ₂	Газ	Легкогорюча	132	324	57,5	47,5	45–82,5	2с	Т1	Інертний газ			
Ізоляція	Текстоліт	Тв.	Важкогорюча	-	358	358	-	-	-	-	Вогнегасники рідинні, вуглекислий. СУБ–7, пісок, піна	В	2	2А
Поміст	Деревина, гума	Тв.	Горюча	170	400	400	-	-	-	-	Вода			

ВИСНОВКИ

У проекті розроблено технологічний процес нанесення матового нікелевого покриття на дрібні сталеві. Використовується простий сульфатний електроліт Уоттса.

Для нанесення матового нікелевого покриття використовується гальванічна ванна барабанного типу з бортовим відсмоктувачем.

Розроблена схема автоматизації процесу нанесення матового нікелевого покриття де за допомогою індикації, контролю та регуляції самих важливих технологічних параметрів: сили струму та напруги на ванні, показнику кислотності, рівня електроліту у гальванічній ванні та баках з кислотою і електролітом.

Вказано на небезпечні виробничі фактори, проаналізовано фактори, які зможуть забезпечити безпеку праці у цеху.

Розраховані параметри енергогосподарства, собівартість нанесення нікелевого покриття, а також основні техніко-економічні показники розробленого цеху.

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Левинзон А.М. Электролитическое осаждение металлов подгруппы железа.— Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983.—96 с., ил.— (Справочника гальванотехника/Под ред. П. М. Вячеславова; Вып. 3).
2. Гальванические покрытия в машиностроении: Справочник: В 2т. / Под ред. М.А. Шлугера. – М.: Машиностроение, 1985.
3. Дасоян М.А. и др. Технология электрохимических покрытий.-Л: Машиностроение, 1989 – 391с.
4. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. ГОСТ 9.047-75.М
5. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту з гальванотехніки освітньо-кваліфікаційного півня «бакалавр». Напрямок 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, М.І. Донченко, О.І. Букет. – К: НТУУ «КПІ», 2006. – 66с.
6. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами: У 2 кн. Кн. 2. Керування хіміко-технологічними процесами [Текст] : навч. посіб. для студ.вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом: «Хімічна технологія та інженерія» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 336 с.
7. Конспект лекції з курсу «Економіка підприємства». Викладач Підлісна О.А.: Київ, 2019.
8. Економіка підприємства. Навч. Посібник. Під ред. В.Г. Герасимчука, К.: «Політехніка», 2003
9. http://kyivenergo.ua/ru/check_my_tariff
10. Екологічна безпека гальванотехніки. Частина 1. Стічні води. Механічна та сорбційна очистка: навч. посіб. / М.І. Донченко, С.В. Фроленкова – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 202 с.
11. А.М.Когановский, Л.А.Кульский «Очистка промышленных сточных вод». – издательство «Техника»., 1981.

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

12. https://www.eurowater.ua/оборудование/стандартное_оборудование/установки_обратного_осмоса.aspx.
13. Методические указания к выполнению раздела «Охрана труда» в дипломных проектах, составитель А.Т. Орленко, КПИ 2007 г.
14. ДСН 3.3.6.042 – 99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
15. ДБНВ 2.5-28-06 "Природне і штучне освітлення".

					ДП ХЕ6121.1450.000 ПЗ	Лист
						82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

Позиція на схемі	Назва параметру	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметру	Місце монтажу	Назва та характеристика	Тип моделі	Кількість	Завод-виробник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 – 1	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,8 м	Місцевий	Рівнемір буйковий з пневматичним вихідним сигналом; $P_{\text{вих}} = 0,02 - 0,1$ МПа; діапазон температур: (-50) ... +100 °С діапазон вимірювання: від 0,02 до 1 м, клас точності 1	УБ-П	1	ВО «Теплоприбор», м. Рязань
1 – 2	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,8 м	Щит керування	Прилад вторинний пневматичний, показувальний, реєструвальний зі станцією керування, $P_{\text{вих}} = 0,02 - 0,1$ МПа	ФК 0071	2	АТ «Тизприбор», м. Москва
1 – 3	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,8 м	Щит керування	Регулятор пневматичний, пропорційно-інтегральний, $P_{\text{вих}} = 0,02 - 0,1$ МПа	ФР 0091	2	АТ «Тизприбор», м. Москва
1 – 4	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,8 м	Місцевий	Пневмопровід мембранний	В26-41	2	АТ «Тизприбор», м. Москва

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2 – 1	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,5 м	Місцевий	Рівнемір буйковий з пневматичним вихідним сигналом; $P_{\text{вих}} = 0,02 - 0,1$ МПа; діапазон температур: (–50) ... +100 °С діапазон вимірювання: від 0,02 до 1 м, клас точності 1	УБ-П	1	ВО «Теплоприбор», м. Рязань
2 – 2	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,5 м	Щит керування	Регулятор пневматичний показувальний, сигналізаційний, $P_{\text{вих}} = 0,02 - 0,1$ МПа	ФР 0081	2	АТ «Тизприбор», м. Москва
3 – 1	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,5 м	Місцевий	Рівнемір буйковий з пневматичним вихідним сигналом; $P_{\text{вих}} = 0,02 - 0,1$ МПа; діапазон температур: (–50) ... +100 °С діапазон вимірювання: від 0,02 до 1 м, клас точності 1	УБ-П	1	ВО «Теплоприбор», м. Рязань
3 – 2	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,5 м	Щит керування	Регулятор пневматичний показувальний, сигналізувальний, $P_{\text{вих}} = 0,02 - 0,1$ МПа	ФР 0081	2	АТ «Тизприбор», м. Москва

Продовження таблиці А.1

4-1	pH	Електроліт, гальванічна ванна	5,2-5,8	Місцевий	Чутливий елемент рН-метра заглибного (магістрального) виконання з електродами скляними ЭСП-01-14 і регулятором тиску РДС-1; глибина занурення 1600 мм	ДПГ-4М	1	«Гомельський завод измерительных приборов», м. Гомель
4-2	pH	Електроліт, гальванічна ванна	5,2-5,8	Місцевий	Перетворювач високоомний; клас точності 1; $I_{вх} = 0 \dots 5$ мА; цифрова індикація; інтерфейс RS-232/485	П-215М	2	«Гомельський завод измерительных приборов», м. Гомель
4-3	pH	Електроліт, гальванічна ванна	5,2-5,8	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; $I_{вх} = 0 \dots 5$ мА	А543	1	ЗАТ «Промышленная группа «Метран», м. Челябинск
4-4	pH	Електроліт, гальванічна ванна	5,2-5,8	Щит керування	Регулятор електронний, пропорційно-реєструвальний прилад, $I_{вх} = 0 \dots 5$ мА	МІК-21	1	Підприємство «МІКРОЛ», м. Івано-Франківськ
4-5	pH	Електроліт, гальванічна ванна	5,2-5,8	Місцевий	Місцевий Перетворювач електропневматичний, $I_{вх} = 0-5$ мА $R_{вх} = 0,02-0,1$ МПа	ПЕП-95 2	1	АТ «Саранский приборостроительный завод», м. Саранськ
4 – 6	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,8 м	Місцевий	Пневмопровід мембранний	В26-41	2	АТ «Тизприбор», м. Москва

Продовження таблиці А.1

5- 1	Сила струму та напруга	Електролітична ванна	$I = 235 \text{ A}$ $U = 5,52 \text{ В}$	Місцевий	Агрегат випрямний для гальванічних ванн, $I_{\text{max}} = 6300 \text{ A}$, $U_{\text{max}} = 24 \text{ В}$	ВАК-6300-24У4	1	ЗАТ МДК «ЕЛАРП» м. Москва
5 – 2	Сила струму та напруга	Електролітична ванна	$I = 235 \text{ A}$, $U = 5,52 \text{ В}$	Місцевий	Пульт дистанційного керування для випрямного агрегату ВАК-6300-24У4	ПДУ ВАК	2	ЗАТ МДК «ЕЛАРП» м. Москва