

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

Хіміко-технологічний факультет

Кафедра технології електрохімічних виробництв

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедри

_____ Олександр БУКЕТ

«__»__06_____2022__ р

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

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

спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»

**на тему: «Гальванічні покриття в приладобудуванні. Розробка технології
нанесення покриття сплавом олово – бісмут для потужних випрямлячів»**

Виконав :

студент (-ка) Синяк Владислав Юрійович

1V курсу, групи ХЕ-81 _____

Керівник:

Ст. викладач ,к.т.н.

Ущатовський Дмитро Юрійович _____

Консультант з

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

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

Автоматизація: Жураковський Ярослав Юрійович ст. викл. _____

Рецензент: Косогіна Ірина Володимирівна доцент кафедр и ТНР,В та ЗХТ,к.т.н.

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

Студент (-ка) _____

Київ – 2022 року

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

Кафедра технології електрохімічних виробництв

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 161 «Хімічні технології та інженерія»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Олександр БУКЕТ

«___» _____ 06 _____ 2022__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Синяка Владислава Юрійовича

1. Тема проєкту «Гальванічні покриття в приладобудуванні. Розробка технології нанесення покриття сплавом олово – бісмут для потужних випрямлячів», керівник проєкту Ущатовський Дмитро Юрійович, ст. викладач, к.т.н., затверджені наказом по університету від «___» _____ 2022__ р. № _____
2. Термін подання студентом проєкту 14 червня 2022 року _____
3. Вихідні дані до проєкту Матеріали з практики. Зарубіжні та вітчизняні монографії та періодичні видання. Електроліт сульфатний для матового нікелю. Продуктивність 300 плат.
4. Зміст пояснювальної записки Складання технологічної карти, розрахунок балансів струму, напруги, енергії, обґрунтування і вибір покриття, розрахунок організаційно-економічних показників, заходи охорони праці, автоматизація процесу нанесення покриття, екологічна безпека.
5. Перелік графічного матеріалу 1. Креслення гальванічної ванни, 2. Схема технологічного процесу, 3. Схема автоматизації, 4. Економічна частина, 5. Схема очищення стічних вод.

6. Консультанти розділів проєкту*

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

7. Дата видачі завдання 28 квітня 2022року_____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Характеристика деталей ,що підлягають обробці.	До 20.05.2022	виконано
2.	Вибір виду покриття	До 22.05.2022	виконано
3.	Вибір підготовчих операцій	До 24.05.2022	виконано
4.	Вибір складу електроліту для покриття плат	До 24.05.2022	виконано
5.	Складання карти технологічного процесу	До 25.05.2022	виконано
6.	Складання схеми очищення стічних вод	До 29.05.2022	виконано
7.	Складання схеми автоматизації основного процесу.	До 30.05.2022	виконано
8.	Виконання економічних розрахунків	До 05.06. 2022	виконано
9.	Виконання розділу «Охорона праці та техніка безпеки»	До 06.06.2022	виконано
10.	Оформлення пояснювальної записки	До 07.06.2022	виконано
11.	Оформлення графічної частини проєкту	До 08.06.2022	виконано

Студент

Владислав СИНЯК

Керівник

Дмитро УЩАПОВСЬКИЙ

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП ХЕ8112.1450.000 ПЗ	Пояснювальна записка	71	
3	A1	ДП ХЕ8112.1450. 001	Креслення гальванічної ванни	1	
5	A1	ДП ХЕ8112.1450. 003	Схема технологічного процесу	1	
6	A1	ДП ХЕ8112.1450. 004	Схема автоматизації процесу	1	
7	A1	ДП ХЕ8112.1450. 005	Техніко-економічні показники гальванічного цеху	1	
8	A1	ДП ХЕ8112.1450. 006	Схема очищення стічних вод	1	
				1	

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Гальванічні покриття в приладобудуванні.
Розробка технології нанесення покриття сплавом олово –
бісмут для потужних випрямлячів»

Київ – 2022 року

РЕФЕРАТ

«Гальванічні покриття в приладобудуванні. Розробка технології нанесення покриття сплавом олово – бісмут для потужних випрямлячів»

Синяк В.Ю. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, ХТФ, ХЕ-81

Дипломний проект, 2022 рік, кількість сторінок - 71, таблиць - 17, рисунків - 8, джерел - 26.

У проєкті розроблено технологію нанесення покриття сплавом олово – бісмут на контакти для потужних випрямлячів. Осадження проводиться в сульфатному електроліті за температури 18 - 30°C та при катодній густині струму 1 А/дм².

У проєкті наведено конструктивні та технологічні розрахунки, вибране відповідне обладнання, розроблена схема автоматичного регулювання процесу нанесення покриття. Виконано економічні розрахунки, визначено заробітні плати та техніко-економічні показники. В процесі виконання проєкту була запропонована схема очищення стічних вод, проаналізовані шкідливі та небезпечні фактори й запропоновано заходи з техніки безпеки та охорони праці.

Ключові слова: осадження олово-бісмут, сульфатний електроліт, баланс струму, баланс напруг, автоматизація виробництва, очищення стічних вод.

					<i>ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Пояснювальна записка</i>	<i>Лист.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>СИНЯК</i>						
<i>Перев.</i>		<i>Ущатовський</i>					<i>6</i>	<i>78</i>
						<i>«КПІ ім. Ігоря Сікорського», ХТФ, ХЕ-81</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>		<i>Букет</i>						

ABSTRACT

«Electroplating in instrumentation. Development of tin-bismuth alloy coating technology for high-power rectifiers»

Syniak V.Y., Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, ChTF, XE–81

Diploma project, 2022. Number of pages – 71, tables - 17, pictures - 8 and literature - 26.

The project develops the technology of tin-bismuth alloy coating for powerful rectifiers. Deposition of coating from the sulfate electrolyte at a temperature of 18 - 30 °C and at the cathode current density of 1 A/dm² have been preposed.

The projects provide constructive and technological calculations, select the appropriate equipment, developed a scheme of automatic control of the electrodeposition process. Economic calculations were performed, technical and economic indicators were determined. In the process of work the scheme of sewage treatment was used, harmful and dangerous factors were analyzed and measures on safety and labor protection were offered.

Key words: tin-bismuth deposition, sulphate electrolyte, current balance, voltage balance, production automation, wastewater treatment.

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	11
1.1 Характеристика деталі, що підлягає обробці	11
1.1 Характеристика деталі, що підлягає обробці	11
1.1.1 Вибір виду покриття	12
1.1.2 Вибір підготовчих операцій	12
1.1.3 Вибір складу електроліту для нанесення гальванічного покриття	14
1.1.4 Вибір завершальних операцій.....	15
1.1.5 Методи контролю якості	16
1.2 Основні технологічні розрахунки.....	19
1.2.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання цеху	19
1.2.2 Визначення виробничої програми обладнання	19
1.2.3 Розрахунок середньої товщини покриття та часу обробки однієї завантажувальної одиниці	20
1.2.4 Розрахунок конструктивних розмірів ванни і коефіцієнту завантаження обладнання	22
1.2.5. Баланс кількості електрики на гальванічній ванні	24
1.2.6 Баланс напруги на гальванічній ванні.....	25
1.2.7 Вибір джерела струму для гальванічної ванни	27
1.2.8 Визначення теплової енергії, складання балансу енергії.....	27
1.2.9 Тепловий розрахунок гальванічних ванн	29
1.2.10 Розрахунок витрат хімікатів, матеріалів та води для виконання річної виробничої програми	30
1.2.11 Розрахунок витрат води.....	33
2 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАЛЬВАНІЧНОГО ПРОЦЕСУ	37
2.1 Аналіз процесу нанесення покриття олово-вісмут як об'єкта автоматизації.....	37
2.2 Розробка схеми автоматизації гальванічного процесу.....	38
3 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ.....	40
3.1 Підприємство у промисловій структурі держави	40
3.2 Оптимізація виду руху предметів праці	42

3.3 Чисельність персоналу та фонд заробітної плати.....	46
3.4 Вартість річних ОБЗ	48
3.5.Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва	49
3.6.Калькуляція на продукцію	49
3.7. Техніко-економічні показники	51
4 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА, ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД.....	53
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	56
5.1 Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проєктованому об'єкті. Заходи з охорони праці	56
5.1.1 Повітря робочої зони	56
5.1.2 Виробниче освітлення.....	59
5.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій	60
5.1.4 Електробезпека	60
5.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання	62
5.2 Пожежна безпека.....	62
ВИСНОВОК.....	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	67
ДОДАТОК А	69

ВСТУП

Захист первинного промислового обладнання від корозії залишається одним із найважливіших з точки зору безпеки робочого місця та навколишнього середовища. Процес руйнування металу негативно впливає на техніко-механічні властивості деталей і приладів через фізико-хімічну взаємодію з навколишнім середовищем. Корозія призводить до руйнування металевих виробів, виготовлення яких вимагає значної кількості сировини, енергії та людських зусиль.

В даний час розроблено різноманітні способи захисту металів від корозії, але найкращий результат демонструє використання гальванічних покриттів, які також можуть забезпечувати більш високу зносостійкість і термін служби.

Актуальним завданням є вибір матеріалу для створення виробу, а також захисного покриття, з метою забезпечення хороших експлуатаційних якостей.

Залежно від функції виробу, умов експлуатації та очікуваного терміну служби створюється широкий діапазон вимог до корозійної стійкості.

Покриття зі сплавів олова і вісмуту мають міцне зчеплення з міддю і мідними сплавами, легко паяються і зберігають ці якості протягом тривалого періоду без додаткової операції оплавлення. Також перевагою відповідних покриттів є відсутність у необхідності використовувати кислотних флюсів при паянні після тривалого зберігання.

Метою дипломного проєкту є розробка технології нанесення сплаву олово-вісмут на мідні контакти продуктивністю 10 000 шт/рік.

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика деталі, що підлягає обробці

1.1 Характеристика деталі, що підлягає обробці

Мідь і мідні сплави зараз широко використовуються в різних галузях. До переваг міді, як металу можна віднести:

- високу електро- і теплопровідність (поступається тільки сріблу);
- пластичність;
- легко піддається витягуванню та іншій механічній обробці;
- висока корозійна стійкість.

Мідь також має приємний зовнішній вигляд і стійка до зовнішніх природних впливів (температура, УФ-випромінювання, агресивні розчини). Латунь і бронза, які є сплавами міді з цинком і оловом відповідно, використовуються у випадках, коли потрібен більш міцний матеріал. Мідь володіє порівняно високими густиною та еластичністю, що дозволяє виготовляти з неї методами волочіння та катання дрів, прутки або листи.

Деталь «плата» являє собою мідний контакт і представляє собою прямокутну пластину розміром 200 мм × 50 мм × 4 мм, яка також містить 8 отворів діаметром у 10 мм. Матеріалом виступає мідь марки М0.

Покривна площа становить 2,2 дм². Маса деталі складає 0,336 кг.

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.1.1 Вибір виду покриття

В електроніці та електротехніці найбільш широко використовується олово-вісмутове покриття. Олово часто використовується для покриття мідних та алюмінієвих шин, електричних з'єднань, корпусів пристроїв і кріплень з нержавіючої сталі, що контактують з алюмінієм.

Згідно відомих джерел, покриття зі сплаву олова та вісмуту були піддані прискореному випробуванню на корозію в камері з відносною вологістю 96-98 % протягом 56 днів і 7-денному випробуванню в камері сольового туману. У порівнянні з покриттям із чистого олова такої ж товщини, зразки сталі та латуні, покриті сплавом олово-вісмут, що містить від 0,2 до 3,3 відсотка вісмуту, продемонстрували кращу корозійну стійкість.

В осадах сплаву, у порівнянні з чистим олова, спостерігається зменшення пористості та розміру кристалів, що може бути причиною покращення корозійної стійкості.

Покриття зі сплавів олова і вісмуту мають сильну адгезію до міді та мідних сплавів, легко паяються і зберігають здатність до пайки протягом тривалого періоду. При нанесенні олово-вісмутового сплаву на сталеві деталі слід попередньо наносити мідний підшар товщиною 6 – 9 мкм. При збільшенні густин струму від 0,5 до 2 А/дм² склад сплаву не змінюється, проте підвищення концентрації солі вісмуту від 0,5 до 2,0 г/л сприяє збільшенню вміст вісмуту у сплаві від 0,1 – 0,6 відсотка.

Осади блискучих покриттів Sn-Bi мають вищу твердість і меншу пористість, ніж матові [1].

1.1.2 Вибір підготовчих операцій

Електрохімічне знежирення. Очищення металевої основи потрібно для отримання якісного гальванічного покриття. Як наслідок, перед осадженням покриття необхідно провести різні підготовчі операції, наприклад, знежирення та травлення. На деталях, що надходять у цех, є сліди мастильних матеріалів, тобто мінеральних жирів від попередньої обробки.

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

Тому знежирення виробів з міді та її сплавів проводять протягом 10 хв за температури 60 °С при катодній густині струму 5 А/дм² у розчині складу:

Na ₂ CO ₃	60 г/л;
Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O	15 г/л;
ОП-7	5 г/л.

Промивання тепле. Реакційні залишки та розчини, що залишилися від попередніх операцій, необхідно видалити з усіх ділянок поверхні деталі. Оскільки розчинність продуктів знежирення значно підвищується зі збільшенням температури, промивання виконують при температурі від 40±10 °С слід продовжувати 1-2 хвилини. Вода звичайна непроточна.

Промивання холодне. Додаткове промивання в холодній воді проводиться для кращого видалення забруднень і залишкових розчинів з деталей і зменшення забруднення розчинів для подальших операцій. Промивання відбувається в проточній водопровідній воді. Температура 18 - 25 °С, час промивання: 1 – 2 хв.

Травлення. Партія обробляється розчином, що надає блиск і усуває недоліки. Використовують розчин H₂SO₄ 160 г/л та NaCl 20 г/л. Температура 18-25 °С, час обробки 5 хв.

Промивання холодне. Промивання відбувається в проточній водопровідній воді. Температура 18- 25 °С, час промивання: 1 – 2 хв.

Активация. Необхідно проводити після операції травлення. Використовується розчин H₂SO₄ 100 г/л, температура 18 – 25°С, тривалість операції 0,5-1 хв.

Промивання холодне Промивання відбувається в проточній водопровідній воді. Температура 18-25 °С, час промивання: 3-4 хв [2].

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.1.3 Вибір складу електроліту для нанесення гальванічного покриття

Для електроосадження сплавів олово-вісмут застосовують електроліти, що містять сірчаноокисле олово, сірчану кислоту з добавкою невеликої кількості сульфату або нітрату вісмуту та поверхнево-активних речовин.

Склади електролітів для осадження сплаву олово-вісмут із вмістом вісмуту 0,2...2,0% наведено у табл. 1.1 (електроліти 1, 2, 3).

Завантаження та вивантаження деталей проводять під струмом, щоб уникнути контактного виділення вісмуту. З цих міркувань олов'яні аноди під час перерви струму вивантажують із ванни. Рекомендується починати процес перші 8 – 10 с з поштовхом струму, що перевищує в 2 – 3 рази номінальну густину струму.

При нанесенні покриття у ваннах дзвонового та барабанного типу в електролітах 1 та 2 збільшують концентрацію сульфатної кислоти до 140 г/л.

В електроліті 3 процес ведуть при безперервній фільтрації та селективному очищенні електроліту.

Таблиця 1.1 – Склади електролітів для осадження сплаву олово-вісмут

Компоненти й режим роботи	Склад електролітів, г/л		
	1	2	3
SnSO ₄	40-60	40-60	35-45
Bi ₂ (SO ₄) ₃	0,8-1,5	0,5-2,5	0,5-1,0
H ₂ SO ₄	100-110	90-110	120-140
NaCl	0,3-0,8	-	0,3-0,5
Формалін(40%)	-	-	5-10
Продукт конденсації	-	-	5-10
Препарат ОС-20 марки "В"	4-5	2-4	4-5
ДДМ	-	3-5	-

Для електроліту готують розчин сульфату олова та сульфатної кислоти заданої концентрації. Потім вводять розрахункову кількість препарату ОС-20, попередньо розчиненого у теплій воді, після чого додають формалін, хлорид

натрію та препарату ОС-20. Препарат ОС-20 вводять останнім, попередньо розчинивши його в невеликій кількості електроліту. Після цього електроліт доводять водою до заданого об'єму і ретельно перемішують.

Для електроосадження покриття в даній роботі було обрано електроліт 1 (табл. 1.2), який дає змогу осаджувати матові покриття із рівномірною кристалічною структурою та кращими ніж у інших електролітах механічними властивостями [3].

Таблиця 1.2 – Основні неполадки осадження сплаву олово-вісмут [4].

Дефект	Причина	Усунення
Шорстке покриття	Підвищення значення густини струму. Наявність механічних домішок у електроліті.	Знизити густину струму. Відфільтрувати електроліт.
Темно-сіре покриття, погано паяється	Наявність домішок міді у електроліті	Відпрацювати електроліт за густини струму 0,3-0,4 А/дм ²
Низький вміст вісмуту в осаді	Недостатній вміст вісмуту в електроліті	Додати сірчаноокислий вісмут
Поява в електроліті чорного осаду	Недостатній вміст хлористого натрію	Додати хлористий натрій

1.1.4 Вибір завершальних операцій

Уловлювання. Після нанесення покриття деталь промивають в непроточній воді у ванні уловлювання з метою уникнення втрат металу та подальшим використанням такого розчину для поновлення ванни, операцію здійснюють протягом 2 хв за температури 18-25°C.

Промивання холодне. Промивають деталі в стаціонарній ванні холодною проточною водою. Температура 18- 25 °С, час промивання: 1–2 хв.

Промивання тепле. Промивання здійснюється у непроточній деіонізованій воді протягом 1-2 хв при температурі 40±10 °С. Використання теплої води дає можливість скоротити час на висушування деталей.

Сушіння. Проводять у сушильній шафі. Деталі сушать гарячим повітрям при температурі 50±10 °С протягом 2-5 хв. Якщо температура менше 40 °С, сушіння виконують до повного видалення вологи. Карта запропонованого технологічного процесу наведена у таблиці 1.3.

1.1.5 Методи контролю якості

Контроль по зовнішньому вигляду. Перевірка якості покриття деталей проводиться в добре освітленому приміщенні на відстані 25 см від поверхні, і проводиться неозброєним оком.

З точки зору естетики, сліди обробки на поверхні основного металу дозволені, а все інше регулюється нормами або вимогами до металу-покриття.

Покриття з прогалинами, шорсткістю, відшаровуванням, а також здуттями і пітингами – все це вважається дефектним [5 -6].

Контролю товщини покриття здійснюється арбітражним металографічним методом, який може проводитися на одній частині партії, контроль товщини покриття на деталях з кожної партії охоплює від 0,1 до 10% деталей, але не менше 3 одиниць.

Товщина покриття повинна відповідати проєктній документації. На внутрішніх поверхнях товщина покриття може бути зменшена до 50% особливо в отворах.

Контроль товщини покриття проводять за допомогою товщиномірів компанії DeFelsko типу PosiPen.

Його переваги:

- простота у використанні

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

- компактність
- можливість вимірювання товщини покриття у важкодоступних місцях.

Контроль міцності адгезії для контролю пористості покриття вибирають від 0,1 до 10% штук із партії.

Методом нанесення сітки подряпин визначають міцність зчеплення покриттів. Тобто на поверхню готового виробу наносять 4 - 6 паралельних подряпин на відстані 2 - 3 мм один від одного і ще серію інших 4 - 6 паралельних подряпин, перпендикулярних до першої серії подряпин. Відсутність відлущування є позитивним результатом і показником доброї адгезії.

Табл. 1.3 - Карта технологічного процесу

№	Операція		Склад розчину і концентрація		Режим		
	Назва	Зміст	Назва і хім.формула	г/дм ³	Час обробки, хв	t, °C	i, 4/дм ²
1	2	3	4	5	6	7	8
010	Монтаж	Монтування деталей			4		
020	Електро-хімічне знежирення	Очистка поверхні деталі	Na ₂ CO ₃ техн. Na ₃ PO ₄ · 12H ₂ O ОП-7	60 15 5	10	60	5
030	Промивання тепле	Промивати гарячою непроточною водою	Вода тепла водопровідна		1 – 2	40 ± 10	
040	Промивання холодне	Промивати холодною проточною водою	Вода холодна водопровідна		1 – 2	18 – 25	
050	Травлення		H ₂ SO ₄ NaCl	160 20	5	18 – 25	
060	Промивання холодне	Промивати холодною проточною водою	Вода холодна водопровідна		1 – 2	18 – 25	
070	Активація		H ₂ SO ₄	100	0,5 - 1	18 - 25	

080	Промивання холодне	Промивати холодною проточною водою	Вода холодна водопровідна		3 – 4	18 – 25	
090	Електроосадж ення покриття олово-вісмут		SnSO_4 $\text{Bi}_2(\text{SO}_4)_3$ H_2SO_4 NaCl Препарат ОС-20	40 - 60 0,8 – 1,5 100 – 110 0,3 – 0,8 4 - 5	50 - 60	18 - 30	0,5 – 2,0
100	Уловлювання	Промивати холодною непроточною водою	Вода холодна водопровідна		2	18 – 25	
110	Промивання холодне	Промивати холодною проточною водою	Вода холодна водопровідна		1 – 2	18 – 25	
120	Промивання тепле	Промивати теплою непроточною водою	Вода тепла деіонізована		1 – 2	40 ± 10	
130	Сушіння	Сушити теплим повітрям			2 – 5	50 ± 10	
140	Демонтаж	Демонтувати підвіску з деталлями з катодної штанги			4		

1.2 Основні технологічні розрахунки

1.2.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання цеху

Гальванічні цехи проєктують, як правило, із розрахунку їх роботи у дві зміни. Для невеликих виробництв з неповним навантаженням приймають роботу в одну зміну.

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

Номінальний річний фонд часу роботи обладнання T_n при переривчастому виробництві приймають рівним кількості календарних днів у році T_k (365) за вирахуванням вихідних T_v (104) та святкових T_c (11) днів. Для п'ятиденного 40 -годинного робочого тижня при однозмінному графіку роботи (дані для розрахунку взяті за 2022 рік):

$$T_n = \left(\frac{(365 - 104 - 11) \cdot 40}{5} \right) \cdot 1 = 2000 \text{ год}$$

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання T_d визначають, виходячи із T_n з урахуванням загальних річних витрат часу на неминучі простой обладнання, які в гальванічному виробництві при роботі автоматизованому обладнання в одну зміну складають 3% ($K_{пр}$)

$$T_d = T_n - K_{пр} \cdot T_n = 2000 - 0,02 \cdot 2000 = 1960 \text{ год.}$$

1.2.2 Визначення виробничої програми обладнання

Для визначення річної виробничої програми P_p річне виробниче завдання P_z необхідно збільшити на величину виправного браку виробів, який складає 2% ($K_{бр} = 0,02$) від P_z

$$P_p = P_z + K_{бр} P_z = 10000 + 10000 \cdot 0,02 = 10200 \frac{\text{плат}}{\text{рік}}$$

Добова виробнича програма складає:

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\text{доб}} = \frac{P_p}{T_{\text{доб}}} = \frac{10200}{245} = 41,6 \frac{\text{шт}}{\text{день}}$$

де $T_{\text{доб}}$ – кількість робочих днів у календарному році. Годинна виробнича програма $P_{\text{год}}$ визначається як

$$P_{\text{год}} = \frac{P_p}{T_d} = \frac{10200}{1960} = 5,2 \frac{\text{шт}}{\text{год}}$$

1.2.3 Розрахунок середньої товщини покриття та часу обробки однієї завантажувальної одиниці

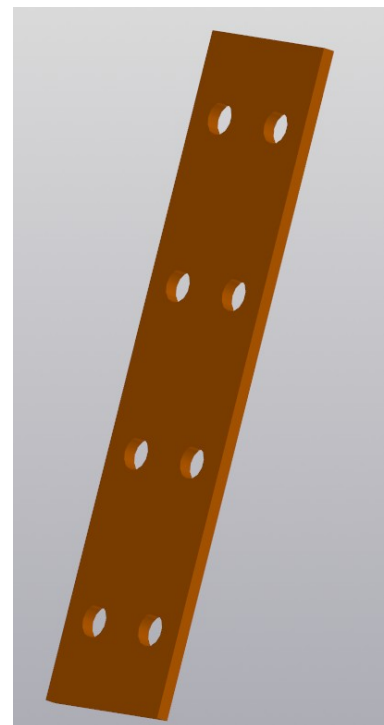
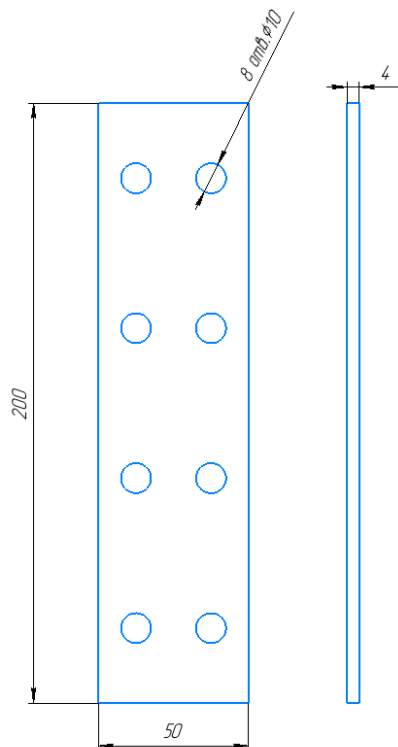


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі

Рисунок 1.2 – Модель деталі

Середня товщина покриття, яка приймається для проектних розрахунків:

$$\delta_n = \delta \cdot k = 12 \cdot 1 = 12 \text{ мкм},$$

де δ – обрана товщина олов'яного покриття, мкм [6, 7] .

Тривалість електрохімічного осадження покриття:

$$\tau_m = \frac{\delta_n \cdot d_{Sn-Bi} \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{V_c \cdot K_e \cdot i_k} = \frac{12 \cdot 7.2 \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{0,90 \cdot 2,2 \cdot 2} = 13 \text{ хв}$$

де δ_n – товщина покриття, мкм;

d_{Sn-Bi} – густина металу покриття, г/см³; [9]

$$d_{Sn-Bi} = \frac{100}{\frac{99,8}{7,28} + \frac{0,02}{9,75}} = 7,2$$

B_c – катодний вихід за струмом; [8]

$K_{e.cп}$ – електрохімічний еквівалент олово-вісмут, г/А·год; [9]

$$K_{e.cп} = \frac{1}{q_{e.cп}} = 2,2$$
$$q_{e.cп} = \frac{99,8}{100 \cdot 2,21} + \frac{0,02}{100 \cdot 2,6} = 0,45$$

i_k – середня катодна густина струму, А/дм². [8]

Час обробки однієї завантажувальної одиниці:

$$\tau = \tau_T + \tau_{об} = 13 + 5 = 18 \text{ хв}$$

де $\tau_{об}$ – час обслуговування: завантаження деталей у ванну та їх вивантаження, хв.

Кількість оброблюваних завантажень розраховується з урахуванням коефіцієнту затрат часу для однозмінного виробництва $K_{об} = 1,06 \dots 1,1$ і становить [11]:

$$\sum N = \frac{T_d \cdot 60}{\tau \cdot K_{об}} = \frac{1960 \cdot 60}{18 \cdot 1,06} = 6163,5$$

де $K_{об}$ – коефіцієнт, що враховує витрати часу на початковий запуск обладнання, кінцеве вивантаження ванни та на допоміжні операції [9].

Разове завантаження усіх ванн:

$$N_{оз} = \frac{P_p}{\sum N} = \frac{10200}{6163,5} = 1,65 = 2 \text{ плати.}$$

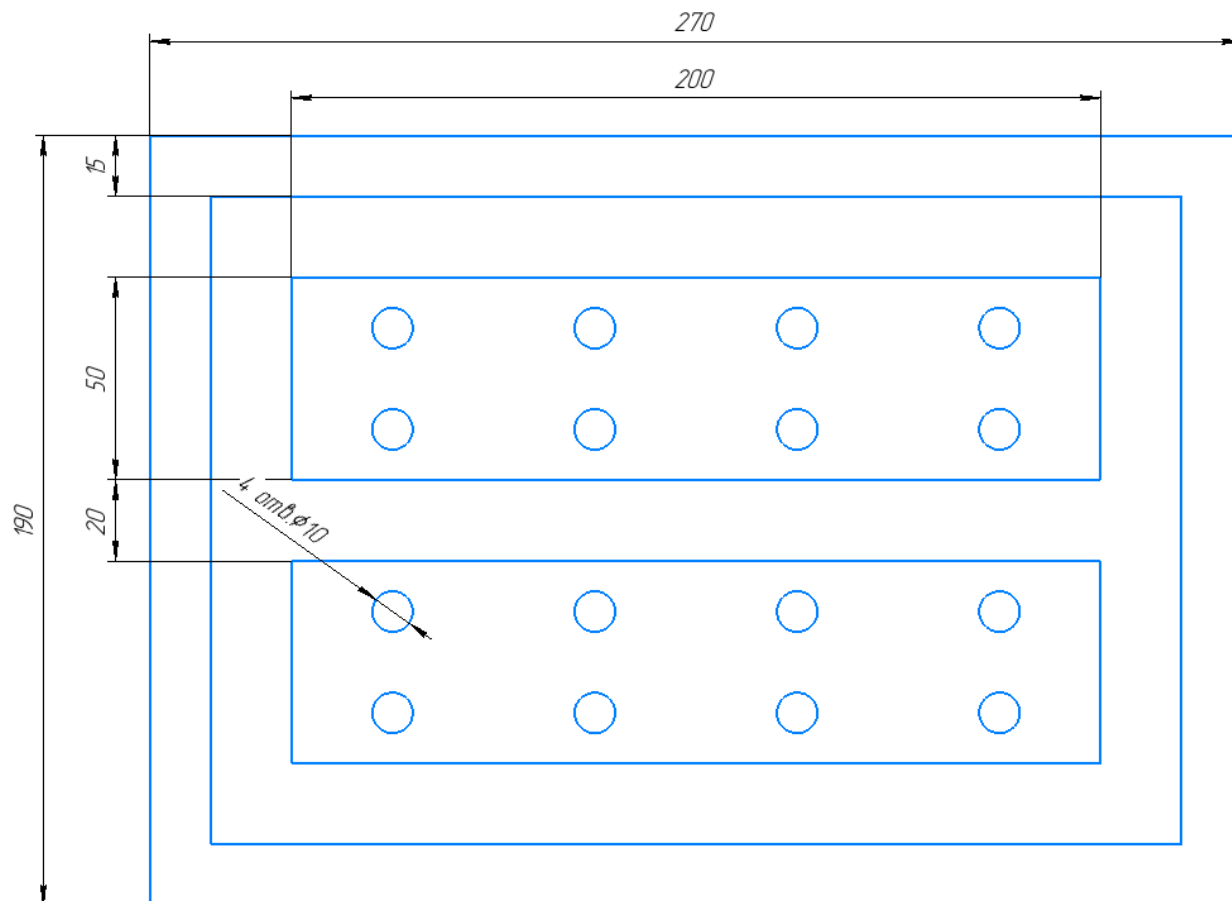


Рис. 1.3 – Розміщення деталей на підвісці

1.2.4 Розрахунок конструктивних розмірів ванни і коефіцієнту завантаження обладнання

Знаючи габаритні розміри підвіски з деталями розраховуємо габаритні розміри гальванічної ванни.

Внутрішня довжина ванни l , м:

$$l = l_n + 2 \cdot l_1 = 270 + 2 \cdot 255 = 770 \text{ мм} = 0,77 \text{ м},$$

де l_n – довжина підвіски;

l_1 - відстань від краю підвіски до борта ванни

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ

Лист

22

Внутрішня ширина ванни B , м:

$$B = B_n + 2 \cdot l_{a-n} + 2 \cdot B_a + 2 \cdot B_1 = 15 + 2 \cdot 100 + 2 \cdot 8 + 2 \cdot 70 = 371 \text{ мм} = 0,371 \text{ м},$$

де l_{a-n} – відстань між анодом і ближнім краєм підвіски з деталями;

B_n – товщина підвіски з деталями, м;

B_a – товщина анодів, м (олов'яні аноди виливаються за потрібними розмірами у цеху – 8 мм);

B_1 – відстань між анодом і боковою стінкою ванни, м.

Внутрішня висота ванни h , м:

$$h = h_n + h_1 + h_2 + h_3 = 190 + 100 + 80 + 100 = 470 \text{ мм} = 0,47 \text{ м},$$

де h_n – висота підвіски;

h_1 – відстань від дна ванни до нижнього краю підвіски;

h_2 – відстань від верхнього краю підвіски до дзеркала електроліту;

h_3 – відстань від дзеркала електроліту до верхнього краю ванни.

Обираємо наступні параметри ванни:

- довжина – $l = 800 \text{ мм}$
- ширина – $B = 400 \text{ мм}$
- висота – $h = 500 \text{ мм}$

Поверхня однієї деталі:

$$S_d = 0,022 \text{ м}^2.$$

Сумарна поверхня деталей, які завантажують на одну підвіску:

$$S_n = S_d \cdot 2 = 0,022 \cdot 2 = 0,044 \text{ м}^2.$$

Поверхня разового завантаження:

$$S_{oz} = S_n \cdot N_n = 0,044 \cdot 1 = 0,044 \text{ м}^2.$$

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

Сумарна кількість пластинок, що одноразово завантажуються у ванну:

$$N_{озв} = n_{під} \cdot N_n = 1 \cdot 2 = 2 \text{ плати}.$$

Кількість необхідних ван:

$$n_B = \frac{N_{03}}{N_{03B}} = \frac{2}{2} = 1;$$

$$\sum n_B^* = 1 \text{ шт.}$$

Річна продуктивність обладнання:

$$P'_p = \sum n_B^* \cdot N_{03B} \cdot \frac{T_D \cdot 60}{\tau \cdot K_{об}} = 1 \cdot 2 \cdot \frac{1960 \cdot 60}{18 \cdot 1,06} = 12327 \frac{\text{плат}}{\text{рік}}$$

Коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_{зав} = \frac{P_p}{P'_p} = \frac{10200}{12327} = 0,83$$

1.2.5. Баланс кількості електрики на гальванічній ванні

При нанесенні покриття у сульфатному електроліті на електродах перебігають такі електрохімічні процеси:

на катоді:

1. $\text{Sn}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Sn}^0$ ($B_{c_k} = 98 \%$);
2. $\text{Bi}^{3+} + 3e \rightarrow \text{Bi}^0$ ($B_{c_k} = 2 \%$);

на аноді:

3. $\text{Sn} \rightarrow \text{Sn}^{2+} + 2e$ ($B_{c_a} = 100 \%$).

За одну астрономічну годину можна обробити: $60/18 = 3,33$ підвісок. Округляємо до 3 підвісок. Звідси дійсний час проведення електролізу в ванні складає $(18 - 5) \times 3 = 39$ хв., або 0,65 години.

Сила струму на клеммах ванни олов'янування:

$$I = K \cdot i_k \cdot S_{03} = 1,03 \cdot 100 \cdot 0,044 = 4,5 \text{ А}$$

де коефіцієнт K враховує втрати електрики на осадження металу на контактах підвісного пристрою, вибирають його у межах $K = 1,03 \dots 1,15$ [12].

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
						24
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість електрики, що витрачається на кожний електродний процес в продовж 0,75 години складає:

на катоді:

$$1. Q_{k1} = \frac{I \cdot \tau \cdot V_{c_k}}{100} = \frac{4,5 \cdot 0,65 \cdot 98}{100} = 2,866 \text{ А} \cdot \text{год}$$

$$2. Q_{k2} = \frac{I \cdot \tau \cdot V_{c_k}}{100} = \frac{4,5 \cdot 0,65 \cdot 2}{100} = 0,0585 \text{ А} \cdot \text{год}$$

на аноді:

$$3. Q_a = \frac{I \cdot \tau \cdot V_{c_k}}{100} = \frac{4,5 \cdot 0,65 \cdot 100}{100} = 2,925 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Таблиця 1.4 – Баланс кількості електрики на ванні.

Надходження	Q, А· год	Витрати			
		На катоді	Q, А· год	На аноді	Q, А· год
Від зовнішнього джерела струму	2,925	На осадження олова	2,866	На розчинення олова	2,925
		На осадження вісмут	0,0585		
Всього	2,925	Всього	2,925	Всього	2,925

1.2.6 Баланс напруги на гальванічній ванні

Напруга на ванні складається з різниці електродних потенціалів під струмом, омичного падіння напруги в електроліті, у провідниках першого роду (електродах, струмопідводах у ванні, штангах) та в контактах [12].

Баланс напруги процесу розраховують за формулою:

$$U_B = E_a - E_k + \Delta U_{OM \text{ ЕЛ-Т}} + \Delta U_{OM \text{ Ір}} + \Delta U_{OMk} = \Delta E_i + \Sigma \Delta U_{OM}$$

Різниця потенціалів:

$$\Delta E = E_a - E_k = 0,15 - (-0,5) = 0,65 \text{ В,}$$

де E_a – потенціал аноду під струмом, В; [9]

E_k – потенціал катоду під струмом, В.[9]

Середня густина струму:

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
						25
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i_{cp} = \sqrt{i_k - i_a} = \sqrt{1 \cdot 2,7} = 1,6 \text{ A/дм}^2$$

Падіння напруги в електроліті:

$$\Delta U_{\text{Ом Ел-т}} = K_{\text{ГН}} \cdot i_{cp} \cdot l_{a-k} \cdot \rho_{\text{Ел-т}} = 1,1 \cdot 160 \cdot 0,1 \cdot 2,3 \cdot 10^{-2} = 0,4 \text{ В}$$

де $K_{\text{ГН}}$ – коефіцієнт, який ураховує збільшення опору за рахунок газонаповнення;

$\rho_{\text{Ел-т}}$ – питомий електричний опір електроліту, Ом·м [13].

Тоді напруга на ванні:

$$U_B = (E_a - E_k + \Delta U_{\text{Ом Ел-т}}) / 0,9 = (0,65 + 0,4) / 0,9 = 1,16 \text{ В}$$

Сума падіння напруги на електродах, провідниках і контактах ванни:

$$\Sigma \Delta U_{\text{Ом}} \leq 0,1 \cdot U_B = 0,1 \cdot 1,16 \approx 0,11 \text{ В}$$

Мінімальна напруга на джерелі струму, враховуючи додаткових 10 % від неї на падіння напруги в шинопроводах від джерела струму до ванни:

$$U_{dc} = 1,1 \cdot U = 1,1 \cdot 1,16 = 1,28 \text{ В}$$

Таблиця 1.5 – Баланс напруги на ванні олов'янування.

Надходження	Значення		Витрати	Значення	
	В	%		В	%
Напруга на ванні, U_B	1,16	100	Різниця потенціалів електродів під струмом, $E_a - E_k$	0,65	56
			Падіння напруги в електроліті, $\Delta U_{\text{Ом Ел-т}}$	0,4	34,5
			Падіння напруги в електродах, контактах і провідниках, $\Sigma \Delta U_{\text{Ом}}$	0,11	9,5
Всього	1,16	100	Всього	1,16	100

1.2.7 Вибір джерела струму для гальванічної ванни

Джерело постійного струму вибирають, виходячи із сили струму і напруги на ванні із урахуванням падіння напруги в шинопроводах. Коли для нанесення гальванічного покриття передбачається використовувати декількох ванн, то для кожної ванни вибирають окремий випрямний агрегат.

Сила струму на ванні:

Для розрахунків обираємо верхнє допустиме за технологією значення катодної густини струму, яке у даному випадку складає 2 А/дм^2 (200 А/м^2).

$$I = K \cdot i_k \cdot 10^2 \cdot S_{\text{оз}} = 1,1 \cdot 200 \cdot 0,044 = 9,68 \text{ А},$$

де K – втрати електрики на осадження металу на контактах підвіски.

Необхідна потужність джерела струму:

$$N_{\text{дс}} = U_{\text{дс}} \cdot I \cdot 10^{-3} = 1,28 \cdot 9,68 \cdot 10^{-3} = 0,0124 \text{ кВт}$$

Обрано джерело струму ТЕ1-100/12Т, що має характеристики:

- максимальна напруга – 36 В;
- максимальне струмове навантаження – 10 А;
- максимальна потужність – 360 Вт.

Коефіцієнт завантаження вибраного джерела струму:

$$K = \frac{N_{\text{дс}}}{N_{\text{паср}}} = \frac{0,0124}{0,12} = 0,103.$$

1.2.8 Визначення теплової енергії, складання балансу енергії

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

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

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

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

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

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
						27
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{\text{заг}} = 1,16 \cdot 9,68 \cdot \frac{13}{60} \cdot 3600 \cdot 10^{-3} = 8,758 \text{ кДж.}$$

Для гальванічних процесів, які ідуть із розчинними анодами з виходом за струмом на катоді і аноді, близьким до 100%, я перетворюється в теплову енергію:

$$W_{\text{заг}} \approx W_{\text{дж.}}$$

Таблиця 1.6 – Баланс енергії на ванні.

Надходження	кДж	%	Витрати	кДж	%
Електрична енергія від джерела струму	8,758	100	Джоулева теплота	8,758	100
			Хімічна енергія	0	0
Разом	8,758	100	Разом	8,758	100

1.2.9 Тепловий розрахунок гальванічних ванн

Розрахунок витрат енергоносіїв для забезпечення теплового режиму

Визначимо кількість теплоти, яку витрачають на підтримання необхідного теплового режиму (18-25 °С) під час електролізу з урахуванням джоулевої теплоти, яка при цьому виділяється.

Деякі параметри гальванічної ванни олов'янування:

- довжина – 0,8 м;
- ширина – 0,4 м;
- висота – 0,5 м;
- Об'єм ванни – 0,16 м³;
- густина поліпропілену $\rho_B = 1,4 \text{ г/см}^3$ або 1400 кг/м³;
- товщина стінок ванни 40 мм або 0,04 м.

Маючи вище перераховані дані, розрахуємо масу ванни:

$$m_2 = \left(((0,8 \cdot 0,4) \cdot 0,04) + ((0,8 \cdot 0,5 \cdot 2) \cdot 0,04) + ((0,4 \cdot 0,5 \cdot 2) \cdot 0,04) \right) \cdot 1400 = 86 \text{ кг}$$

Об'єм електроліту розраховується за формулою:

$$V_1 = K_{\text{зап}} \cdot V_{\text{ванни}} = 0,8 \cdot 0,16 = 0,128 \text{ м}^3$$

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

Максимально можливу температуру розігріву ванни T_k , К, визначається за формулою:

$$T_k = 293 + \frac{W_{\text{Дж}}}{V_1 \cdot C_1 \cdot d_1 + C_2 \cdot m_2 + C_3 \cdot m_3},$$

де, V_1 , C_1 , d_1 – відповідно об'єм, питома масова теплоємність (4030 Дж/(кг·К))[14] і густина (1,14 кг/дм³)[15] електроліту; C_2 - теплоємність матеріалу корпусу ванни, для вініпласту близько 1470 Дж/(кг·К)[14]; C_3 – теплоємність матеріалу анода (127,5 Дж/(кг·К)); m_2 , m_3 , - маса ванни і анодів у ванні.

Співвідношення площі аноду до катоду 1:1,5, отже $S_a = 0,022 \text{ м}^2$

$$m_3 = 11340 \text{ кг/м}^3 \cdot 0,022 \text{ м}^2 \cdot 0,008 \text{ м} = 2 \text{ кг}$$

$$T_k = 293 + \frac{8758}{0,128 \cdot 4030 \cdot 1140 + 1470 \cdot 92 + 127,5 \cdot 2} = 293,016 \text{ К}$$

Виходячи з розрахунків, розігрів електроліту незначний, отже обладнання для охолодження не потрібно, процес проходить без виділення тепла за кімнатної температури.

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

Розрахунок витрат анодів

Витрати анодів на запуск нового обладнання:

$$G_{аз} = K_1 \cdot K_2 \cdot n_{аш} \cdot l_v \cdot h_v \cdot \delta_a \cdot d_a \cdot n_v$$

де K_1 – коефіцієнт, який враховує співвідношення сумарної ширини анодів до довжини ванни (приймаємо $K_1 = 0,6$); K_2 – коефіцієнт, який враховує співвідношення анодів та висоти ванни (приймаємо $K_2 = 0,8$); $n_{аш}$ – кількість анодних штанг у ванні (1 шт); l_v – внутрішня довжина ванни, 0,8 м; h_v – внутрішня висота ванни, 0,5 м; d_a – густина олов'яних анодів, 7310 кг/м³; δ_a – товщина катодів, 0,004 м; n_v – кількість ванн даного типу, 1 шт.

$$G_{аз} = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,004 \cdot 7310 \cdot 1 = 5,61 \text{ кг}$$

Витрати анодів на виконання річної виробничої програми

Витрати розчинних анодів $G_{ар}$ визначають за формулою:

$$G_{ар} = S \cdot A_p \cdot \delta_{п}$$

де S – сумарна площа нанесеного покриття при виконанні річної програми, м²; $\delta_{п}$ – товщина покриття в мікрометрах; A_p – норма витрат нерозчинних катодів, кг/м²; [16]

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
						30
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення A_p визначають, виходячи з чистої маси покриття, технологічних втрат та відходів:

$$A_p = d_{\text{п}} \cdot (1 + 0,06) \cdot 10^{-6}$$

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

$$A_p = 7200 \cdot (1 + 0,06) \cdot 10^{-6} = 0,0076 \text{ кг/м}^2$$

Величину S визначають за формулою:

$$S = P_p \cdot S_{\text{покр}} = 10200 \cdot 0,022 = 224,4 \text{ м}^2$$

Витрати розчинних анодів:

$$G_{\text{ар}} = 224,4 \cdot 0,0076 \cdot 12 = 20,47 \text{ кг}$$

Сумарна витрата анодів:

$$\Sigma G_p = G_{\text{аз}} + G_{\text{ар}}$$

$$\Sigma G_p = 5,61 + 20,47 = 26,08 \text{ кг}$$

Витрати хімічних реактивів на початковий запуск обладнання

Витрати компонента електроліту G_i (кг) визначається за формулою:

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

де C_i – концентрація відповідного електроліту, кг/м^3 або л/м^3 ; $V_{\text{в}} = 0,16 \text{ м}^3$ – об'єм ванни, м^3 ; $K_{\text{зап}} = 0,8$ – коефіцієнт заповнення ванни[16]; $n_{\text{в}} = 1$ – кількість ванн даного типу.

Для запуску обладнання електроосадження покриття олово-вісмут витрати реагентів складають:

$$G_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 100 \cdot 0,16 \cdot 0,8 \cdot 1 = 12,8 \text{ кг}$$

$$G_{\text{Bi}_2(\text{SO}_4)_3} = 0,8 \cdot 0,16 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,102 \text{ кг}$$

$$G_{\text{SnSO}_4} = 40 \cdot 0,16 \cdot 0,8 \cdot 1 = 5,2 \text{ кг}$$

$$G_{\text{NaCl}} = 0,3 \cdot 0,16 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,038 \text{ кг}$$

$$G_{\text{Препарат ОС-20 марки "В"}} = 4 \cdot 0,16 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,512 \text{ кг}$$

Для запуску обладнання електрохімічного знежирення витрати реагентів складають:

$$G_{Na_2CO_3 \text{ техн.}} = 60 \cdot 0,16 \cdot 0,8 \cdot 1 = 7,68 \text{ кг}$$

$$G_{Na_3PO_4 \cdot 12H_2O} = 15 \cdot 0,16 \cdot 0,8 \cdot 1 = 1,92 \text{ кг}$$

$$G_{OP-7} = 5 \cdot 0,16 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,64 \text{ кг}$$

Для запуску обладнання травлення витрати реагентів складають:

$$G_{H_2SO_4} = 160 \cdot 0,16 \cdot 0,8 \cdot 1 = 20,48 \text{ кг}$$

$$G_{NaCl} = 20 \cdot 0,16 \cdot 0,8 \cdot 1 = 2,56 \text{ кг}$$

Для запуску обладнання активації витрати реагентів складають:

$$G_{H_2SO_4} = 100 \cdot 0,16 \cdot 0,8 \cdot 1 = 12,8 \text{ кг}$$

Витрати компонентів на виконання річної виробничої програми

Розрахунок витрат компонента здійснюється за формулою:

$$G_i = C_i \cdot V_{\text{вт}},$$

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

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

$$V_{\text{вт}} = 1,15 \cdot S \cdot A_e = 1,15 \cdot 224,4 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} = 2,58 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$$

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

Для річної програми електроосадження покриття олово-вісмут витрати реагентів складають:

$$G_{H_2SO_4} = 100 \cdot 2,58 \cdot 10^{-2} = 2,58 \text{ кг}$$

$$G_{Bi_2(SO_4)_3} = 0,8 \cdot 2,58 \cdot 10^{-2} = 2,064 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$$

$$G_{SnSO_4} = 40 \cdot 2,58 \cdot 10^{-2} = 1,032 \text{ кг}$$

$$G_{NaCl} = 0,3 \cdot 2,58 \cdot 10^{-2} = 7,74 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$G_{\text{Препарат ОС-20 марки "В"}} = 4 \cdot 2,58 \cdot 10^{-2} = 1,032 \cdot 10^{-1} \text{ кг}$$

Для річної програми електрохімічного знежирення витрати реагентів складають:

$$G_{Na_2CO_3 \text{ техн.}} = 60 \cdot 2,58 \cdot 10^{-2} = 1,548 \text{ кг};$$

$$G_{Na_3PO_4 \cdot 12H_2O} = 15 \cdot 2,58 \cdot 10^{-2} = 0,387 \text{ кг};$$

$$G_{OП-7} = 5 \cdot 2,58 \cdot 10^{-2} = 0,129 \text{ кг}.$$

Для річної програми травлення витрати реагентів складають:

$$G_{H_2SO_4} = 160 \cdot 2,58 \cdot 10^{-2} = 4,128 \text{ кг};$$

$$G_{NaCl} = 20 \cdot 2,58 \cdot 10^{-2} = 0,516 \text{ кг}.$$

Для річної програми активації витрати реагентів складають:

$$G_{H_2SO_4} = 100 \cdot 2,58 \cdot 10^{-2} = 2,58 \text{ кг};$$

1.2.11 Розрахунок витрат води

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

Витрати води G'_{H_2O} (кг) визначаються за формулою:

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

де C_{H_2O} – вміст води в одному м³ електроліту, кг/м³; $V_{\text{заг}}$ – сумарні витрати електроліту на виконання річної виробничої програми, м³.

Величину C_{H_2O} можна визначати за формулою:

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

де $d_{\text{ел}}$ – густина електроліту, 1120 кг/м³; $C_1, C_2 \dots C_n$ – вміст компонентів в електролітах, кг/м³.

Вміст води в одному м³ електроліту олов'янування:

$$C_{H_2O} = 1120 - (40 + 0,8 + 100 + 0,3 + 4) = 974,9 \text{ кг/м}^3.$$

Сумарні витрати електроліту знаходять за формулою:

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

де V_B – об'єм ванни, 0,16 м³;

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

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

$n_{\text{в}}$ – кількість ванн, 1 шт;

$V_{\text{вт}}$ – об'єм електроліту, винесеного деталями, $2,58 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$.

$$V_{\text{заг}} = 0,16 \cdot 0,8 \cdot 1 + 2,58 \cdot 10^{-2} = 0,15 \text{ м}^3.$$

Тоді витрати води на приготування електроліту для нанесення сплаву олово-вісмутом:

$$G_{\text{H}_2\text{O}} = 974,9 \cdot 0,15 = 146,385 \text{ кг} = 146,385 \text{ л}$$

Витратами води на випаровування з поверхні електроліту знехтуємо, оскільки ванна працює за температури, яка не перевищує 25°C

Витрати води на промивні операції

Витрати води на промивні операції залежить від кількості ступенів промивки.

При одноступеневій промивці способом занурювання погодинні витрати води складають:

$$V_{\text{год}} = A_{\text{е}} \cdot K \cdot P_{\text{год}}$$

де $A_{\text{е}} = 0,12$ – норма виносу розчину з ванни поверхнею деталей;
 $P_{\text{год}} = 0,36 \text{ м}^2/\text{год}$ – годинна програма ванни; K – критерій остаточної промивки деталей.

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

де C_0 – концентрація основного компонента в ванні, після якої проводиться промивка, $\text{г}/\text{дм}^3$; C_k – гранично допустима концентрація основного компонента у воді після промивки, $\text{г}/\text{дм}^3$.

$$V_{\text{сум}} = V_{\text{год}} \cdot T_{\text{д}} \cdot 1,5, \text{ дм}^3$$

де 1,5 – коефіцієнт, який враховує падіння тиску води у водопроводі.

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
						34
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати води на промивні операції після електрохімічного знежирення

Концентрація основного компоненту (Na_2CO_3 техн) – 60 г/л.

Гранично допустима концентрація основного компонента у воді після промивання, для ванн знежирення: 0,1 г/л .

$$K = \frac{C_0}{C_k} = \frac{60}{0,1} = 600$$

$$V_{\text{год}} = 0,12 \cdot 600 \cdot 0,36 = 25,92 \text{ дм}^3/\text{год},$$

$$V_{\text{сум}} = 25,92 \cdot 1960 \cdot 1,5 = 76204,8 \text{ дм}^3.$$

Витрати води на промивні операції після травлення

Концентрація основного компоненту (H_2SO_4) — 160 г/л.

Гранично допустима концентрація основного компонента у воді після промивання, для ванн травлення: 0,1 г/л.

$$K = \frac{C_0}{C_k} = \frac{160}{0,1} = 1600$$

$$V_{\text{год}} = 0,12 \cdot 1600 \cdot 0,36 = 69,12 \text{ дм}^3/\text{год},$$

$$V_{\text{сум}} = 69,12 \cdot 1960 \cdot 1,5 = 203\,212,8 \text{ дм}^3.$$

Витрати води на промивні операції після активації

Концентрація основного компоненту (H_2SO_4) – 100 г/л

Гранично допустима концентрація основного компонента у воді після промивання: 0,1 г/л.

$$K = \frac{C_0}{C_k} = \frac{100}{0,1} = 1000$$

$$V_{\text{год}} = 0,12 \cdot 1000 \cdot 0,36 = 43,2 \text{ дм}^3/\text{год},$$

$$V_{\text{сум}} = 43,2 \cdot 1960 \cdot 1,5 = 127\,008 \text{ дм}^3.$$

Витрати води на промивні операції після нанесення покриття

Концентрація основного компоненту (SnSO_4) — 40 г/л.

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

Гранично допустима концентрація основного компонента у воді після промивання: 0,01 г/л.

$$K = \frac{C_0}{C_k} = \frac{40}{0,01} = 4000$$

$$V_{\text{год}} = 0,12 \cdot 4000 \cdot 0,36 = 172,8 \text{ дм}^3/\text{год},$$

$$V_{\text{сум}} = 172,8 \cdot 1960 \cdot 1,5 = 508\,032 \text{ дм}^3.$$

Загальна витрата води

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

$$\begin{aligned} V_{\text{загал. сума}} &= 76204,8 + 203212,8 + 127\,008 + 508\,032 + 146,385 \\ &= 914604 \text{ дм}^3 = 914,6 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

2 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАЛЬВАНІЧНОГО ПРОЦЕСУ

2.1 Аналіз процесу нанесення покриття олово-вісмут як об'єкта автоматизації

Автоматизація процесу управління та регулювання електрохімічної установки значно покращує продуктивність процесу, оскільки параметри можна регулювати та керувати автоматично. Це також може зменшити навантаження на оператора, зменшити шкідливий вплив токсичних речовин і продовжити термін служби обладнання. Автоматизація також може значно підвищити економічну ефективність за рахунок оптимізації витрат на електроенергію та сировину.

У цьому проєкті такі параметри, як струм і напруга, а також рівень електроліту повинні бути автоматизовані. Для цього ванна повинна бути обладнана датчиками та органами управління, які автоматично контролюють і регулюють ці параметри та повідомляють оператора у разі відхилень [17].

Для забезпечення якості необхідно:

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

Параметри регулювання і контролю наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1– Параметри контролю і регулювання гальванічної ванни

№ п/п	Назва стадії процесу, місце заміру параметру	Назва параметру, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	Стадія нанесення олово-вісмут покриття, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	Температура	18...30 °С	контроль
2	Стадія олово-вісмут, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	Рівень	0,4 м	контроль, регулювання
3	Ванна для нанесення покриття олово-вісмут	Сила струму та напруга	4,5 А; 1,16 В	контроль, регулювання

2.2 Розробка схеми автоматизації гальванічного процесу

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

Для регулювання рівня використовуємо передавальний перетворювач рівня з пневматичним вихідним сигналом (2-1). Даний прилад призначений для неперервного перетворення рівня рідини в пропорційний сигнал дистанційної передачі – пневматичний. Також використовується вторинний прилад із дистанційним керуванням (2-2) і регулюючий блок (2-3), в якості виконавчого механізму застосовуємо мембранний пневмопривід (2-4).

Для контролю сили струму в ванні передбачений контур 3, який включає агрегат випрямний (3-1) та пульт дистанційного керування для регулювання сили струму (3-2) [18].

Застосовані засоби автоматизації наведено в специфікації (додаток А).

Висновок: поставлені в роботі задачі, щодо автоматизації контролю та регулювання та сигналізації параметрів, а саме: температури 18...30 °С, рівня електроліту в ванні, сили струму та напруги вдалося вирішити, шляхом складання схеми автоматизації, яка є основним технічним документом, що визначає функціональну структуру окремих вузлів автоматичного контролю і регулювання технологічного процесу та оснащення об'єкта керування (в даному випадку електролітичної ванни процесу нанесення хромового покриття) приладами і засобами автоматизації.

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
						39
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

3.1 Підприємство у промисловій структурі держави

Для організації гальванічного цеху, відповідно до діючої «Галузевої інструкції з планування, обліку виробництва та калькуляції собівартості на підприємствах хімічної промисловості», необхідно розрахувати техніко-економічні показники цеху з нанесення гальванічного покриття та повну собівартість продукції.

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

Мета діяльності: задоволення потреб електротехнічної промисловості у мідних деталях з високими захисними властивостями та здатністю до паяння.

КВЕД: Клас 25.61 , що включає обробку металів та нанесення на них покриття.[19]

Розподіл процесів та їх тривалість наведено у таблиці 3.1.

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		40

Таблиця 3.1 – Класифікація виробничих процесів

Вид виробничого процесу	Найменування операції
1	2
Основні	1. монтаж деталей;
	2. знежирення електрохімічне;
	3. промивання тепле;
	4. промивання холодне;
	5. травлення хімічне;
	6. промивання холодне;
	7. активація;
	8. промивання холодне;
	9. Електроосадження покриття олово-вісмут;
	10. промивання у ванні вловлювання;
	11. промивання холодне;
	12. промивання тепле;
	13. висушування;
	14. демонтаж;
	Загальна тривалість основного процесу
Допоміжні	1. упакування та відправлення продукції на склад.
	2. Приготування робочих розчинів;
	3. Закупівля та транспортування сировини.
Підсобні	1. Відвантаження продукції замовнику;
	2. Укладання вантажів;
	3. Приготування електролітів;
Побічні	1. очищення стічних вод.

3.2 Оптимізація виду руху предметів праці

Річна потужність цеху, з врахуванням виправного браку деталей становить $P_p = 10200 \text{ м}^2/\text{рік}$.

Нанесення гальванічного покриття це багатостадійний процес, що включає певні операції, які наведено в таблиці.3.2

Весь технологічний процес складається з 8 стадій. Для того, щоб не порушувалась його неперервність, кожна з них повинна виконуватись певний проміжок часу.

Таблиця 3.2 - Розподіл процесів та їх тривалість

№	Операція	Час.,хв.
1	Електрохімічне знежирення та промивання	15
2	Травлення	7
3	Активація	25
4	Електроосадження покриття олово-вісмут	50
5	Промивання	6
6	Сушіння	5

Розрахуємо можливість застосування паралельного, послідовного та синхронізованого ВРПП на даному підприємстві.

Для визначення річної виробничої програми P_p річне виробниче завдання P_z необхідно збільшити на величину виправного браку виробів, який складає 2% ($K_{бр} = 0,02$) від P_z .

$$P_p = P_z + K_{бр}P_z = 10000 + 10000 \cdot 0,02 = 10200 \text{ плат.}$$

Добова виробнича програма складає:

$$P_{\text{доб}} = \frac{P_p}{T_{\text{доб}}} = \frac{10200}{249} = 40,9 \frac{\text{плат}}{\text{день}}$$

де $T_{\text{доб}}$ – кількість робочих днів у календарному році. Годинна виробнича програма $P_{\text{год}}$ визначається як

$$P_{\text{год}} = \frac{p_p}{T_d} = \frac{10200}{3848,96} = 2,65 \frac{\text{шт}}{\text{год}}$$

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання T_d визначають, виходячи із T_n з урахуванням загальних річних витрат часу на неминучі простої обладнання, які в гальванічному виробництві при роботі автоматизованого обладнання у дві зміни складають 3% ($K_{\text{пр}}$)

$$T_d = T_n - K_{\text{пр}} \cdot T_n = 3968 - 0,03 \cdot 3968 = 3848,96 \text{ год}$$

P_p – річна виробнича програма підприємства з урахуванням можливого браку.

Тоді виробнича програма зміни становить:

$$P_{\text{змін}} = \frac{P_{\text{доб}}}{K} = \frac{40,9}{2} = 20,45 \frac{\text{плат}}{\text{змін}}.$$

Кількість завантажень за одну зміну, яку необхідно виконати для забезпечення виробничої програми:

$$m = \frac{P_{\text{зм}}}{n} = \frac{20,8}{2} = 11 \text{ завантажень/зміну.}$$

n – кількість плат на разове завантаження;

Необхідно розрахувати випуск продукції для наступних типів ВРПП: послідовного, паралельного та синхронізованого типу.

$$\sum t_i = 15 + 7 + 25 + 50 + 6 + 5 = 108 \text{ хв}$$

1. Послідовний

$$V_{\text{посл}} = \frac{T_{\text{ВЦ}}^{\text{зміни}}}{\sum t_i} = \frac{16 \cdot 60}{108} = 8,88 \approx 9 \text{ завантажень/добу}$$

$$V_{\text{посл}}^{\text{Річ}} = 9 \cdot 245 \cdot 2 = 4410 \frac{\text{шт}}{\text{рік}}.$$

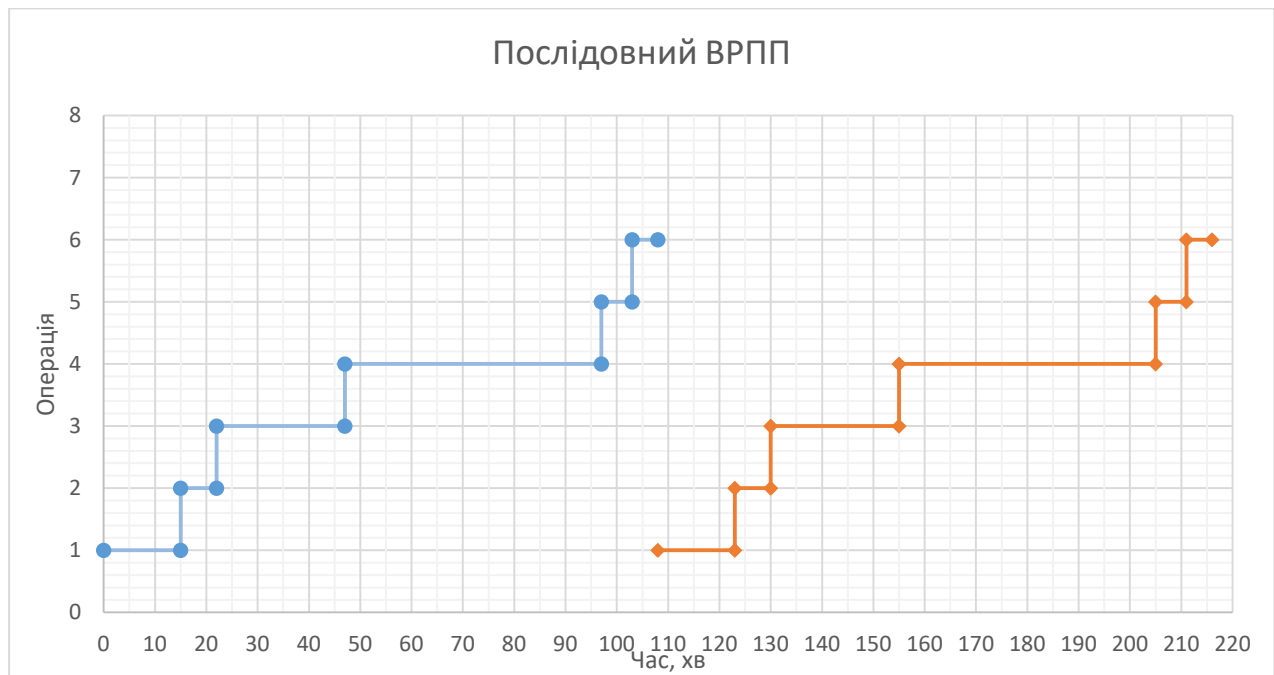


Рисунок 3.1 – Графік послідовного ВРПП

2. Паралельний за формулою денний випуск продукції при використанні паралельного ВРПП складає:

$$V_{\text{пар}} = \frac{T_{\text{ВЦ}}^{\text{пар}} + t_{\text{max}} - \sum_{i=1}^n t_i}{t_{\text{max}}} = \frac{16 \cdot 60 + 50 - 108}{50} \approx 18 \text{ разів}$$

$$V_{\text{пар}}^{\text{Річ}} = 18 \cdot 245 \cdot 2 = 8820 \frac{\text{плат}}{\text{рік}}$$

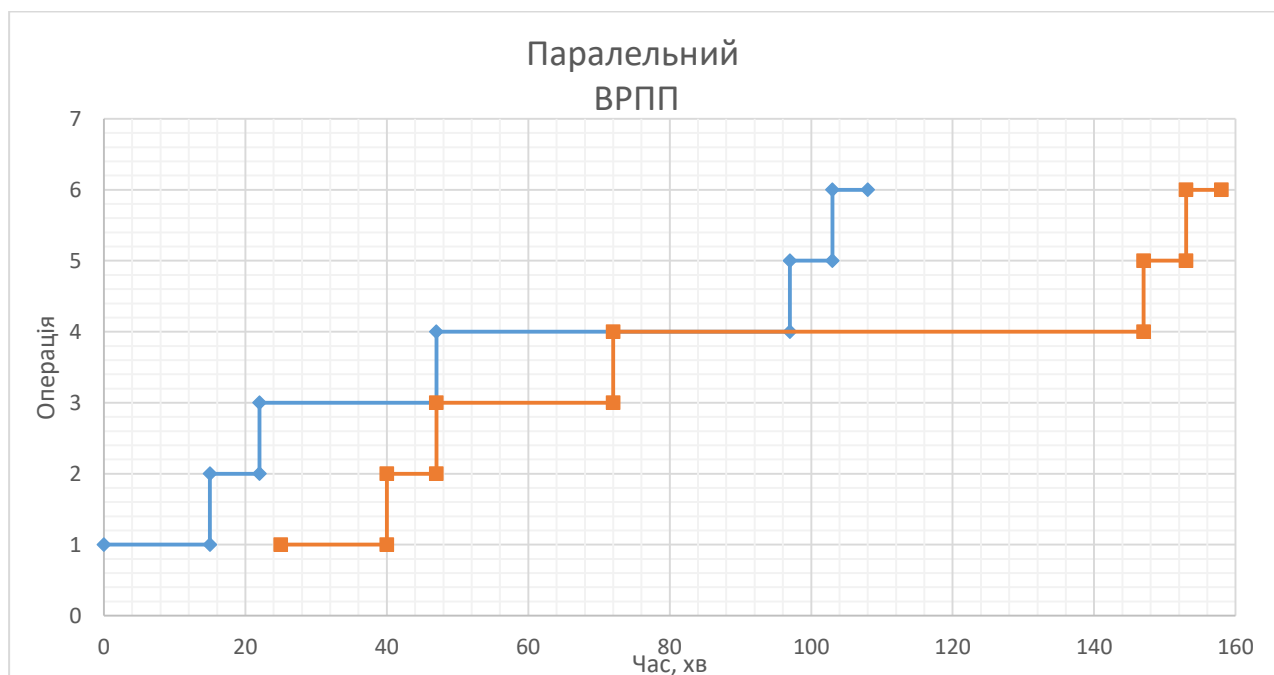


Рисунок 3.2 – графік послідовного ВРПП

3. Синхронізований

Для визначення оптимального ритму для забезпечення річного плану продукції необхідно його розрахувати з використанням формули:

$$N_{\text{завант}} = \frac{T_{\text{В.Ц.}}^{\text{синх}} + R - \sum_{i=1}^n t_i}{R}$$

$$22 = \frac{16 \cdot 60 + R - 108}{R}$$

$$R = \frac{16 \cdot 60 - 108}{21} \approx 40 \text{ Хв}$$

Для підтвердження коректності розрахунків розрахуємо річний випуск з урахуванням отриманого ритму.

$$N_{\text{завант}} = \frac{T_{\text{В.Ц.}}^{\text{синх}} + R - \sum_{i=1}^n t_i}{R} = \frac{16 \cdot 60 + 40 - 108}{40} = 23,2$$
$$\approx 23 \text{ Зав/день}$$

Оскільки не може бути не ціла кількість завантажень, округляємо до 82.

$$B_{\text{синх}}^{\text{річ}} = 23 \cdot 245 \cdot 2 = 11270 \frac{\text{плат}}{\text{рік}}$$

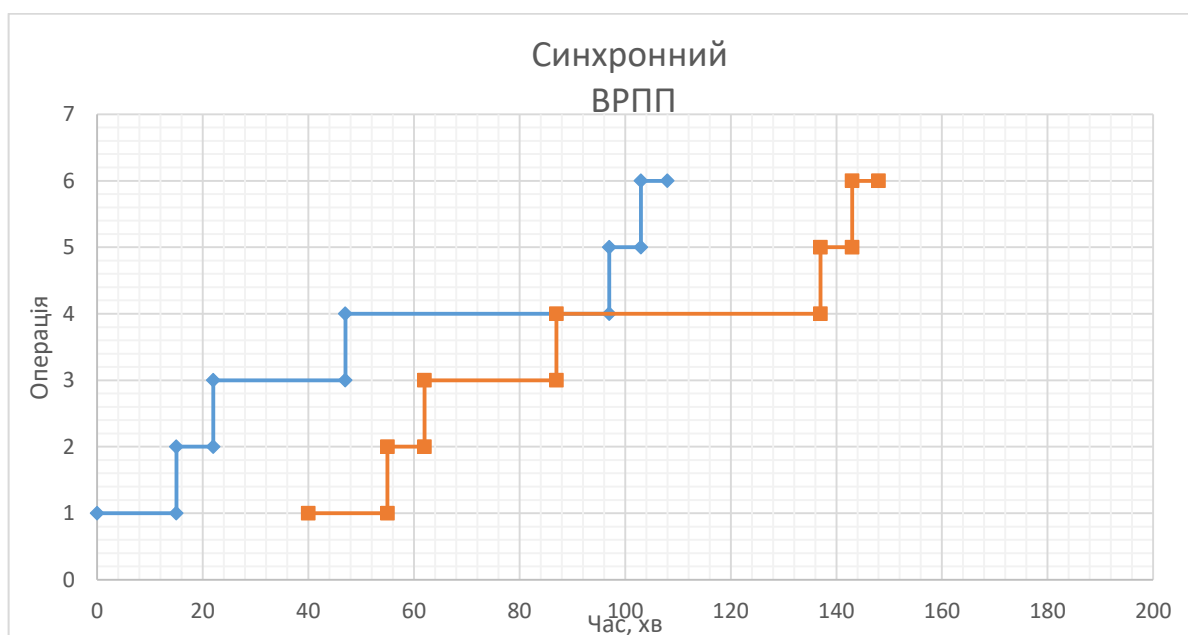


Рисунок 3.3 – графік послідовного ВРПП

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ

Лист

45

При такому ВРПП забезпечення річної програми неможливе
Обираємо синхронізований ВРПП оскільки він забезпечує потрібну кількість продукції для виконання річної норми

- 1 ванна хімічного електрохімічне знежирення
- 1 ванна промивання у теплій воді
- 1 ванна промивання в холодній воді
- 1 ванна травлення
- 1 ванна промивання в холодній воді
- 1 ванна активації
- 1 ванна промивання в холодній воді
- 2 ванна осадження оловов-вісмут .
- 1 ванна вловлення
- 1 ванна промивання в холодній воді
- 1 ванна промивання у теплій воді

Всього 12 ванн

3.3 Чисельність персоналу та фонд заробітної плати

До складу робочого персоналу входять:

- технолог, для контролю технологічного процесу [20].
- гальваніки – для виконання основних операції з нанесення покриття .

Оскільки процес електролізу автоматичний, достатньо 2 гальваніків на зміну, та 1 технолог для контролю процесів електролізу, тобто явочна кількість обслуговуючого персоналу

$$Ч_{\text{яв.}} = 3 \text{ осіб}$$

Чисельність персоналу за списком:

$$Ч_{\text{сп.}} = Ч_{\text{яв.}} \cdot K_{\text{пер.}} = Ч_{\text{яв.}} \cdot \frac{T_{\text{підп.}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац.}}^{\text{рік}}} = 3 \cdot \frac{\frac{16}{24} \cdot 249}{\frac{8}{24} \cdot 249} = 6 \text{ осіб}$$

Режим роботи підприємства: 2 зміни по 8 годин з 6.00 до 22.00

2 бригади в кожній по 2 гальваніки і 1-у технологи

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		46

Таблиця 3.3 Графік змінності

Дні Прац	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Техн. 1	1	1	1	1	1	В	В	1	1	1	1	1	В	В	1	1	1	1	1	В
Бриг. 1	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2	2	В	В	1	1	1	1	1	В
Бриг. 2	2	2	2	2	2	В	В	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2	2	В

Примітки: «Р» - робочий день, «В» - вихідний день, «1» - перша зміна «2» - друга зміна

Графік змін на підприємстві наступний: 1-а зміна: 6:00-14:00; 2-а зміна – 14:00 - 22:00.

Розрахуємо мінімальну тарифну ставку згідно мінімальної заробітної плати:

$$TC_{\min} = \frac{6500}{\frac{30}{7} \cdot 40} = 37,9 \text{ грн/год}$$

Таблиця 3.4 – Фонд заробітної плати підприємства

Посада	Кількість осіб	Тарифний розряд	Тарифний коефіцієнт	Тарифна ставка, грн/год	Заробітна плата, грн (На одну людину)		Заробітна плата
					За день	За рік	За рік
Технолог	2	8	1,64	62,18	497,47	123870,03	247740,06
Гальванік	3	7	1,54	58,39	467,13	116315,37	348946,11
Всього	6				964,6	240187,4	596686,17

Фонд оплати праці:

$$ФОП = ЗП \cdot Н = 596686,17 \cdot 1,22 = 727957,127 \text{ грн/рік.}$$

де Н – нарахування на заробітну плату

3.4 Вартість річних ОбЗ

Вартість сировини і матеріалів розраховується базуючись на їх витратах розрахованих вище. Результати розрахунків наведені в таблиці 3.5.

Розрахуємо витрачену електрику:

$$W = \frac{I \cdot U \cdot N_{\text{завант}} \cdot T_{\text{доб}}}{1000} = \frac{9,68 \cdot 1,16 \cdot 23 \cdot 249}{1000} = 64,3 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Таблиця 3.5 – Вартість сировини для річної програми

Найменування	Ціна\кг	Витрата на рік , од\рік	Вартість грн\рік
Na ₂ CO ₃	130	1,548	201,24
Na ₃ PO ₄	37	0,387	14,32
ОП-7	205	0,129	26,44
H ₂ O	21,25	915	19443,75
Олов`яні Аноди	650	36,08	23452
електроенергія	2,5	3611,53	9028,83
H ₂ SO ₄	50	9,288	464,4
NaCl	18,5	0,00774	0,15
SnSO ₄	1360	19,42	26411,2
Bi ₂ (SO ₄) ₃	20	0,02	0,4
Препарат ОС-20	72	0,1	7,2
Всього			79049,93

Вартість оборотних засобів підприємства:

$$\text{ОбЗ} = V_{\text{сир}} + \text{ФОП} = 79049,93 + 727957,127 = 807\,007,06 \text{ грн/рік.}$$

де $V_{\text{сир}}$ – вартість сировини та електроенергії, ФОП – фонд оплати праці підприємства.

3.5. Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

3.6. Калькуляція на продукцію

Таблиця 3.6 - Склад основних фондів цеху гальванічних покриттів

№	Найменування обладнання	Кількість одиниць	Вартість, грн
1	Ванна електрохімічного знежирення	1	10 000
2	Ванна промивання у теплій воді	1	9 000
3	Ванна промивання у холодній воді	1	9 000
4	Ванна травлення	1	10 000
5	Ванна активації	1	10 000
6	Випрямний прилад	1	42 000
7	Ванна вловлення	1	12 000
8	Ванна осадження олова-вісмут	2	20 000
9	Сушильна шафа	1	10 000
10	Будівлі і споруди	-	350 000
11	трубопровід	-	65 000
12	Планові витрати	-	20 000
Всього:		10	567 000

Для підрахунку основних фондів підприємства треба розрахувати амортизацію будівель і споруд

$$A_{\text{буд}} = \frac{H_A^{\text{буд}}}{T_{\text{екс}}} = \frac{350000}{20} = 17500 \text{ грн/рік}$$

де $H_A^{\text{буд}}$ – вартість будівель та споруд, $T_{\text{екс}}$ – період амортизації будівель та споруд.

Амортизація обладнання:

$$A_{\text{обл}} = \frac{H_A^{\text{обл}}}{T_{\text{екс}}} = \frac{142\,000}{5} = 28400 \text{ грн/рік}$$

де $H_A^{\text{обл}}$ - вартість обладнання

Амортизація трубопроводів:

$$A_{\text{тр}} = \frac{H_A^{\text{тр}}}{T_{\text{екс}}} = \frac{65000}{10} = 6500 \text{ грн/рік}$$

де $H_A^{\text{тр}}$ - вартість трубопроводів; $T_{\text{екс}}$ – гарантія виробника.

Амортизація нематеріальних активів:

$$A_{\text{нм}} = \frac{H_A^{\text{нм}}}{T_{\text{екс}}} = \frac{20000}{12} = 1666,7 \text{ грн/рік}$$

де $H_A^{\text{нм}}$ – нематеріальні активи підприємства. [20]

Всього:

$$A = 17500 + 28400 + 6500 + 1666,7 = 54\,066,7 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

Таблиця 3.7 - Вартість ОБЗ

№	Елемент затрат	Витрати		% від собівартості
		На річну програму, грн/рік	На одиницю продукції, грн./плат	
1	Амортизація	54066,7	4,8	6,11
2	Заробітна плата	596686,17	52,95	67,61
3	Нарахування на ЗП	131270	11,65	14,8
4	Планові витрати	20000	1,78	2,28
5	Оборотні фонди	79049,93	7,02	9,2
6	Собівартість виробничого процесу	881072,8	78,2	100

3.7. Техніко-економічні показники

Річна виробнича собівартість продукції :

$$C = \text{ОБЗ} + A = 807\,007,06 + 54\,066,7 = 861073,76 \text{ грн/рік.}$$

$$C_{\text{вир}} = C + \text{Неврах. витр.} = 861073,76 + 172214,76 = 1033288,52 \text{ грн/рік.}$$

де Невраховані витрати приймають як 20% від С.

$$C_{\text{пов}} = C_{\text{вир}} + \text{Накл. витр.} = 1033288,52 + 206657,71 = 1239946,12 \text{ грн/рік.}$$

де Накладні витрати становлять 20% від $C_{\text{виробн.}}$

Собівартість одиниці продукції:

$$C = \frac{C}{V_{\text{сінх}}^{\text{річ}}} = \frac{861073,76}{11270} = 76,41 \text{ грн/плат}$$

Прибуток:

$$\Pi = \Pi - C = 120 - 76,41 = 43,59 \text{ грн/м}^2,$$

де Ц – ціна на готовий продукт.

Прибуток від реалізації всієї продукції:

$$\Pi_{\text{пов}} = \Pi \cdot V_{\text{синх}}^{\text{річ}} = 43,59 \cdot 11270 = 491259,3 \text{ грн/рік.}$$

Рентабельність виробництва:

$$P = \frac{\Pi}{C} = \frac{43,59}{76,41} \cdot 100\% \approx 57\%$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{\Pi}{K} = \frac{491259,3}{1374007,06} = 0,36 \text{ грн/грн.}$$

Капіталовкладення:

$$K = OЗ + OБЗ = 567\,000 + 807\,007,06 = 1374007,06 \text{ грн.}$$

Період повернення капіталовкладень:

$$T_{\text{пов.}} = \frac{1}{E} = \frac{1}{0,36} = 2,78 \text{ років.}$$

Чисельність персоналу явочна: 3 осіб (на зміну).

Чисельність персоналу за списком: 6 осіб.

Фондовіддача основних засобів:

$$\Phi B_{OЗ} = \frac{Ц \cdot V}{OЗ} = \frac{120 \cdot 11270}{567\,000} = 2,39 \text{ грн/грн.}$$

Фондоємність:

$$\Phi E = \frac{1}{\Phi} = \frac{1}{2,39} = 0,42 \text{ грн/грн.}$$

Висновок: в даній частині дипломного проєкту ми розрахували техніко економічні параметри виробництва таким чином термін окупності становить 2,78 років (1015 дні), тому підприємство вважаємо рентабельним.

4 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА, ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Гальванічні покриття використовують практично у всіх галузях промисловості. Гальваніка є значним споживачем кольорових металів і дорогих хімічних реагентів. Крім цього при функціонуванні гальванічних виробництв з'являється значна кількість концентрованих металовмісних відходів, які є цінною сировиною.

Незважаючи на значні відмінності в технології нанесення гальванічних металевих покриттів, при їх реалізації можуть утворюватись відходи з різним рівнем екологічної небезпеки та токсичності та вмісту металу. Орієнтовна кількість високотоксичних стічних вод в Україні становить 500 млн грн. м³ на рік. Джерелом забруднення техногенного середовища під час електроосадження є не тільки електроліт, а й використовувані концентровані розчини травлення та знежирення.

Обробка неочищених або недостатньо очищених стічних вод та інших відходів кольорових металів завдає шкоди не тільки економіці та навколишньому середовищу, а й втраті матеріалів (металів), що використовуються у виробництві.

У наш час у суспільстві склалося уявлення про те, що подальший розвиток технологій шляхом створення нових продуктів є часто несумісний із нормальним функціонуванням природного середовища, умовами життя на Землі. Тому важливим завданням, з метою реалізації безпечного гальванічного виробництва, розробка заходів знешкодження відповідних відходів, тобто стічних вод. У даній роботі, зокрема, запропонована схема очищення гальваностоків, яка приведена на рис.4.1.

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

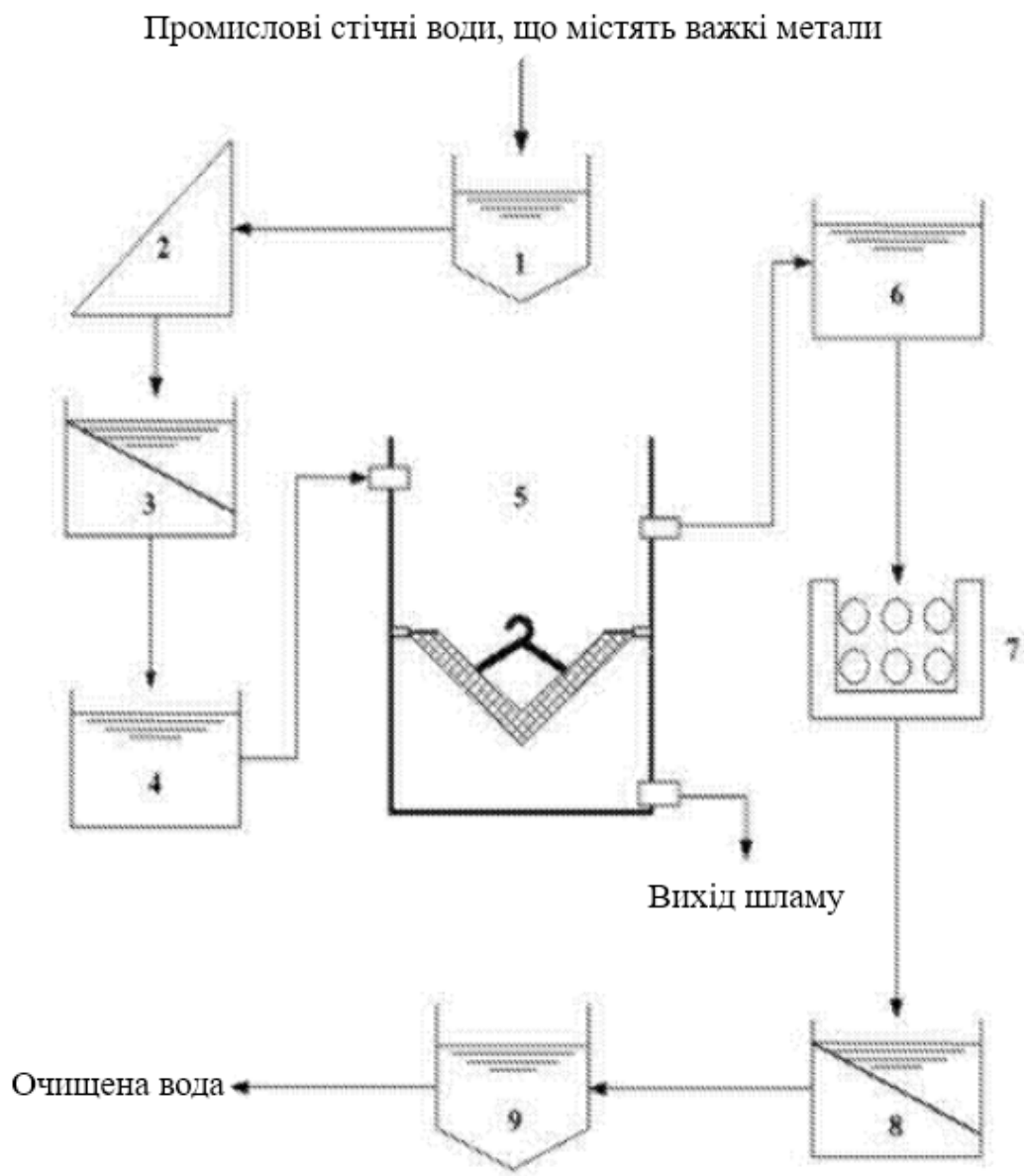


Рисунок 4.1 – Схема очищення стічних вод [21]

1- збірний колодезь, 2- сітковий фільтр, 3 - відстійник, 4 - регулююча ємність, 5- ємність із протопектином для осадження іонів важких металів; 6 - аераційний нітрифікаційний бак, 7 - бак біологічної денітрифікації, 8 - вторинний відстійник, 9 - очисний резервуар.

На рис. 4.1, показано метод очищення промислових стічних вод від іонів важких металів. Промислові стічні води, що містять важкі метали, потрапляють у водозбірний колодезь 1, де здійснюють централізований збір і попереднє усереднення стічних вод. Збірний колодезь з'єднаний із сітковим фільтром 2,

який видаляє тверді дисперсні речовини великого діаметру з промислових стічних водах. Вихід фільтру 2 з'єднується з первинним відстійником 3 через трубопровід. У відстійнику 3 із стічних вод видаляються малорозчинні дрібнодисперсні речовини. Вихід первинного відстійника 3 підключається через трубопровід до резервуару 4 для регулювання значення рН. Тут стічні води нейтралізуються, і значення рН регулюється до відповідної величини. Значення рН в резервуарі для регулювання 4 коливається від 7,5 до 8,8, щоб відповідати рН води, що надходить у ротаційний адсорбційний резервуар 5 із протопектином. Ротаційний адсорбційний резервуар 5 через трубопровід з'єднаний з аераційним нітрифікаційним баком 6. Процес нітрифікації перетворює різні нітратвмісні речовини в стічних водах в нітрати. Вихід баку 6 з'єднаний через трубопровід з біологічним денітрифікаційним резервуаром 7, і його функція полягає в видаленні нітратного азоту з стічних вод шляхом реакції біологічної очистки і перетворення. Після видалення нітратів, стічні води з біологічного денітрифікаційного резервуара 7 поступають у вторинний відстійник 8, і на цій стадії видаляються всі нерозчинні речовини, що залишилися в стічній воді, далі стоки надходять до вторинного відстійника баку 8 який підключається до резервуару 9, де вода остаточно відстоюється і може бути направлена на скидання, чи подальшу переробку [21].

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Технологічна складова проекту свідчить про те, що під час нанесення олово-вісмутowego сплаву в гальванічному цеху перебувають горючі та небезпечні речовини та матеріали, а також виробничі залишки. У проекті передбачено використання теплової, електричної та механічної енергії.

Для забезпечення транспортування використовується нерейковий транспорт (електронавантажувачі), а також конвеєрний і трубопровідний транспорт. Проект було виконано з урахуванням нормативних документів про охорону праці та захист працівників.

Було розроблено ряд методів для покращення умов праці на основі дослідження шкідливих і небезпечних факторів.

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

5.1.1 Повітря робочої зони

Всі види робіт, що відносяться до цеху, належать до категорії II-б (фізичні

роботи середньої тяжкості). Згідно ДСН 3.3.6.042-99, встановлено оптимальні умови в робочій зоні, які представлено в таблиці 5.1 [22].

Таблиця 5.1 – Оптимальні і допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень.

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

Нормальні умови в цеху використовуються для розрахунку механізації та автоматизації раціонального розташування та ізоляції опалювального обладнання, приладів, комунікацій та інших джерел у важких і трудомістких цехах.

Надаються засоби індивідуального захисту (респіратор, спецодяг «П» та взуття). Також двічі на місяць перевіряється вміст повітря та параметри в робочій зоні на наявність небезпечних речовин.

У гальванічному цеху запропоновано наступне для видалення шкідливих речовин з повітря та забезпечення його відповідності.

1. Загальна механічна вентиляція обладнання служить для подачі в приміщення свіжого вентиляційного повітря. Спеціальна транспортна обробка повітря при необхідності (очищення, підігрів тощо).

2. Витяжна вентиляція для видалення шкідливих або нагрітих вихлопів зі складу.

Крім того, установка для очищення повітря активується тільки в аварійних випадках. Установа керується вручну та керується датчиком газового детектора, встановленим на значення ПДК контрольованої речовини. Для аварійної вентиляції кілька повітрообмінників, працюють протягом 8 годин [22].

Деактивація аерозольних відходів здійснюється шляхом відсмоктування повітря з бортів ванн для знежирення, травлення та електроосадження покриття.

Для збереження тепла та здоров'я працівників біля входу встановили завісу гарячого повітря.

Для зменшення вмісту небезпечних речовин у робочій зоні рекомендуються такі заходи:

1. Зниження концентрації шкідливих речовин шляхом встановлення на ваннах місцевої вентиляції

2. При приготуванні розчинів електролітів, кислоти слід наливати у воду, ретельно розмішати і наливати тонкою цівкою.

3. Після виконання певних операцій автооператор повинен зупинитися над ванною на час, необхідний для стікання електролітів назад у гальванічну ванну.

4. Простір між ваннами закривають кришками із фторопласту для перенесення розчину на дно.

5. Для зниження концентрації шкідливих речовин в стічних водах передбачається встановлення комбінованої системи очищення.

Розрахунок системи місцевої механічної вентиляції

Для уловлювання шкідливих викидів з поверхні розчину, в якості вентиляції використовують бортові відсмоктувачі, які розміщують по обидва боки ванни.

Для розрахунку об'ємної витрати повітря, що відводиться бортовими відсмоктувачами, використано формулу [9]:

$$L = 1400 \cdot \left(0,53 \cdot \frac{V_p \cdot l}{V_p + l} + H_p \right)^{1/3} \cdot V_p \cdot l \cdot K_1 \cdot K_{\Delta t} \cdot K_T$$

де V_p – внутрішня ширина ванни, м; l – внутрішня довжина ванни, м; H_p – проектна відстань від краю ванни до поверхні електроліту, м; K_1 – коефіцієнт, що залежить від конструкції відсмоктувача ($K_1 = 1$); $K_{\Delta t}$ – температурний коефіцієнт ($K_{\Delta t} = 1,03$); K_T – коефіцієнт токсичності речовин, які викидаються з дзеркала розчину у ванні анодування, прийнятий в залежності від складу розчину.

$$L = 1400 \cdot \left(0,53 \cdot \frac{0,4 \cdot 0,8}{0,4 + 0,8} + 0,1 \right)^{1/3} \cdot 0,4 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1,03 \cdot 1,1 =$$

$$= 316 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

5.1.2 Виробниче освітлення

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

Таблиця 5.4 – Норми освітлення для категорій IV та VIIIб

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

Рівень підготовки на виробничому майданчику перевіряють не рідше одного разу на рік, після чого очищають стелю та замінюють використані лампи. Основним світломіром є Ю-116.

Для звичайних робочих ламп газорозрядні лампи низького тиску (LB, LDC, LD та ін.) використовуються в багатолампових світильниках для рівномірного освітлення робочої зони [23].

5.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій

Джерелами вібрації та шуму в цеху є такі механізми, як транспортери, вентилятори, електродвигуни, компресори та ін. Відповідно до ДСН 3.3.6.037-99. Допустимий рівень шуму в цеху не повинен перевищувати 80 дБА.

Фактичне значення становить 70 дБА, що відповідає поточним вимогам. Контролюється рівень шуму за допомогою шумоміра та віброметра.

Для зменшення рівня шуму та вібрації використовують віброгасителі. Під час монтажу обладнання також необхідно уникати жорстких конструкцій.

Для захисту персоналу від шуму передбачені звукоізоляційні навушники. Для захисту від вібрації застосовують - спеціальні рукавички з антивібраційними вставками [24].

5.1.4 Електробезпека

Захист від ризику ураження людини електричним струмом покладено на електроізоляцію струмопровідних частин електрообладнання.

До ураження електричним струмом може призвести контакт із компонентами струмопровідного обладнання через погану ізоляцію. Електрообладнання цеху підключається до 3-провідної трифазної мережі змінного струму виробничого блоку через нульовий провідник заземлення 380/220В. Допустимі рівні контактної напруги (U_d) і струму через тіло людини

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
						60
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

згідно з ГОСТ 12.1.038-92: $U_d = 2 \text{ В}$ і $I_L = 0,3 \text{ мА}$ при нормальній роботі електрообладнання; У аварійному випадку $U_d = 36 \text{ В}$ і $I_L = 6 \text{ мА}$.

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

$$I_L = \frac{U_\phi \cdot 10^3}{R_L + R_0}, \text{ мА};$$

$$U_d = I_L \cdot R_L, \text{ В};$$

де R_L – опір тіла людини, $R_L = 2 \text{ кОм}$;

R_0 – опір заземлення нейтралі джерела струму, $R_0 = 4 \text{ Ом}$;

I_L – електричний струм, який проходить через людину;

$U_\phi = 220 \text{ В}$ – фазова напруга.

$$I_L = \frac{220 \cdot 10^3}{3000 + 4} = 73 \cdot 10^3 \text{ А} = 73 \text{ мА};$$

$$U_d = 109,8 \cdot 3000 = 219 \text{ В}.$$

Порівнюючи розрахункові значення з нормативними, можна зробити висновок, що в даному випадку ураження електричним струмом, яке не відповідає вимогам ПБЕ, може призвести до серйозних наслідків. При використанні джерела живлення враховуються такі методи і технічні засоби: занулення електрообладнання, відключення захисту занулення, вирівнювання потенціалів, ізоляція струмоведучих частин, засоби екстреного відключення мережі, огорожувальне обладнання. Обов’язково в цеху є передбаченими і встановлюється сигналізація, знаки безпеки, попереджувальний плакат.

Рекомендуються такі засоби захисту: діелектричні гумові рукавички, ізоляційне обладнання, ізольована гумова опора. Важливе значення має регулярне навчання чинним правилам безпеки. Крім того, неізольовані провідники та пристрої з неізольованими струмопровідними частинами необхідно розміщувати в окремих закритих ящиках із суцільними перегородками або сіткою [25] .

5.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання

Оптимізація охорони праці в дипломній роботі досягається за допомогою методів і засобів техніки охорони праці.

Використовуються два методи та засоби забезпечення безпеки на виробництві.

1. Автоматизація виробничих процесів, яка частково усуває небезпечні фактори виробництва та людський фактор.
2. Врахування характеристик виробничого середовища.

За відсутності нагрівання в основній гальванічній ванні, найбільшу небезпеку представляє транспортування агресивних речовин (сульфатної кислоти) по трубопроводам, через можливість пошкодження системи та отримання опіків внаслідок розливу речовин. Тому трубопроводи будуть герметичними. Передбачено чіткий регламент технологічного процесу.

Для запобігання пролиття розчину електроліту, встановлюється відстань між дзеркалом електролітом і краєм ванни не менше 100 мм. Для захисту підлоги від потрапляння електроліту при переносі підвіски з однієї ванни в іншу, підлога між ваннами закривається фторопластовими козирками.

Механічні фільтри працюють під тиском 70 МПа. Робота при високому тиску вимагає особливої обережності [26].

5.2 Пожежна безпека

Можливі причини пожежі в цеху:

- недотримання правил пожежної безпеки;
- перенавантаження електрообладнання;
- загоряння пожежонебезпечних речовин;
- коротке замикання між шинами або електродами;

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
						62
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- відсутність контакту при з'єднанні електропроводки, або пошкодження місць з'єднання внаслідок окиснення, що провокує місцеве нагрівання.

Основними причинами короткого замикання є пошкодження електроізоляції дротів, потрапляння на неізольовані дроти струмопровідних предметів, дія на дроти хімічно активних речовин. Для попередження перевантажень і короткого замикання в електричних мережах передбачено застосування плавких запобіжників і спеціальних автоматів, включених в мережу послідовно.

Оскільки процеси проєкту відбуваються за кімнатних температур, підвищена температура повітря і предметів без зовнішніх факторів можлива лише у літній час.

Приміщення виконано з негорючого матеріалу – цегли, тому можна віднести будівлю до другого ступеня вогнестійкості. За наявності в цеху високої вологості та пару кислот і лугів відбувається прискорене ушкодження ізоляції електропроводів, що може викликати короткі замикання та загоряння проводів.

Для запобігання пожежам та їх ліквідації на об'єкті передбачено низку наступних заходів:

- наявність засобів пожежогасіння;
- влаштування заземлення;
- профілактичний ремонт електроустаткування цеху;
- заземлення та ізоляція;
- фарбування електроустаткування негорючими матеріалами;
- наявність водопроводу та пожежного інвентаря.

Для уникнення перенавантаження обладнання встановлюють спеціальні стабілізатори, які вимикають систему при збільшенні напруги.

Засоби для гасіння пожежі розміщені у місцях швидкого доступу, відмічених червоним кольором та біля виходу з цеху. На видному місці передбачено встановлення планів евакуації з позначенням аварійних виходів та місць знаходження засобів гасіння пожежі. Будівля передбачає не менше

4-х виходів з приміщення.

Для гасіння пожежі на підприємстві передбачено стаціонарну систему пожежогасіння з повітряно-механічною піною, та водопровідну мережу, обладнану у вигляді системи стояків, на яких встановлено пожежні крани. Пожежні крани розташовані один від одного на відстані 20 м, на висоті 1,35 м. Згідно ДБН В 1.1-7-2002, витрати води на гасіння пожежі всередині будівлі прийнято з розрахунку на два струмені продуктивністю 2,5 м/с кожен.

Крім стаціонарної системи пожежогасіння на ділянках підприємства наявні вуглекислотні та порошкові вогнегасники ОУБ–8–2 та ОПС–6. Будівлю цеху захищено від прямого удару блискавки за допомогою стрижньового блискавковідводу, у відповідності до СН305-77 [25].

Показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин і матеріалів, що є в обігу на виробництві, наведено у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин і матеріалів

Гальванічна ванна	Вініпласт	Тв.	Важкозаймисті	Назва ділянки Речовини, що мають обіг у виробництві ГОСТ			Агрегатний стан речовини в нормальних умовах	Горючість, займистість	Показники пожежо- та вибухонебезпечності			Межа заpalення		Вибухонебезпечн і суміші з повітрям		Вогнегасні засоби	Категорія приміщення за ЗНТП 24-86	Клас приміщення і зовнішніх установок згідно з ПУЕ	Категорія об'єкта і тип зони захисту і влаштуванню блискавкозахисту згідно з БН 305-77
									Температура спалаху	Температура займання	Температура самозаймання	% об'ємних	мг/м ³	Категорія	Група				
–	580	580	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Вода, піна	В	02	2Б

	Н ₂	Газ	Легкогорюча	13 2	32 4	57, 5	47, 5	45– 82,5	2с	T1	Інертний газ			
Ізоляція	Поміст	Дерево, гума	Горюча	17 0	40 0	40 0	–	–	–	–	Вода			
Текстоліт	Тв.	Тв.	Важкогорюча	–	35 8	35 8	–	–	–	–	Вогнегасники рідинні, вуг- лекислий. СУБ–7, пісок, піна	В	02	2Б

ВИСНОВОК

У дипломному проєкті здійснена розробка технології нанесення олово-вісмутового покриття на контактну деталь «плату» для потужних випрямлячів розмірами $200 \times 50 \times 4$ мм.

Розрахунки проводились для виробничої програми 10 000 плат/рік. Наведено технологічні, економіко-організаційні показники для технології осадження покриття сплавом олово-вісмут у гальванічному цеху для стаціонарної гальванічної ванни.

Складено схему автоматизації для даного процесу, яка передбачає контроль, регулювання та сигналізацію основних параметрів технології: рівня електроліту, температури, сили струму та напруги.

Наведено схему очистки стічних вод. Описано заходи безпеки та охорони праці які передбачають вжиття заходів для безпечної роботи персоналу цеха. Розроблено креслення гальванічної ванни.

					ДП ХЕ8112.1450 000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Полукаров Ю.Н. (ред.). Итоги науки и техники. Серия электрохимия. Том 9 1987
2. Гальванотехника / Под редакцией А.М. Гинберга, А.Ф. Иванова, Л.Л. Кравченко – М.: Металлургия, 1987 –736 с.
3. Каданер Л.И.. Справочник по гальваностегии. Издательство "Техніка", 1976
4. Коротин А.И. Технология нанесения гальванических покрытий Учебное пособие для СПТУ. - М.: Высшая школа, 1984. - 200 с. (Профтехобразование)
5. Федотьев Н.П., Бибиков Н.Н., Вячеслав П.М., Грилихес С.Я. Электролитические сплавы. М. Машгиз. 1962. 312 стр. с илл
6. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды
7. ГОСТ 9.303-84 Единая система защиты от коррозии и старения Покрытия металлические и неметаллические неорганические Общие требования к выбору 2008
8. Гальванические покрытия в машиностроении: Справочник: В 2т. / Под. ред. М.А. Шлугера. – М.: Машиностроение, 1985.
9. Справочник по электрохимии/ Под ред. А.М.Сухотина. – Л.: Химия, 1981–488с.
10. Богород Л. Я. Хромирование. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. – 97 с.
11. Основи проектування хімічних виробництв. Будова обладнання та конструкції підвісних пристроїв для нанесення гальванічних покриттів: навч. посіб. / Л.А. Яцюк, О.І. Букет, Г.С. Васильєв – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 85с.
12. Гальванотехніка. Проектування гальванічних виробництв: навч. посіб. / О.В. Лінючева, Л.А. Яцюк, Т.І. Мотронюк, О.І. Букет, С.В. Фроленкова – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 147 с.
13. Ямпольский А.М., Ильин В.А. Караткий справочник гальванотехника. – Л.: Машиностроение, 1981.– 269 с.

- 14.Краткий справочник физико-химических величин. Издание девятое / Под ред. А.А. Равделя и А. М. Пономаревой. – Спб.: Специальная Литература, 1998. – 232 с.
- 15.Справочник химика. – Т.3. – М.–Л.: Химия, 1964. – 705 с
- 16.Гальванотехніка. Проектування гальванічних виробництв: навч. посіб. / О.В. Лінючева, Л.А. Яцюк, Т.І. Мотронюк, О.І. Букет, С.В. Фроленкова – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 147 с
- 17.Лукінюк, М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами [у 2 кн.]. Кн. 1. Методи та технічні засоби автоматичного контролю хіміко-технологічних процесів [Електронний ресурс] : нав. посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки «Хімічна технологія та інженерія» / М. В. Лукінюк ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 4,46 Мбайт). – Київ : Політехніка, 2012. – 336 с.
- 18.Лукінюк, М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами [у 2 кн.]. Кн. 2. Керування хіміко-технологічними процесами [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки «Хімічна технологія та інженерія» / М. В. Лукінюк ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 4,7 Мбайт). – Київ : Політехніка, 2012. – 336 с.
- 19.Економіка, організація та управління хімічними підприємствами [конспект лекцій під ред. доц. Підлісної О.А.]/ Київ, 2017.
- 20.http://kyivenergo.ua/ru/check_my_tariff
- 21.CN105600867A (2016) Treatment method for removing heavy metal in industrial wastewater/叶澄(China).
- 22.ДСН 3.3.6.042 – 99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
- 23.ДБНВ 2.5-28-06 "Природне і штучне освітлення".
- 24.ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку
- 25.ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда.Электробезопасность.
- 26.Метод, вказівки до викон. розділу «Охорона праці» в дипломних проектах і роботах бакалаврів / Уклад.: Н.А. Праховнік, Ю.О. Полукаров, Л.О. Мітюк - К.: НТУУ «КПІ», 2017. - 31 с.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

Позиція на схемі	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва, технічна характеристика	Тип, марка моделі	Код	Завод-виробник	Кількість	Маса одиниці, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1-1	Температура	Розчин електродоліту	18...30 °С	Гальванічна ванна	Термоперетворювач опору платиновий НСХ 100П, діапазон вимірювання (–50)...60 °С, допустимий тиск $P_y = 0,4$ МПа	ТСП-1288	-	НВО «Електро-термія», м. Луцьк	1	0,1
1-2	– // –	– // –	– // –	Щиток регулювання	Автоматичний показувальний і реєструвальний мікропроцесорний прилад; вхідні сигнали: 0...10 мВ, 0...100 мВ, 0...1 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ ТП – В, К, L, S, А-1; НСХ ТО – 50П, 100П, 50М, 100М; вихідні сигнали: $I_{вих} = 4...20$ мА, гранично допустима основна похибка показань $\pm 0,5$ %	Диск-250	-	ТОВ «Промприбор», м. Харків	1	13

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2-1	Рівень	Електроліт	0,7 м	Гальвані- чна ванна	Рівнемір буйковий електричний, матеріал буйка та підвіски – Сталь 12Х18Н10Т, $L_{\text{max}} = 0,02 \dots 16$ м, $P_{\text{доп}} = 4$ МПа, температура (-50)...50 °С, відносна вологість 98...100 % (при 35 °С), $I_{\text{вих}} = 0 \dots 5, 0 \dots 20$ мА, допустима основна похибка 1,5 %	УБ-Е	-	Підприємс- тво «МІК- РОЛ», м. Івано- Франківськ	2	0,06
2-1	Рівень	Електроліт	0,7 м	Ємність з розчином електро- літу						
2-2	– // –	– // –	– // –	Щиток регулюва- ння	Автоматичний показувальний і реєструваль- ний вторинний прилад; вхідні сигнали: $I_{\text{вх}} = 0 \dots 5$ (0...20 мА, 4...20 мА), похибка $\pm 0,5$ %, час швидкодії – 1 с	А100-Н	-	ТОВ «Промп- рибор», м. Харків	2	0,3
2-3	– // –	– // –	– // –	Щиток регулюва- ння	Регулятор мікропроцесорний. Реалізує дво- та трипозиційне регулювання. Кількість входів: аналогових – 2 (0...5 мА, 0(4)...20 мА, 0...10 В), максимальна похибка АЦП $\pm 0,2$ %; кількість виходів: дискретних або імпульсних – 4, аналогових – 1 (0...5 мА, 0(4)...20 мА), максимальна похибка ЦАП $\pm 0,5$ %	МІК-21	-	Підприємс- тво «МІК- РОЛ», м. Івано- Франківськ	1	0,6

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2-4	– // –	– // –	– // –	Трубоп- ровід	Регулювальний сидельний клапан з 2- і 3 ходо- вим виконанням. Температура регульованого середовища: GV2: +2...+94 °С, тиск – до 16 бар; корпус литий латунний, хара- ктеристика рівнопропорційна. Електропривод EVA2	GV2	-	ТзОВ «Кам'я- нець-По- дільський електроме- ханічний завод», м. Кам'янець- Поділь- ський	1	4
4-1	Сила струму та напруга	Гальванічна ванна	$I = 40,32 \text{ A}$, $U = 0,73 \text{ B}$	Гальвані- чна ванна	Агрегат випрямний для гальванічних ванн, $I_{\text{max}} = 100 \text{ A}$, $U_{\text{max}} = 12 \text{ B}$	TE1- 100/12T	-	«Електро- модуль», м. Уфа	1	125