

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Хіміко-технологічний факультет

Кафедра технології електрохімічних виробництв

До захисту допущено:

В.о. завідувач кафедри

_____ Юрій ГЕРАСИМЕНКО

«__» _____ 2021 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

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

спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»

на тему: «Гальванічні покриття в машинобудуванні. Розробка технології
нанесення покриття сплавом олово-кадмій на дрібні деталі в барабані
(Продуктивність 6,5 тис.м²/рік)»

Виконав:

студент IV курсу, групи ХЕ-71

Бодаш Владислав Олексійович _____

Керівник:

Кушмирук Андрій Іванович, ст. викладач, к.т.н. _____

Консультанти:

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

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

Автоматизація: Хібеба Микола Григорович, ас. _____

Рецензент: Косогіна Ірина Володимирівна, доц., к.т.н. _____

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

Студент _____

Київ – 2021 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

_____ Юрій ГЕРАСИМЕНКО

«__» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Бодашу Владиславу Олексійовичу

1. Тема проєкту «Гальванічні покриття в приладобудуванні. Розробка технології нанесення покриття сплавом олово-кадмій на дрібні деталі в барабані (Продуктивність 6,5 тис.м²/рік), керівник проєкту Кушмирук А.І., к.т.н., ст. викладач, затверджені наказом по університету від «26» квітня 2021 р. № 1069-с
2. Термін подання студентом проєкту 10 червня 2021 р.
3. Вихідні дані до проєкту Матеріали з практики. Зарубіжні та вітчизняні монографії та періодичні видання. Електроліт сульфатний. Завдання з продуктивності 6500 м²/рік.
4. Зміст пояснювальної записки Складання технологічної карти, розрахунок балансів струму, напруги, енергії, обґрунтування і вибір покриття, розрахунок організаційно-економічних показників, заходи охорони праці, автоматизація процесу нанесення сплаву олово–кадмій, екологічна безпека.
5. Перелік графічного матеріалу 1) Креслення гальванічної ванни, 2) Креслення барабанного електролізеру, 3) 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., к.т.н., доц.		
Автоматизація	Хібеба М.Г., ас.		

7. Дата видачі завдання « 28 » квітня 2021 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Наведення характеристик деталей, що підлягають обробці	До 22.05.2021	
2	Вибір виду покриття	До 22.05.2021	
3	Вибір підготовчих операцій	До 24.05.2021	
4	Вибір складу електроліту для нанесення гальванічного покриття	До 24.05.2021	
5	Вибір завершальних операцій	До 25.05.2021	
6	Складання карти технологічного процесу	До 25.05.2021	
7	Виконання технологічних розрахунків	До 26.05.2021	
8	Виконання креслень ванн	До 28.05.2021	
9	Складання схеми очищення стічних вод	До 29.05.2021	
10	Складання схеми автоматизації основного процесу	До 29.05.2021	
11	Виконання економічних розрахунків	До 29.05.2021	
12	Виконання розділу «Охорона праці та техніка безпеки»	До 29.05.2021	
13	Оформлення пояснювальної записки	До 03.06.2021	
14	Оформлення графічної частини проєкту	До 08.06.2021	

Студент _____

Владислав БОДАШ

Керівник проєкту _____

Андрій КУШМИРУК

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ	Пояснювальна записка	102	
3	A1	ДП ХЕ7103.1450.001 СК	Складальне креслення гальванічної ванни для нанесення сплаву олово–кадмій	1	
4	A1	ДП ХЕ7103.1450.001 СК	Складальне креслення барабанного електролізера	1	
5	A2	ДП ХЕ7103.1450.002 СхА	Схема автоматизації процесу нанесення сплаву олово–кадмій	1	
6	A1		Схема технологічного процесу нанесення сплаву олово–кадмій	1	
6	A1		Техніко-економічні показники гальванічного цеху	1	
7	A1		Схема очищення стічних вод	1	

				ДП ХЕ7103.1450.000		
		ПІБ	Підп.	Дата		
Розробн.	Бодаш В.О.				Лист	Листів
Керівн.	Кушмирук А.І.				1	1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ТЕХВ Гр. ХЕ-71	
Н/контр.						
В.о. зав.каф.	Герасименко Ю.С.					
				Відомість дипломного проєкту		

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту**

на тему: **Гальванічні покриття в приладобудуванні. Розробка технології нанесення покриття сплавом олово-кадмій на дрібні деталі в барабані (Продуктивність 6,5 тис.м²/рік).**

Київ – 2021 року

РЕФЕРАТ

Гальванічні покриття в приладобудуванні. Розробка технології нанесення покриття сплавом олово-кадмій на дрібні деталі в барабані

Бодаш В.О. – Київ: КПІ імені Ігоря Сікорського, ХТФ, ХЕ-71

Дипломний проєкт, 2021 рік, кількість сторінок – 90, таблиць – 26, рисунків – 7, джерел – 11.

З метою підвищення зносостійкості у даному проєкті розроблено технологію нанесення на сталеві гайки гальванічного покриття зі сплаву олово-кадмій товщиною 9мкм у барабанному електролізері. Осадження покриття проводиться із фторборатного електроліту у барабанному електролізері при катодній густині струму 91 А/дм². У проєкті було виконано розрахунки енергогосподарства, заробітної плати та техніко-економічних показників. Також у проєкті наведено схему очистки стічних вод, проаналізовані шкідливі та небезпечні виробничі фактори й запропоновано заходи з техніки безпеки та охорони праці.

Ключові слова: сплав олово-кадмій, гальванічні покриття, електролізер барабанного типу, фторборатний електроліт, стічні води.

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Бодаш</i>				<i>Розробка технології нанесення покриття олово-кадмій на дрібні деталі</i>	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архувів</i>
<i>Перев.</i>	<i>Кушмирук</i>						<i>6</i>	<i>103</i>
<i>Н. Контр.</i>						<i>«КПІ ім. Ігоря Сікорського»,</i>		
<i>Затв.</i>	<i>Герасименко</i>					<i>ХТФ, ХЕ-71</i>		

ABSTRACT

Galvanic coatings in instrument making. Development of technology for coating tin-cadmium alloy on small parts in the drum

Bodash V. - Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, XTF, XE-71

Diploma project, 2021, number of pages - 90, tables - 26, figures - 7, sources - 11.

In order to increase the wear resistance in this project, the technology of applying a galvanic coating of tin-cadmium alloy with a thickness of 9 μm in a drum cell was developed on steel nuts. The deposition of the coating is carried out from the fluoroborate electrolyte in a drum cell at a cathode current density of 91 A / dm^2 . The project performed calculations of energy, wages and technical and economic indicators. The project also provides a scheme for wastewater treatment, analyzes harmful and dangerous production factors and proposes measures for safety and labor protection.

Key words: tin-cadmium alloy, galvanic coatings, drum-type electrolyzer, fluoroborate electrolyte, wastewater.

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

ЗМІСТ

ВСТУП	11
РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	12
1.1 Характеристики оброблювальної деталі.....	12
1.2 Вибір виду покриття	12
1.3 Попередня підготовка поверхні виробу перед покриттям.....	13
1.4 Вибір складу електроліту для нанесення гальванічного покриття	14
1.4.1 Класифікація електролітів.....	14
1.4.2 Приготування електроліту.....	19
1.4.3 Зняття неякісного покриття	21
1.5 Вибір завершальних операцій.....	21
1.6 Контроль якості покриття	22
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	24
2.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання	24
2.2 Визначення виробничої програми виробництва.....	24
2.3 Визначення кількості та габаритних розмірів обладнання.....	25
2.4 Баланс струму на гальванічній ванні	30
2.6. Вибір джерела струму для гальванічної ванни	35
2.7. Визначення джоулевої теплоти та складання балансу енергії на ванні	36
2.8 Розрахунок витрат матеріалів	38

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2.9 Розрахунок витрат хімічних реактивів	40
2.9.1 Витрати хімічних реактивів на початковий запуск обладнання	40
2.9.2 Витрати хімічних реактивів на виконання річної виробничої програми....	41
2.10 Розрахунок витрат води.....	42
2.10.1 Витрати води на приготування електроліту.....	42
2.10.2 Витрати води на розкладання при електролізі.....	43
2.10.3 Витрати води на винесення із газами.....	44
2.10.4 Витрати води на випаровування з поверхні електроліту.....	45
2.10.5 Витрати води на промивні операції	45
РОЗДІЛ 3 ЕКОНОМІКО – ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ	48
3.1 Підприємство у промисловій структурі держави	48
3.2. Технологічна підготовка виробництва	50
3.3 Розрахунок техніко-економічних показників	59
3.4 Індивідуальне завдання	61
РОЗДІЛ 4 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАЛЬВАНІЧНОГО ПРОЦЕСУ	67
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ	70
5.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектному об'єкті. Заходи з охорони праці.....	70
5.1.1 Повітря робочої зони	70
5.1.2 Виробниче освітлення	74
5.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрації.....	75
5.1.4 Електробезпека.....	76
5.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування устаткування	77
5.2 Пожежна безпека.....	78
РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА	80
6.1 Утилізація олова та кадмію з ванни уловлювання	81
6.2 Очищення стічних вод	82

ВИСНОВКИ.....	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	85
ДОДАТОК А.....	96
ДОДАТОК Б	99
ДОДАТОК В	104
ДОДАТОК Г	96
ДОДАТОК Д.....	96

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		10

ВСТУП

Завдання захисту від корозії основного виробничого обладнання й до сьогодні лишається однією з найбільш актуальних з погляду забезпечення безпеки як на виробництві, так і навколишнього середовища в цілому. Так як унаслідок фізико-хімічної взаємодії з навколишнім середовищем процес руйнування металів негативно впливає на технічні та механічні властивості деталей та приладів. Корозія призводить до руйнування металевих виробів, на виготовлення яких було затрачено велику кількість сировини, енергію та багато людських зусиль.

На даний час розроблено багато видів методів захисту металів від корозії але найкращий результат показує нанесення гальванічних покриттів так, як воно забезпечує підвищення зносостійкості, терміну експлуатації.

Для того, щоб виріб мав гарні експлуатаційні характеристики, то важливо правильно підібрати, як матеріал для нього так і захисне покриття.

В залежності від призначення виробу, умов експлуатації і запланованого терміну служби створюються широкі межі вимог до корозійної стійкості. Сплав олово-кадмій характеризується стійкістю до іонів хлориду та застосовується при експлуатації виробів за жорстких кліматичних умов. Також деталі покриті цим сплавом краще згивунчуються та паяються.

Метою дипломного проєкту є розробка технології нанесення сплаву олово-кадмій продуктивністю 6500 м²/рік з використанням барабанного електролізеру.

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		<i>11</i>

РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристики оброблювальної деталі

Деталь- гайка шестигранна М12 х 1,75.8 виготовлена зі сталі марки 45 згідно ГОСТ 5915-70. Маса однієї деталі складає 0,01567 кг Площа поверхні однієї деталі складає 11,69см²

Деталь, яка підлягає обробці (рис. 1.1), застосовується для монтажу в закритих приміщеннях портів та каютах морського транспорту в умовах з підвищеною температурою, вологістю та можливістю потрапляння води із підвищеним вмістом хлоридів. Такі умови згідно з ГОСТ 9.303-84 характеризуються як жорсткі, клімат – тропічний. Також гайки з олово-кадмієвим покриттям використовують в авіаційному обладнанні. де умовами роботи є великі перепади температури та конденсації вологи на поверхні деталей. А також цей сплав доволі добре піддається пайці.

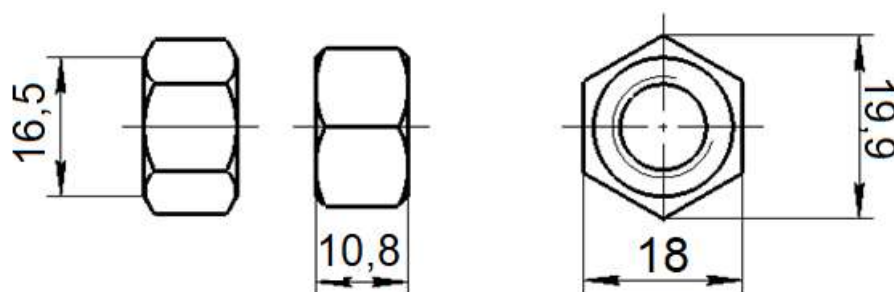


Рисунок 1.1 – Гайка

1.2 Вибір виду покриття

Виходячи з того що виріб буде експлуатуватися в місцевостях з підвищеною температурою від 11 до 45 °С, вологістю до 95% та можливості потрапляння на нього води з підвищеним вмістом СІ. Це можна віднести до жорстких умов експлуатації виходячи з яких деталь повинна бути корозійно

					ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ	Арк
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

стійкою в агресивному середовищі, тобто мати переважно захисні властивості чим декоративні. Найкраще для цих умов підходить олово-кадмієве покриття.

В порівнянні з цинковим, кадмієвим та олов'яно-цинковим покриттям – це покриття проявляє кращі захисні властивості, для вище зазначених умов. Також через хорошу пластичність покриттів, воно досить добре підходить для такої деталі, як гайка. Найчастіше покриття використовують для нанесення на сталь, де воно проявляє високу хімічну стійкість за присутності іонів хлору.

Унікальні властивості кадмію не дивлячись на його токсичність не дозволяють в повній мірі відмовитися від його використання. Хімічні властивості кадмію в багато чому аналогічні цинку, але він є більш пластичним, тому деталі з різьбовим з'єднанням надають перевагу кадміюванню, по цій же причині, сплави кадмію такі як олово-кадмій, зберігають свою актуальність і на цей час.

Отже, оскільки планується використання деталей в жорстких умовах, доцільно обрати олово-кадмієве покриття з товщиною 9 мкм.

1.3 Попередня підготовка поверхні виробу перед покриттям

Для отримання якісного гальванічного покриття метал основи потребує певної очистки від забруднень. Тому перед осадженням периття потрібно провести певні підготовчі операції, такі як травлення та знежирення.

Зазвичай на деталях що надходять в цех, наявні сліди мастил, тобто жири мінерального походження від попередньої обробки. Тому для видалення жирів з металу основи проводять хімічне знежирення.

Хімічне знежирення проводиться зануренням деталей на 5 хв за температури 70-90 °С в розчин складу:

гідроксид натрію – 25 г/л;

карбонат натрію – 50 г/л;

фосфат натрію – 15 г/л;

силікат натрію – 2-3 г/л.

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
						<i>13</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Для видалення іржі та оксидів з поверхні металу, проводять операцію травлення. Це хімічне розчинення продуктів окиснення металу в розчинах кислот або лугів. Для травлення сталевих деталей використовується розчин складу:

HCl – 200-250 г/л;

Інгібітор И-3-В – 0,75 г/л.

Температура розчину: 18-25 °С.

Час обробки: 5-20 хв.

Завдяки введення інгібітору в розчин можна забезпечити захист металу від розчинення та від наводнення сталі.

Після операцій знежирення деталі промиваються для повного видалення залишків хімічних реагентів у ваннах стаціонарного типу протягом 0,25-0,5хв: спочатку при температурі $t=40-50^{\circ}\text{C}$, а потім холодною водою $t=18-25^{\circ}\text{C}$. Використовується водопровідна вода з міської мережі. Цією ж водою після операції травлення промивають деталі при температурі $t=18-25^{\circ}\text{C}$ протягом 0,25-0,5хв.

Безпосередньо перед нанесення покриття виробу активують в розчині:

HCl 50-100 г/л.

Витримують в розчині 0,5-1 хв за температури 18-25 °С

Після операції активації промивають деталі протягом 0,25-0,5 хв холодною дистильованою непроточною водою у стаціонарній ванні.

1.4 Вибір складу електроліту для нанесення гальванічного покриття

1.4.1 Класифікація електролітів

Олово-кадмієві покриття отримують з електролітів які поділяють на дві основні групи: прості, в яких Cd та Sn знаходиться у вигляді гідратованих іонів, і комплексні, в яких метали присутні у вигляді комплексних іонів.

У *хлоридних електролітах* нанесення сплаву олово-кадмії проводять з електроліту складу:

SnCl_2 10-15 г/л

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

CdCl₂ 45-60 г/л

ОС-20 5-8 г/л

Клей мездровый 1-5 г/л

Режим електролізу:

Густина струму: 0,8-1,2 А/дм²

рН 3,8-4

У сульфатних електролітах нанесення сплаву олово-кадмій проводять з електроліту складу:

Cd²⁺ - 30 г/л;

Sn²⁺ - 8 г/л;

H₂SO₄ – 50 г/л.

Якісні покриття отримують лише за допомогою введення одночасно декількох органічних добавок. Осади отримують напівблискучі з вмістом олова 7-35 %.

Наявність органічних добавок, які майже неконтрольовані в електроліті роблять його безперспективним [1].

До складу *тетрафторборатного електроліту* входять: тетрафторборатне олово, тетрафторборатний кадмій, вільна тетрафторборатна кислота, борна кислота, амоній тетрафторборатний і органічні добавки, які сприяють отриманню дрібнозернистих покриттів і які стабілізують роботу електроліту (столярний клей, пептон, фенолсульфонова кислота). Для нейтралізації тетрафторборатної кислоти в електроліті використовується аміак .

Вміст олова та кадмію в сплаві регулюється концентрацією компонентів в електроліті, катодною густиною струму, температурою та перемішуванням. При збільшенні концентрації кадмію на 10 г/л вміст кадмію в сплаві аналогічно збільшується на 10%. Вміст олова в сплаві можна контролювати катодною густиною струму, наприклад при збільшенні на 1 А/дм², зменшує вміст олова на

					ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ	Арк
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

20-25%. При збільшенні температури, якість осаду стає гіршою, а при перемішуванні катодне покриття збагачується оловом.

Рекомендований склад електроліту:

$\text{Cd}(\text{BF}_4)_2$ – 240-260 г/л

NH_4BF_4 – 50-60 г/л

HBF_4 – 50-70 г/л

H_3BO_3 – 18-20 г/л

Клей столярний – 0,5-1 г/л

$\text{Sn}(\text{BF}_4)_2$ при отриманні сплаву з

- 35-45% Sn – 20-24 г/л
- 55-60% Sn – 28-30 г/л
- 70-80% Sn – 32-34 г/л.

Аноди використовують зі сплаву олово-кадмій такого ж складу, якого хочемо отримати покриття. [4]

До складу *кремнійфторидного електроліту* замість тетрафторборатних солей кадмію і олова вводять кремнійфторидні. А також вводиться в електроліт іон фтору у вигляді фтористого амонію. Фтористий амоній утворює комплексні йони дво- чи чотирьохвалентного олова (SnF_4^{2-} , SnF_6^{2-}). В присутності неіоногенних високомолекулярних органічних добавок, отримують щільні дрібнокристалічні осадки. Кращі результати, отримують при введенні 3 г/л поліетиленгліколю і 5 г/л конденсату октадесилалкоголю та окису етилену (емульгатор 0). В таблиці 1 наведено склад електроліту для отримання сплаву зі складом олова 25% та 50%.

Таблиця 1.1 – Склад кремнійфторидного електроліту для отримання сплаву олово-кадмій.

Компоненти	Склад електроліту при вмісті олова 25% та 50% в катодному осаді, г/л	
	25%	50%

Cd^{2+}	7	14
Sn^{2+}	60	60
NH_4F	50	50
Поліетиленгліколь 4000	3	3
Емульгатор 0	5	5

Лише при введенні органічних добавок можливе отримання якісних покриттів.

Режим електролізу:

Густина струму: 1,5-2 А/дм².

Температура: 18-25 °С

рН 2,5,

Отримане покриття містить 25-50 % олова.

Аноди зі сплаву Sn-Cd того ж складу, що і катодний осад, поміщають у чохли, щоб шлам не забруднював електроліт; аноди не пасивуються навіть при густині струму 5 А/дм². Присутність кремнійфторидної кислоти сприяє хорошій розчинності солей металів, які осаджують. Катодна поляризація і склад сплаву визначається фторіонами та поліетиленгліколем, тому при додаванні в електроліт сполук олова потрібно збільшувати й вміст фтористого амонію в електроліті так, щоб на один іон олова приходилось шість атомів фтору [1].

До складу *станатно-ціанідних* електролітів входять ціанід кадмію, станат натрію, ціанід натрій та гідроксид натрію. Для збільшення катодного виходу за струмом солі натрію заміняють на солі калію [2].

Склад осаду залежить від концентрації натрій ціаніду в ньому та температури електроліту. Що при збільшенні концентрації натрій ціаніду, що при підвищенні температури вміст олова в сплаві буде збільшуватися, але буде знижується зі збільшенням концентрації лугу. Одержане покриття містить 25 % олова. Електроліт має такий склад[1]:

Cd^{2+} - 5 г/л

Sn^{4+} – 30 г/л

					ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ	Арк
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

NaCN – 50 г/л

NaOH – 14 г/л.

Режим роботи:

Температура: 65 °С,

Густина струму: 2 А/дм²,

Вс_к=80 %.

Для осадження сплаву, який містить 50% Sn та 50% Cd концентрацію кадмію в електроліті знижують до 2 г/л і концентрацію ціанистого натрію до 25 г/л [3].

У таблиці 2 наведено розподіл струму між перебігаючими на катоді трьома процесами, а саме: виділення водню, кадмію та олова при зміні концентрацій кадмію та ціаніду натрію.

Таблиця 1.2 – Вплив концентрації ціаніду на розподіл струму між протікаючими реакціями.

Склад розчину, г/л		Розподіл струму на катоді між виділенням водню, олова, кадмію, %		
Cd ²⁺	NaCN	H ₂	Sn	Cd
2	22,5	42	28	30
2	40	37	34	29
5	32,5	25	20	55
5	40	23	21	56
5	47,5	21	23	56

З підвищенням температури в межах від 40 °С до 70 °С вміст олова в сплаві підвищується від 10% до 40%, а вихід за струмом від 40% до 80%.

Для уникнення утворення темного губчатого осаду, можна завішувати кадмієві та олов'яні аноди, а також сплав, який містить 25% Cd та 50% Sn. Аноди із кадмію пасивуються так само, як і сплав, який містить більше 50% кадмію.

					ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ	Арк
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Проаналізувавши вище розглянуті електроліти обираємо тетрафторборатний, так як він є менш токсичним на відміну від ціанідного, менш агресивний ніж кремнійфторидний та дає змогу отримати більш якісні та рівномірні осади, ніж у випадку з сульфатним та хлоридним електролітами.

. Склад електроліту:

$\text{Cd}(\text{BF}_4)_2$ – 240-260 г/л

NH_4BF_4 – 50-60 г/л

HBF_4 – 50-70 г/л

H_3BO_3 – 18-20 г/л

Клей столярний – 0,5-1 г/л

$\text{Sn}(\text{BF}_4)_2$ – 28-30 г/л.

Режим електролізу

Температура електроліту 18-25 °С,

катодна густина струму $i_k=1,5-2$ А/дм²,

pH 2,5.

У зв'язку з механічним стиранням покриття та утворенням суспензії металевих частинок, електроліт безперервно фільтрується.

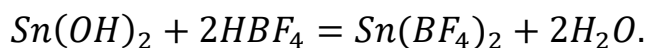
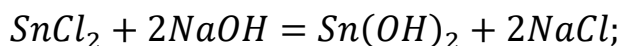
1.4.2 Приготування електроліту

Спочатку готують тетрафторборатну кислоту шляхом введення в HF необхідної кількості H_3BO_3 . Тоді в отриману тетрафторборатну кислоту вводять розраховані кількості оксиду кадмію та гідроксиду амонію [3].

В тетрафторборатній кислоті розчиняють $\text{Sn}(\text{OH})_2$ для введення в електроліт іонів олова

Гідроксид отримують при взаємодії NaOH з підкисленим HCl розчином SnCl_2 , який містить олово в тій кількості, яка відповідає електроліту. Отриманий осад відділяють від розчину NaCl, промивають і вводять в розчин HBF_4 [1]:

					ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ	Арк
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Приготовлений вище описаним способом концентрат металів можна відразу вводити в ванну або залишити на зберігання.

Після введення в ванну концентрату металів в неї додають розрахункову кількість тетрафторборної кислоти та попередньо замочений водою столярний клей, і доливають воду до 0,8-0,9 необхідного об'єму.

В кількості яка необхідна для нейтралізації тетрафторборної кислоти додають аміак.

Після введення добавок об'єм ванни доводять до заданого, перемішують і перевіряють вміст олова (II), кадмію (II) і тетрафторборної кислоти. За відповідності даних аналізу нормам електроліт готовий до роботи.

Основні неполадок, причини та їх вирішення у фторборатному електроліті для нанесення сплаву олово-кадмій наведені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3- Види неполадок, причини та їх вирішення у фторборатному електроліті для нанесення сплаву олово-кадмій

Характер неполадок	Можливі причини	Вирішення
Шорсткість покриття	Накопичення механічних домішок	Фільтрування електроліту
Осадження «підгорівших» покриттів, схильність до дендритоутворення	Понижений вміст HBF_4 , клею	Коригування концентрацій HBF_4 , клею
Погана розсіювальна здатність	Занижений вміст вільної HBF_4 , добавок	Коригування концентрацій HBF_4 , клею
Недостатня кількість олова/кадмію в сплаві	Занижений вміст олова/кадмію, ПАР в електроліті, надлишок	Коригування складу електроліту, підвищення густини струму.

	кадмію/олова, інтенсивне перемішування, занижена катодна густина струму.	
--	--	--

1.4.3 Зняття неякісного покриття

Для зняття неякісного покриття застосовують електрохімічний спосіб. У розчині тетрафторборатної кислоти при температурі 20-80 °С та при напрузі $U=6$ В. В якості катодів використовують вугільні електроди.

1.5 Вибір завершальних операцій

Завершальні операції після нанесення покриття

Після нанесення покриття деталь промивають в непроточній воді у ванні уловлювання з метою уникнення втрат металу та подальшим використанням такого розчину для поновлення ванн я, протягом 0,25...0,5 хв.

Промивання. Промивають деталі в стаціонарній ванні холодною проточною водою способом. Застосовують воду питну ГОСТ 2874-82.

Температура води – 18-25 °С,

час промивання – 0,25-0,5 хв.

Гаряче промивання здійснюється у непроточній воді протягом 15...30 секунд при температурі 60...90 °С. Використання гарячої води дає можливість скоротити час на висушування деталей.

Сушіння. Проводять у сушильній шафі. Деталі сушать гарячим повітрям при температурі 70-90 °С . Якщо температура менше 70 °С, сушку виконують до повного видалення вологи.

Вивантаження. Проводиться вивантаження деталей з барабану.

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1.6 Контроль якості покриття

Контроль по зовнішньому вигляду

Контроль якості покриття деталей проводиться в добре освітленому приміщенні неозброєним оком на відстані 25 см від поверхні, що підлягає перевірці.

По зовнішньому вигляду:

- покриття, які отримані - матові;
- на поверхні основного металу допускаються сліди від механічної обробки, все інше регулюється стандартами або технічними умовами на основний метал.

Покриття що, мають непокрите ділянки, щорсткість, що перевищують норми стандартів, ті, що відшаровуються та мають вигляд вздуття та пітингу вважаються браком.

На контроль товщини від кожної партії підпадає від 0,1 до 10% деталей, але не менш 3 шт, за винятком арбітражного контролю товщини покриття металографічним методом, що може бути проведений на одній деталі з партії [1].

Товщина покриття повинна відповідати конструкторській документації. В отворах і порах, на внутрішніх поверхнях товщина покриття може зменшуватися до 50%.

Контроль товщини покриття проводять за допомогою товщиномірів компанії DeFelsko типу PosiPen (модель у формі олівця), принципом роботи якого є відриву магніту. Його переваги:

- простота у використанні,
- компактність
- можливість вимірювання товщини покриття у важкодоступних місцях.

Контроль міцності зчеплення

На пористості покриття контролюють також відбирають від 0,1 до 10% деталей з партії.

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для визначення міцності зчеплення покриттів товщиною не більше 20 мкм використовують метод нанесення сітки (подряпин). Тобто на поверхню готової деталі наносять 4 - 6 паралельних ліній сталевим вістря до основного металу на відстані 2 - 3 мм один від одного й 4 - 6 перпендикулярних їм паралельних ліній. Хорошим результатом є відсутність відшаровувань.

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						23
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

2.1 Визначення дійсного фонду часу роботи обладнання

Час роботи проектного обладнання, визначається режимом роботи гальванічного цеху технологічного схелю процесу та особливостями технологічного обладнання.

Номінальний річний фонд часу роботи обладнання T_n при переривчастому виробництві розраховують з кількості календарних днів у році (365) за вирахуванням вихідних (104) і святкових (11) днів, що при п'ятиденному робочому тижні тривалістю 40 год і двозмінній роботі за вирахуванням 6 год у передсвяткові дні складає приблизно:

$$T_n = \left(\frac{(365 - 104 - 11) \cdot 40}{5} - 6 \right) \cdot 2 = 3988 \text{ год}$$

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання T_d визначають, виходячи із T_n з урахуванням загальних річних витрат часу на немінучі простой обладнання ($K_{пр}$), які в гальванічному виробництві при роботі неавтоматизованого, немеханізованого обладнання і стаціонарних ванн, яке працюють у дві зміни становить 3 % від T_n .

$$T_d = T_n - K_{пр} \cdot T_n = 3988 - 0,03 \cdot 3988 = 3976 \text{ год.}$$

2.2 Визначення виробничої програми виробництва

Для визначення річної виробничої програми P_p річне виробниче завдання P_3 необхідно збільшити на величину виправного браку виробів, який складає зазвичай 0,5...3 % від $P_3 = 6500 \text{ м}^2/\text{рік}$:

$$P_p = P_3 + K_{бр} \cdot P_3 = 6500 + 0,02 \cdot 6500 = 6630 \text{ м}^2/\text{рік.}$$

Добова виробнича програма $P_{доб}$ становить:

$$P_{доб} = \frac{P_p}{T_{доб}} = \frac{6630}{250} = 26,52 \text{ м}^2/\text{день}$$

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

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

Годинна виробнича програма P_r визначається як:

$$P_r = \frac{P_p}{T_d} = \frac{6630}{3976} = 1,67 \text{ м}^2/\text{год}$$

Де P_p - річна виробнича програма T_d - дійсний фонд часу обладнання

2.3 Визначення кількості та габаритних розмірів обладнання

Для нанесення олово-кадмієвого покриття на дрібні сталеві деталі обрано барабанні електролізери

Для розрахунку обладнання необхідно визначити

- час обробки однієї завантажувальної одиниці (барабан з деталями) з урахуванням часу на завантаження і вивантаження τ , хв
- габаритні розміри деталі та її площу

Тривалість обробки однієї завантажувальної одиниці (барабана з деталями)

τ складається із двох величин:

$$\tau = \tau_m + \tau_{\text{об}},$$

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

$$\tau_m = \frac{\delta_{\text{п}} \cdot d_{\text{спл}} \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{V_{\text{ск}} \cdot K_{\text{спл}} \cdot i_k} = \frac{9 \cdot 8,11 \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{0,95 \cdot 2,217 \cdot 1,1} = 18,9 \text{ хв},$$

де $\delta_{\text{п}}$ – товщина покриття, 9 мкм;

$d_{\text{спл}}$ – густина сплаву покриття, 7,84 г/см³ ;

$V_{\text{ск}}$ – катодний вихід за струмом 95% ;

$K_{\text{спл}}$ – електрохімічний еквівалент, 2,217 г/А · год;

i_k – середня катодна густина струму, 1,1 А/дм².

Знайдемо електрохімічний еквівалент сплаву за формулою:

$$K_{\text{спл}} = \frac{1}{\frac{1}{K_{\text{Cd}}} \cdot P_{\text{Cd}} + \frac{1}{K_{\text{Sn}}} \cdot P_{\text{Sn}}} = \frac{1}{\frac{1}{2,215} \cdot 0,4 + \frac{1}{2,097} \cdot 0,6} = 2,127 \text{ г/А} \cdot \text{год},$$

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де K_{Cd} - електрохімічний еквівалент кадмію, г · А/год;

K_{Sn} - електрохімічний еквівалент олова, , г · А/год;

P_{Cd} – ваговий відсоток в сплаві кадмію;

P_{Sn} – ваговий відсоток в сплаві олова.

Знайдемо густину сплаву за формулою:

$$d_{\text{спл}} = d_a = d_{Cd} \cdot P_{Cd} + d_{Sn} \cdot P_{Sn} = 8,65 \cdot 0,6 + 7,3 \cdot 0,4 = 8,11 \text{ г/см}^3,$$

де d_{Cd} – 8,65 г/см³ густина кадмію[1];

d_{Sn} – 7,3 г/см³ густина олова[1];

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

$$\tau_m = \tau_m + \tau_m \cdot 0,2$$

$$\tau_m = 18,9 + 18,9 \cdot 0,2 = 22,7 \text{ хв}$$

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

$$\tau = 22,7 + 3 = 25,7 \text{ хв.}$$

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

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

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

де $K_{об}$ – коефіцієнт, що враховує затрати часу на початковий запуск обладнання, кінцеве вивантаження з ванни і на допоміжні операції.

$$n = \frac{T_d \cdot 60}{\tau \cdot K_{об}} = \frac{3976 \cdot 60}{25,7 \cdot 1,05} = 8821$$

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Тоді разове завантаження усіх ванн Y_c, M^2 :

$$Y_c = \frac{P_p}{n} = \frac{6630}{8821} = 0,75.$$

Звідси розрахуємо кількість деталей разової загрузки ванн N , шт:

$$N = \frac{Y_c}{S} = \frac{0,75}{0,001169} = 642,$$

Розраховуємо масу одноразового завантаження деталей усіх ванн:

$$Y_c = N \cdot g, \text{ кг}$$

де N – кількість деталей одноразового завантаження; g – маса однієї деталі, кг

$$Y_c = 642 \cdot 0,01567 = 10,05, \text{ кг}$$

Вихідними даними для розрахунку габаратного розміру барабану є величина маси одноразового завантаження деталей G , кг та внутрішня довжина барабана l_6 . Для розрахунку внутрішнього $D_{вн}$ і зовнішнього $D_{зов}$ діаметрів барабана визначаємо насипний об'єм деталей $V_{нас}$:

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

де $d_{дет}$ – густина металу деталі (сталь марки 45, густина згідно з ГОСТ 1050-80 становить $7810, \text{ кг/м}^3$); $V_{дет}$ – об'єм деталей, м^3 .

Об'єм однієї деталі складає:

$$V_{дет} = 2,78 \cdot 10^{-6}, \text{ м}^3$$

Тоді, об'єм деталей, які одноразово завантажуються у всі барабани складає:

$$V = N \cdot V_{дет} = 642 \cdot 2,78 \cdot 10^{-6} = 1,78 \cdot 10^{-3}, \text{ м}^3$$

Насипний об'єм деталей усіх барабанів складає:

$$V_{нас} = 5 \cdot V = 5 \cdot 1,78 \cdot 10^{-3} = 8,9 \cdot 10^{-3}, \text{ м}^3$$

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

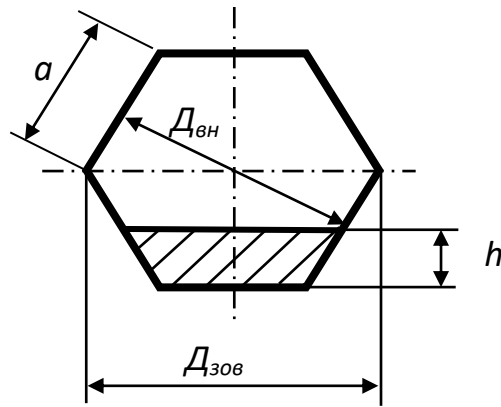


Рисунок 2.1 – Основні параметри

Потім розраховують розмір сторони шестигранника а:

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

Величину $l_б$ орієнтовно приймаємо рівною 0,7 м.

$$a = \sqrt{\frac{2,97 \cdot 0,0089}{0,7}} = 0,194, \text{ м}$$

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

$$D_{вн} = a\sqrt{3},$$

$$D_{зов} = 2a + 2m,$$

де m – товщина стінок барабана, яку приймаємо рівною 8 мм.

Тоді:

$$D_{вн} = a \sqrt{3} = 0,194 \sqrt{3} = 0,336, \text{ м};$$

$$D_{зов} = 2a + 2m = 2 \cdot 0,194 + 2 \cdot 0,008 = 0,404, \text{ м}.$$

Висоту шару деталей у барабані розраховуємо за формулою:

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$h = (1/6)D_{\text{вн}}$$

$$h = 0,336/6=0,056, \text{ м.}$$

Розрахунок габаритних розмірів ванни для барабана виконується в такій послідовності:

внутрішня довжина ванни для барабана l , м:

$$l = l_6 + 2l_1,$$

де l_6 – довжина барабана, м; l_1 – відстань між торцевими стінками барабана і стінками ванни, приймаємо рівною 0,15 м.

Отже внутрішня довжина ванни для барабана складає:

$$l = 0,7 + 2 \cdot 0,15 = 1,0 \text{ м}$$

внутрішня ширина ванни B , м:

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

де B_1 – відстань між анодом і ближнім краєм барабана, приймаємо рівною 0,15 м; B_2 – відстань між анодом і поздовжньою стінкою ванни, приймаємо рівною 0,10 м; B_A – товщина анодів, яка складає 0,015 м.

Отже внутрішня ширина ванни для барабана складає:

$$B = 0,404 + 2 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,015 = 0,834, \text{ м}$$

внутрішня висота ванни h , м:

$$h = h_1 + h_2 + h_6 + D_{\text{зов}},$$

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 (по описаному колу), складає 0,1 м; h_6 – відстань від дзеркала електроліту до верхнього краю бортів ванни, приймаємо 0,2 м; $D_{\text{зов}}$ – зовнішній діаметр описаного кола барабана.

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Отже внутрішня висота ванни для барабана складає:

$$h = 0,2 + 0,1 + 0,2 + 0,404 = 0,904$$

Виходячи з проведених розрахунків для виконання річної програми необхідно одна ванна для нанесення сплаву олово кадмій.

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 – 25 кг;

- частота обертання – 5 об/хв.;
- діаметр описаного кола – 0,4 м;
- довжина – 0,7 м;

Електродвигун для барабанного електролізера – електродвигун серії 5 АНК ІР 23, який використовується для приводу механізмів з незмінною частотою. Тип двигуна 160L2-4 потужністю 15 кВт, силою струму 30 А. напругою 36 В.

Тоді, згідно ГОСТ 23738-85 обираємо стандартизовану ванну, габаритні розміри якої становлять:

- довжина – 1 м;
- ширина – 1 м;
- висота – 1 м;
- повна ємність ванни 1000л

2.4 Баланс струму на гальванічній ванні

Розрахунок сили струму на ванні необхідний для подальшого вибору джерела живлення постійним струмом. Сила струму I , А на однопозиційній ванні визначається як добуток величини технологічної густини струму на катоді I_k , А/м² на площу деталей одноразового завантаження S_{03} , м²:

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

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

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

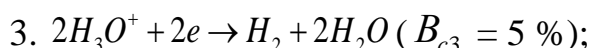
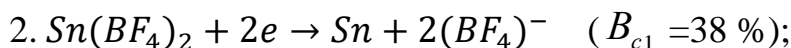
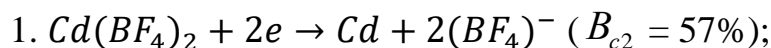
Для розрахунків рекомендується вибирати верхнє допустиме за технологією значення катодної густини струму. Приймаємо $i_k 110 \text{ А/м}^2$

Сила струму на гальванічній ванні :

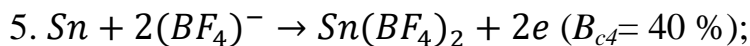
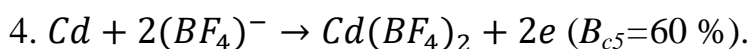
$$I = 1,1 \cdot 110 \cdot 0,75 = 91 \text{ А.}$$

У фторборатному електроліті для нанесення сплаву олово-кадмій на електродах перебігають такі електрохімічні процеси:

на катоді:



на аноді:



Сила струму, яка витрачається на кожну реакцію:

на катоді:

$$I_1 = \frac{I \cdot B_{c1}}{100} = \frac{91 \cdot 57}{100} = 51,9 \text{ А};$$

$$I_2 = \frac{I \cdot B_{c2}}{100} = \frac{91 \cdot 38}{100} = 34,6 \text{ А};$$

$$I_3 = \frac{I \cdot B_{c3}}{100} = \frac{91 \cdot 5}{100} = 4,5 \text{ А.}$$

на аноді:

$$I_4 = \frac{I \cdot B_{c4}}{100} = \frac{91 \cdot 60}{100} = 54,6 \text{ А};$$

$$I_5 = \frac{I \cdot B_{c5}}{100} = \frac{91 \cdot 40}{100} = 36,4 \text{ А.}$$

Результати розрахунків зводимо у таблицю 2.1

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 2.1 Баланс електрики ванни нанесення покриття на одну годину роботи.

Надходження	Q, А·год	%	Витрати	Q, А·год	%
На катоді:					
Від зовнішнього джерела струму	91,0	100	Виділення Cd за реакцією 1	51,9	57
			Виділення Sn за реакцією 2	34,6	38
			Виділення H ₂ за реакцією 3	4,5	5
Разом	91,0	100	Разом	91,0	100
На аноді:					
Від зовнішнього джерела струму	91,0	100	Розчинення Cd за реакцією 4	54,6	60
			Розчинення Sn за реакцією 5	36,4	40
Разом	91,0	100	Разом	91,0	100

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

Напруга на ванні з барабанним електролізером U_b визначається за формулою:

$$U_b = E_a - E_k + \Delta U_{om} + \Delta U_1 + \Delta U_k + \Delta U_{перф} + \Delta U_b,$$

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

ΔU_{om} , ΔU_1 , ΔU_k – омичне падіння напруги в електроліті, у провідниках першого роду та в контактах;

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

ΔU_b – додаткове падіння напруги між деталями в барабані в результаті їх переміщення при обертанні.

Омичне падіння напруги в електроліті ΔU_{om} , В розраховують за формулою:

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$\Delta U_{\text{ом}} = i_{\text{ср}} \cdot l_{\text{а-к}} \cdot \rho_e,$$

де $i_{\text{ср}}$ – середня густина струму в міжелектродному просторі, А/м², розраховується за формулою $i_{\text{ср}} = \sqrt{i_k \cdot i_a}$; $l_{\text{а-к}}$ – відстань між анодом і краєм барабана з деталями, ρ_e – питомий електричний опір електроліту, Ом.м, Кг – коефіцієнт, який ураховує збільшення опору за рахунок газонаповнення, величини К знаходиться у межах 1,01...1,25.

Вихідні дані для розрахунку балансу напруги:

Катодна густина струму $i_k = 110 \text{ А/м}^2$;

Анодна густина струму $i_a = 55 \text{ А/м}^2$;

Потенціал катода $E_k = -0,97 \text{ В [3]}$

Потенціал анода $E_a = -0,67 \text{ В [3]}$

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

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

Тоді

$$i_{\text{ср}} = \sqrt{i_k \cdot i_a} = \sqrt{110 \cdot 55} = 78 \text{ А/м}^2$$

$$\Delta U_{\text{ом}} = 1,15 \cdot i_{\text{ср}} \cdot l_{\text{а-к}} \cdot \rho_e = 1,15 \cdot 78 \cdot 0,15 \cdot 0,05 = 0,78 \text{ В},$$

Знаходимо різницю потенціалів катода і анода:

$$E_a - E_k = -0,67 - (-0,97) = 0,3 \text{ В}.$$

Падіння напруги в отворах барабана визначаємо як:

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$\Delta U_{\text{перф}} = \frac{i_k \cdot S_{\text{оз}} \cdot m \cdot \rho_e}{3.14 \cdot D_{\text{зов}} \cdot l_b \cdot K_n}, \text{ В}$$

де $S_{\text{оз}}$ – поверхня деталей, завантажених у барабан, м²; m – товщина стінки барабана, м; ρ_e – питомий електричний опір електроліту, Ом.м; $D_{\text{зов}}$ – діаметр описаного кола барабана, м; l_b – довжина барабана, м; K_n – ступінь перфорації поверхні барабана (приймаємо 0,25).

Падіння напруги в отворах барабана становить:

$$U_{\text{перф}} = \frac{110 \cdot 0,75 \cdot 0,005 \cdot 0,05}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,7 \cdot 0,25} = 0,09 \text{ В}$$

Падіння напруги в контактах і провідниках першого роду визначаємо як

$$\Delta U_1 + \Delta U_k = 0,1(E_a - E_k + \Delta U_{\text{ом}}) = 0,1 \cdot (0,3 + 0,78) = 0,11 \text{ В}$$

Додаткове падіння напруги між деталями в барабані ΔU_b ураховується коефіцієнтом 0,4 і складає:

$$\Delta U_b = 0,4(E_a - E_k + \Delta U_{\text{ом}} + \Delta U_1 + \Delta U_k + \Delta U_{\text{перф}}) = 0,4 \cdot (0,30 + 0,78 + 0,11 + 0,09) = 0,51 \text{ В}$$

Тоді, напруга на ванні з барабанним електролізером U_b складе:

$$U_b = 0,30 + 0,78 + 0,11 + 0,09 + 0,51 = 1,79 \text{ В}$$

Результати розрахунків зводимо у таблицю 2.2.

Мінімальна напруга на джерелі струму $U_{\text{дс}}$ складається із суми напруги на ванні U та падіння напруги в шинопроводах. Падіння напруги в шинопроводах від джерела струму до ванни (приймаємо 10% $U_{\text{дс}}$.)

Звідси випливає, що

$$U_{\text{дс}} = 1,1 U = 1,1 \cdot 1,79 = 2,42 \text{ В}$$

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 2.2 – Баланс напруги на ванні.

Надходження	U, В	%	Витрати	U, В	%
Напруга на ванні	1,79	100	Різниця потенціалів під струмом $E_a - E_k$	0,3	16,76
			Падіння напруги в електроліті $\Delta U_{ом}$	0,78	43,57
			Падіння напруги на електродах, контактах і провідниках $\Delta U_1 + \Delta U_k$	0,11	6,14
			Падіння напруги на отворах барабану $\Delta U_{перф}$	0,09	5,03
			Падіння напруги між деталями у барабані в результаті перемішування $\Delta U_б$	0,51	28,50
Разом	1,79	100	Разом	1,79	100

2.6. Вибір джерела струму для гальванічної ванни

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		35

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:

$$K = \frac{N_{\text{дс}}}{N_{\text{пасп}}},$$

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

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

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

I – сила струму на однопозиційній ванні, А.

Тоді, потужність, необхідна для виконання завданої програми складає:

$$N_{\text{дс}} = 1,79 \cdot 91 \cdot 10^{-3} = 0,16 \text{ кВт}$$

Отже, коефіцієнт завантаження вибраного випрямного апарату складає:

$$K = \frac{0,16}{4,8} = 0,03$$

2.7. Визначення джоулевої теплоти та складання балансу енергії на ванні

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

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

Визначаємо кількість джоулевої теплоти і складаємо баланс енергії на одну годину роботи ванни нанесення сплаву при таких умовах: сила струму $I=91$ А;

					ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ	Арк
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

напруга на ванні $U=1,79$ В; вихід за струмом для сплаву $V_c=95\%$, виділення водню $V_c=5\%$.

Електрична енергія, яка витрачається на перебіг процесу в одній ванні, визначається за формулою:

$$W_{\text{заг}} = 3,6 \cdot U \cdot I \cdot \tau = 3,6 \cdot 1,79 \cdot 91 \cdot 1 \cdot 0,97 = 570 \text{ кДж},$$

де I – струм на ванні, А; U – напруга на ванні, В; τ – час роботи ванни під струмом, год. Баланс енергії складаємо на одну астрономічну годину роботи ванни, з урахуванням 3% часу на простій обладнання.

Даний процес проходить із розчинними анодами з виходом за струмом на катоді і аноді, близьким до 100%.

$$W_{\text{заг}} \approx W_{\text{дж}} = 570 \text{ кДж}.$$

Таблиця 2.3 Баланс енергії на ванні

Прихід	кДж	%	Витрати	кДж	%
Електрична енергія від джерела струму	570	100	Джоулева теплота	570	100
			Хімічна енергія	0	0
Разом	570	100	Разом	570	100

Під час нанесення гальванічних покриттів виділяється значна кількість джоулевої теплоти, що може стати причиною 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 $C_1 = 3940 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$ – теплоємність електроліту [5];

$d_1 = 1120 \text{ кг/м}^3$ – густина електроліту [5];

V_1 – об'єм електроліту, м^3 ;

$C_2 = 1930 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$ – теплоємність корпусу ванни [1, 5];

$m_2 = 60 \text{ кг}$ - маса ванни;

C_3 – теплоємність анодів $228,58 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$;

$m_3 = 113 \text{ кг}$ – маса анодів.

$$V_1 = K_{\text{зап}} \cdot V_{\text{ванни}} = 0,75 \cdot 1 = 0,75 \text{ м}^3;$$

де $K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт заповнення ванни ($K_{\text{зап}} = 0,75$);

$$t_k^o = 20 + \frac{570,1}{0,75 \cdot 3,94 \cdot 1120 + 1,93 \cdot 60 + 0,23 \cdot 113} = 20,2^\circ\text{C}.$$

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

2.8 Розрахунок витрат матеріалів

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

Розрахунок витрат анодів на початковий запуск обладнання

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

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

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

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

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

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

$l_B = 1 \text{ м}$ – внутрішня довжина ванни;

$h_B = 1,0 \text{ м}$ – внутрішня висота ванни;

$d_a = 7840 \text{ кг/м}^3$ – густина матеріалу анодів [3];

$\delta_a = 0,004 \text{ м}$ – товщина анодів;

$n_B = 1$ – кількість ванн даного типу.

Отже, витрати розчинних анодів на запуск обладнання складають:

$$G_{аз} = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 7840 \cdot 0,015 \cdot 1 = 113 \text{ кг}$$

Витрати розчинних анодів на виконання річної виробничої програми

Ці витрати $G_{ар}$, кг визначаються за формулою:

$$G_{ан} = S \cdot A_n \cdot \delta_{п}, \text{ кг},$$

де $S = 6630 \text{ м}^2$ – площа нанесеного покриття при виконанні річної програми;

$\delta_{п} = 9 \text{ мкм}$ – 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/м^3 ;

$$A_p = 7840 \cdot 1,06 \cdot 10^{-6} = 0,0083 \text{ кг/м}^2$$

					ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ	Арк
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$G_{ан} = 6630 \cdot 0,0083 \cdot 9 = 496 \text{ кг.}$$

Сумарна витрата анодів:

$$\sum G = G_{аз} + G_{ан} = 113 + 496 = 609 \text{ кг.}$$

2.9 Розрахунок витрат хімічних реактивів

2.9.1 Витрати хімічних реактивів на початковий запуск обладнання

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

$$G_i = C_i \cdot V_B \cdot K_{зап} \cdot n_B,$$

де C_i – концентрація кожного компонента електроліту, кг/м³; V_B – об'єм ванни, м³; $K_{зап}$ – коефіцієнт заповнення ванни, $K_{зап} = 0,7 \dots 0,9$; n_B – кількість ванн даного типу.

Для нанесення річної програми покриття витрати реагентів на приготування електроліту складають:

$$C_{Cd(BF_4)_2} = 245 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$C_{NH_4BF_4} = 55 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$C_{HBF_3} = 60 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$C_{H_3BO_3} = 19 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$C_{Sn(BF_4)_2} = 33 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$C_{\text{клей столярний}} = 0,75 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

$$G_{Cd(BF_4)_2} = 245 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 184 \text{ кг};$$

$$G_{NH_4BF_4} = 55 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 41 \text{ кг};$$

$$G_{HBF_3} = 60 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 45 \text{ кг};$$

$$G_{H_3BO_3} = 19 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 14 \text{ кг};$$

$$G_{Sn(BF_4)_2} = 33 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 25 \text{ кг};$$

$$G_{\text{клей столярний}} = 0,75 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 0,56 \text{ кг.}$$

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для річної програми хімічного знежирення витрати реагентів складають:

$$C_{NaOH} = 25 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$C_{NaCO_3} = 50 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$C_{Na_3PO_4} = 15 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$C_{Na_2SiO_3} = 3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$G_{NaOH} = 25 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 19 \text{ кг};$$

$$G_{NaCO_3} = 50 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 37 \text{ кг};$$

$$G_{Na_3PO_4} = 15 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 11 \text{ кг};$$

$$G_{Na_2SiO_3} = 3 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 2,2 \text{ кг}.$$

Для річної програми травлення витрати реагентів складають:

$$C_{HCl} = 250 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$C_{\text{інгібітор}} = 0,75 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$G_{HCl} = 250 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 187 \text{ кг};$$

$$G_{\text{інгібітор}} = 0,75 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 0,56 \text{ кг}.$$

2.9.2 Витрати хімічних реактивів на виконання річної виробничої програми

Розрахунок витрат кожного компонента здійснюється за формулою:

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

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

Величину V_{BT} можна визначити як:

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

де $S = 6630 \text{ м}^2$ – сумарна поверхня деталей, яка обробляється за рік;

1,15 – враховує площу занурюваної частини підвісок;

$A_e = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^2$ – норма витрат електроліту, який виноситься з деталями.

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$V_{BT} = 1,15 \cdot 6630 \cdot 0,15 \cdot 10^{-3} = 1,14 \text{ м}^3.$$

Розрахунок витрат хімічних реагентів на виконання річної програми:

$$G_{Cd(BF_4)_2} = 245 \cdot 1,14 = 279,3 \text{ кг};$$

$$G_{NH_4BF_4} = 55 \cdot 1,14 = 62,7 \text{ кг};$$

$$G_{HBF_3} = 60 \cdot 1,14 = 68,4 \text{ кг};$$

$$G_{H_3BO_3} = 19 \cdot 1,14 = 21,66 \text{ кг};$$

$$G_{Sn(BF_4)_2} = 33 \cdot 1,14 = 37,62 \text{ кг};$$

$$G_{\text{клей столярний}} = 0,75 \cdot 1,14 = 0,855 \text{ кг}.$$

Розрахунок витрат хімічних реагентів на хімічне знежирення:

$$G_{NaOH} = 25 \cdot 1,14 = 28,5 \text{ кг};$$

$$G_{NaCO_3} = 50 \cdot 1,14 = 57 \text{ кг};$$

$$G_{Na_3PO_4} = 15 \cdot 1,14 = 17,1 \text{ кг};$$

$$G_{Na_2SiO_3} = 3 \cdot 1,14 = 3,42 \text{ кг}.$$

Розрахунок витрат хімічних реагентів на травлення:

$$G_{HCl} = 250 \cdot 1,14 = 285 \text{ кг};$$

$$G_{\text{інгібітор}} = 0,75 \cdot 1,14 = 0,855 \text{ кг}.$$

2.10 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.

2.10.1 Витрати води на приготування електроліту

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

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

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

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

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

Величину C_{H_2O} можна визначити за формулою:

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

де $d_{ел} = 1,12 \cdot 10^3 \text{ кг} / \text{м}^3$ – густина електроліту ;

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

$$C_{Cd(BF_4)_2} = 245 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$C_{NH_4BF_4} = 55 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$C_{HBF_3} = 60 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$C_{H_3BO_3} = 19 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$C_{Sn(BF_4)_2} = 33 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$C_{\text{клей столярний}} = 0,75 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

$$C_{H_2O} = 1,12 \cdot 10^3 - (245 + 55 + 60 + 19 + 33 + 0,75) = 707,25 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Сумарні витрати електроліту знаходять за формулою:

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

де V_B – об'єм ванни

$K_{зап} = 0,78$ – коефіцієнт заповнення ванни;

$n_B = 1$ – кількість ванн даного типу;

$V_{BT} = 1,14 \text{ м}^3$ – об'єм електроліту, винесеного деталями.

Об'єм ванни розраховується за формулою:

$$V_B = 1 \text{ м}^3$$

$$V_{заг} = 1 \cdot 0,75 \cdot 1 + 1,14 = 1,89 \text{ м}^3.$$

Тоді:

$$G'_{H_2O} = 707,25 \cdot 1,89 = 1337 \text{ кг}.$$

2.10.2 Витрати води на розкладання при електролізі

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Витрати води на розкладання C''_{H_2O} (кг), розраховується за формулою:

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

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

$$C''_{H_2O} = 91 \cdot \frac{18 \cdot 3976 \cdot 5}{2 \cdot 26,8} \cdot 10^{-5} = 6,1 \text{ кг.}$$

2.10.3 Витрати води на винесення із газами

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

$$C'''_{H_2O} = C'_{H_2O} \cdot V'_2 \cdot n_e,$$

де C'_{H_2O} – вміст води, який виноситься із ванни одним 1 м^3 газів, $\text{кг}/\text{м}^3$ [3];

V'_2 – загальний об'єм вологого газу, який виділяється за температури електролізу, м^3 .

Величину C'_{H_2O} визначають як:

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

де $P_{H_2O} = 2,33 \text{ кПа}$ – парціальний тиск парів води за температури електролізу $25 \text{ }^\circ\text{C}$;

$P_6 = 101,308 \text{ кПа}$ – загальний тиск парогазової суміші.

$$C'_{H_2O} = 0,805 \cdot \frac{2,33}{101,308 - 2,33} = 0,002 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

Для визначення величини V'_2 спочатку визначають об'єми водню і кисню, приведені до нормальних умов:

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

$$V_{H_2}^0 = 0,418 \cdot 91 \cdot 3976 \cdot 5 \cdot 10^{-5} = 7,5 \text{ м}^3.$$

і сумарний об'єм приведених до нормальних умов газів:

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$V_{\Gamma}^0 = V_{H_2}^0 = 7,5 \text{ м}^3.$$

тоді:

$$C_{H_2O}''' = 0,002 \cdot 7,5 \cdot 1 = 0,015 \text{ кг.}$$

2.10.4 Витрати води на випаровування з поверхні електроліту

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

$$C_{H_2O}^{IV} = \frac{45,6 \cdot K_B \cdot S_B \cdot (P_{H_2O} - P_n) \cdot T_d \cdot n_B}{P_0}$$

де 45,6 – коефіцієнт пропорційності, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$;

$K_B = 0,86$ – коефіцієнт, величина якого залежить від швидкості руху повітря над дзеркалом електроліту;

$S_B = 1 \text{ м}^2$ - поверхня дзеркала електроліту;

$n_B = 1$ – кількість ванн даного типу;

P_n – парціальний тиск водяної пари за температури та вологості навколишнього середовища, Па .

Величину P_n визначають за формулою:

$$P_n = \frac{P_s \cdot \varphi}{100},$$

де $P_s = 2337 \text{ Па}$ – тиск насиченої водяної пари за температури навколишнього середовища повітря;

$\varphi = 70 \%$ – вологість повітря в умовах цеху.

$$P_s = \frac{2330 \cdot 70}{100} = 1631 \text{ Па,}$$

тоді:

$$C_{H_2O}^{IV} = \frac{45,6 \cdot 0,86 \cdot 1 \cdot (2330 - 1631) \cdot 3976 \cdot 1}{101308} = 1076 \text{ кг.}$$

2.10.5 Витрати води на промивні операції

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

У технологічному процесі підготовки поверхні і нанесення гальванічного покриття недостатнє промивання деталей може бути причиною поганого зчеплення покриття з основним металом, появою на покритті плям та інших видів браку. З іншого боку, екологічні та економічні проблеми вимагають раціонального використання водних ресурсів.

Витрати води на промивання деталей у значній мірі залежить від кількості ступенів промивання. При двоступеневому промиванні способом занурювання погодинні витрати води визначаються за формулою $\text{дм}^3/\text{год}$:

$${}_2V_{\text{год}} = A_e \cdot S_{\text{год}} \cdot \sqrt{K}$$

де $A_e = 0,15 \text{ дм}^3/\text{м}^2$ – норми виносу розчину із ванни поверхнею деталей;

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

K – критерій остаточного промивання деталей;

Його визначають за співвідношенням:

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

де $C_{Cd^{2+}}^0 = 95,5 \text{ г/л}$ – концентрація іону металу основного компонента у ванні, після якої проводиться промивання;

$C_{Sn^{2+}}^0 = 13,4 \text{ г/л}$ – концентрація іону металу основного компонента у ванні, після якої проводиться промивання.

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

Отже, критерії остаточного промивання деталей складає:

$$K_{Cd^{2+}} = \frac{95,5}{0,015} = 6366,6$$

$$K_{Sn^{2+}} = \frac{13,4}{0,01} = 1340$$

Так як критерій промивання більший для Cd^{2+} , то подальші розрахунки ведемо за $K_{Cd^{2+}}$. Тоді, погодинна витрата води складає:

$$V_{\text{год}} = 0,15 \cdot 2,6 \cdot \sqrt{6366,6 \cdot 0,4} = 12,4 \text{ л.}$$

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

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

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

$$V_{\text{сум}} = 12,4 \cdot 3976 \cdot 1,5 = 73954 \text{ л.}$$

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

Сумарні витрати води на електроліз складають:

$$1337+6,1+0,015+1076+73954=76373 \text{ кг}$$

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
						47
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 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 технікоекономічні 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.

Організаційно-правова форма: фізична особа підприємець. Так як дохід за рік становить: $61 \text{ грн/м}^2 \times 6500 \text{ м}^2 = 396\,500 \text{ грн}$, то згідно з Законом України від 30 березня 2020 року №540-ІХ, де вказано, що річний дохід з 300 тис грн до 1 млн грн вказує на підприємство 1-ої групи. При цьому вартість ОФ не повинно перевищувати 10 млн євро.

Класифікаційні ознаки підприємства:

1. за формою власності – приватне;
2. за формою реєстрації – юридична 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;

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

10. за режимом роботи протягом року – позасезонне;

11. за призначенням продукції – товари промислового призначення.

КВЕД: код 24.45 що включає нанесення сплаву на сталь [9].

Мета діяльності: задоволення потреб у приладобудуванні у корозійностійких сталевих деталях із нанесеним покриттям із сплаву олово-кадмій.

Основні завдання, які вирішує підприємство:

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 олово-кадмію: лінійна структура.

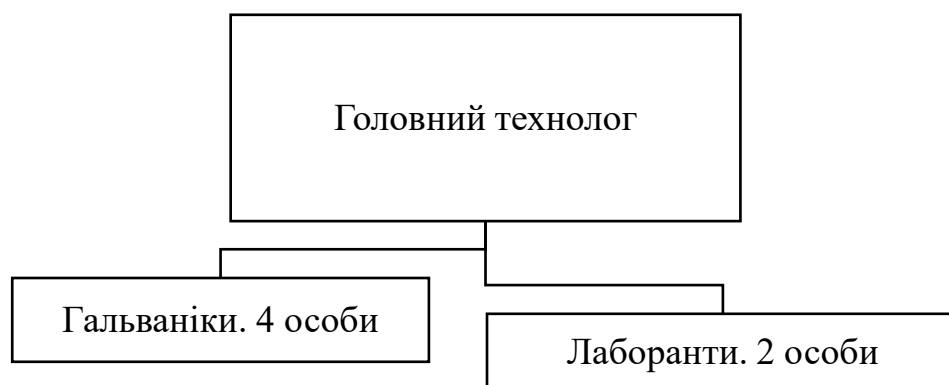


Рис. 3.1. Організаційна структура підрозділу хімічного виробництва по гальванічному нанесенні олово-кадмію

3.2. Технологічна підготовка виробництва

Для виконання повної роботи необхідно виконати такі операції:

Таблиця 3.1 - Операції процесу нанесення сплаву.

Вид виробничого процесу	Назва операції	Час виконання, хвилини
Основні	Завантаження деталей	5
	Знежирення хімічне	5
	Промивання тепле	0,5
	Промивання холодне	0,5
	Травлення хімічне	20
	Промивання холодне	0,5
	Активація	1
	Помивання дистоводою	0,25
	Осадження сплаву	23
	Уловлювання	0,1
	Промивання холодне	1,5
	Промивання тепле	0,5
	Сушіння	8
	Вивантаження	2
	Загальна тривалість	67,85
Допоміжні	Упакування та відправлення продукції на склад.	
Побічні	Очищення стічних вод.	

Тривалість робочого циклу для послідовного виду руху предмету праці (ВРПП)

Робочий час робітника- 8 годин на день. Цех працює у дві зміни по 8 годин.
Річна програма становить 6630 м².

Тоді добова виробнича програма складає:

$$P_{\text{доб}} = \frac{6630}{250} = 27 \text{ (м}^2\text{/доб)}.$$

Тоді виробнича програма зміни становить:

$$P_{\text{змін}} = \frac{P_{\text{доб}}}{K} = \frac{27}{2} = 14$$

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

$$m = \frac{P_{\text{зм}}}{U_c} = \frac{14}{0,75} = 18 \text{ завантажень/зміна}$$

де U_c – площа разового завантаження ванни нанесення сплаву, приведена у технологічних розрахунках

Розрахуємо випуск для наступних ВРПП:

- послідовного;
- паралельного;
- синхронізованого типу.

Сумарний час всіх стадій (без врахування контролю якості, що йде паралельно до інших стадій):

$$\sum t_i = 5 + 5 + 0,5 + 0,5 + 20 + 0,5 + 1 + 0,25 + 23 + 0,1 + 1,5 + 0,5 + 8 + 2 = 67,85 \text{ (хв)}$$

1. Послідовний

$$V_{\text{посл}} = \frac{T_{\text{ВЦ}}^{\text{зміни}}}{\sum t_i} = \frac{16 \cdot 60}{67,85} = 14 \text{ завантажень/зміни}$$

$$V_{\text{посл}}^{\text{Річ}} = 14 \cdot 250 \cdot 0,75 = 2625 \text{ м}^2.$$

					ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ	Арк
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

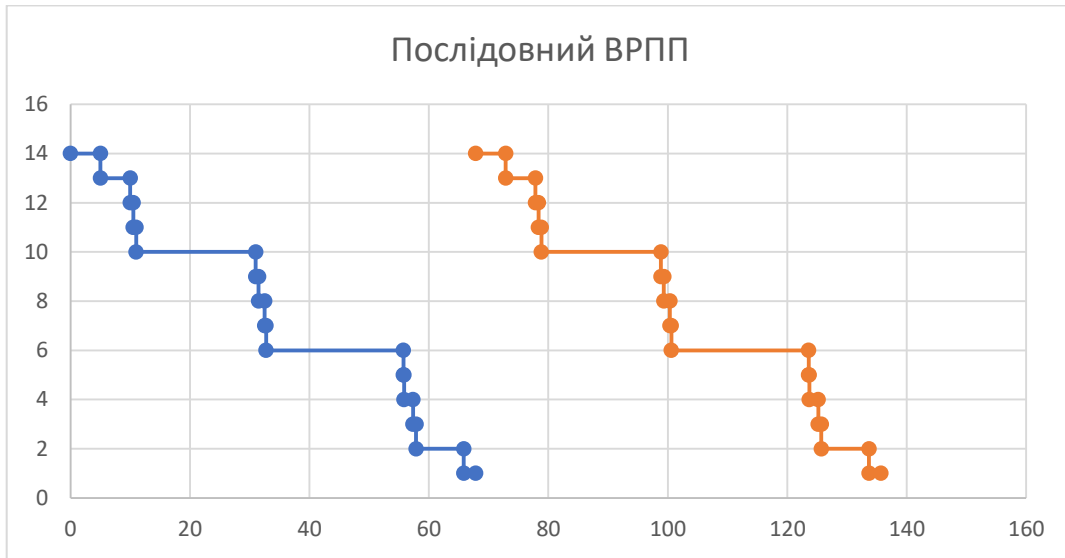


Рис.3.2 - Графік послідовного ВРПП

Отже, виробнича програма цеху за послідовним ВРПП є економічно недоцільною, так як запланована площа нанесення 6630 м².

2. Паралельний

Розрахуємо денний випуск продукції при паралельному ВРПП:

$$V_{\text{пар}} = \frac{T_{\text{ВЦ}}^{\text{пар}} + t_{\text{max}} - \sum_{i=1}^n t_i}{t_{\text{max}}} = \frac{16 \cdot 60 + 23 - 67,85}{23} \approx 40 \text{ разів}$$

$$V_{\text{пар}}^{\text{Річ}} = 40 \cdot 250 \cdot 0,75 = 7500 \text{ м}^2.$$

Отже, виробнича програма цеху за паралельним ВРПП перевищує програму на 13,1%.

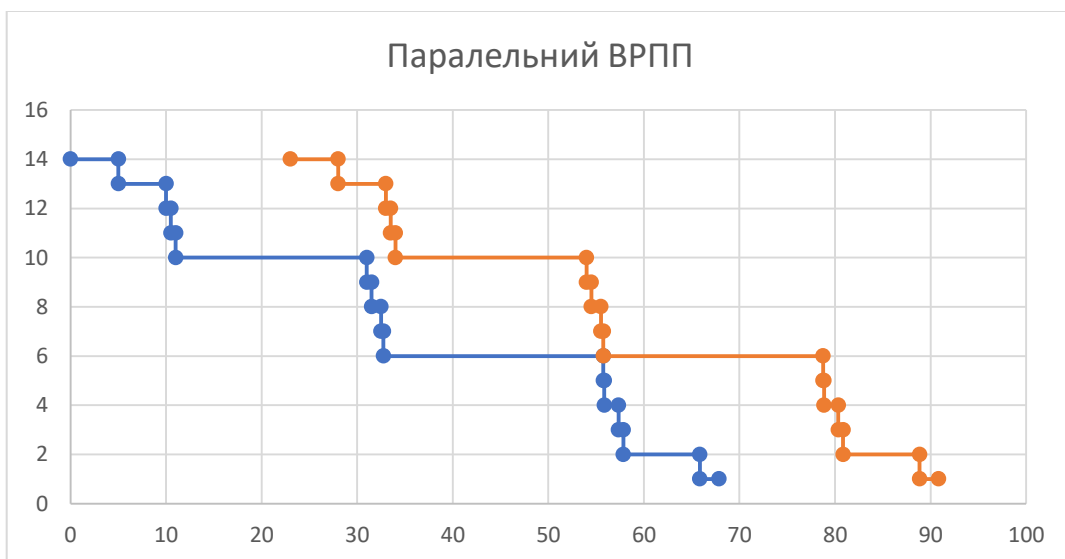


Рис. 3.3 - Графік паралельного ВРПП

3. Синхронізований

Обираємо мінімальну необхідну кількість завантажень для забезпечення виконання річної програми. Попередньо розраховано, що необхідна кількість завантажень становить 18 завантажень/зміну, тобто за дві зміни необхідно виконати завантаження. Тоді:

$$N_{\text{завант}} = 36 = \frac{T_{\text{в.ц.}}^{\text{синх}} + R - \sum_{i=1}^{18} t_i}{R} = \frac{16 * 60 + R - 67,85}{R}$$

Звідки знаходимо ритм $R = 25$. Перевірка:

$$N_{\text{завант}} = \frac{T_{\text{в.ц.}}^{\text{синх}} + R - \sum_{i=1}^{18} t_i}{R} = \frac{16 * 60 + 25 - 67,85}{25} = 36 \text{ разів,}$$

$$V_{\text{пар}}^{\text{Річ}} = 36 * 250 * 0,75 = 6750 \text{ м}^2$$

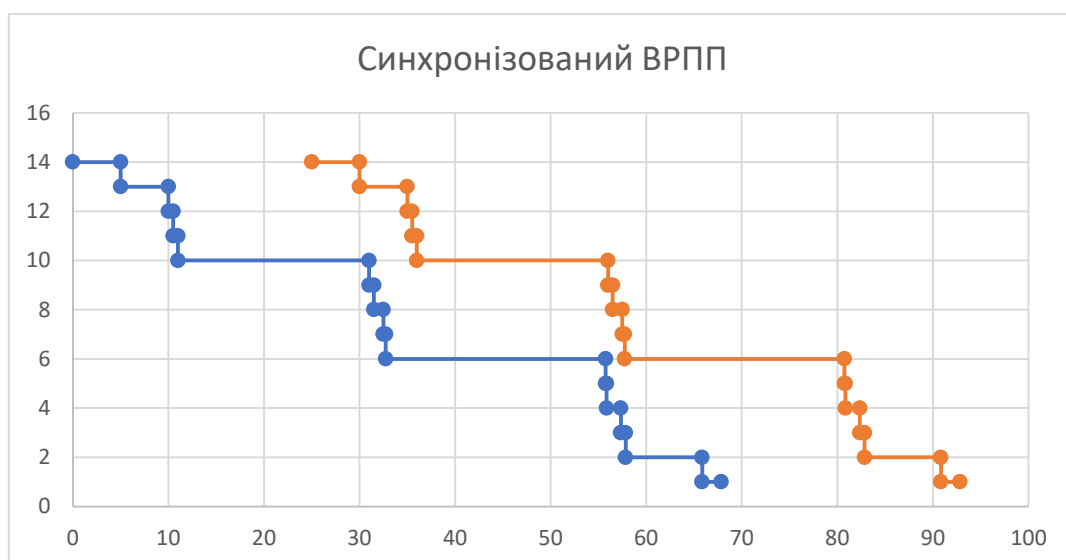


Рис. 3.4 - Графік синхронізованого ВРПП

Отриманий показник забезпечує необхідну виробничу програму.

Висновок. З отриманих даних видно, що найбільш оптимальним є синхронізований ВРПП, який буде забезпечувати виконання добової норми з мінімальною кількістю працівників.

Згідно до розрахунків технологічної частини для нанесення сплаву необхідно дві ванни. Для інших 11 операцій використовується по одній одиниці обладнання.

Чисельність персоналу явочна.

Для виконання всіх робіт на підприємстві достатньо шести працівників:

- 4 гальваніки;
- 2 лаборант.

Чисельність персоналу за списком:

$$Ч_{сп.} = Ч_{яв.} \cdot K_{пер.} = Ч_{яв.} \cdot \frac{T_{підп.}^{рік}}{T_{прац.}^{рік}} = 3 \cdot \frac{\frac{16}{24} \cdot 250}{\frac{8}{24} \cdot 250} = 6 \text{ осіб}$$

Графік роботи підприємства:

Підприємство працює з понеділка по п'ятницю: 6.00-22.00

Графік змінності: одна бригада складається з 2 гальваніків і 1 лаборанта

Дні Працівн.	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд
1 бригада	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2	2	В	В
2 бригада	2	2	2	2	2	В	В	1	1	1	1	1	В	В
Головний технолог	1	1	1	1	1	В	В	1	1	1	1	1	В	В

Примітки «В» - вихідний день, «1» - перша зміна 06:00 – 14:00 год, «2» - друга зміна 14:00 – 22:00 год.

Технічний контроль на виробництві

Об'єкти контролю:

1. сировина і матеріали;
2. технологічні процеси і обладнання;
3. готова продукція.

Суб'єкт контролю:

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>				Арк
									54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

1. головний технолог.

Види контролю:

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

Головний технолог працює тільки у першу зміну, тому за його відсутності обов'язки з контролю якості виконує лаборант.

Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

Таблиця 3.3 Склад основних фондів цеху гальванічних покриттів

№	Найменування обладнання	Кількість	Вартість, грн
1	Ванна промивання в теплій воді	1	10 000
2	Ванна промивання в холодній воді	1	10 000
3	Ванна уловлювання	1	13 000
4	Ванна хімічного знежирення	1	7 000
5	Ванна хімічного травлення	1	7 000
6	Ванна активації	1	10 000
7	Ванна нанесення гальванічного покриття	1	24 000
8	Барабанний електролізер	1	20 000
9	Аноди	4	40 000
10	Сушильна шафа	1	10 000
11	Будівлі і споруди	1	450 000
12	Нематеріальні активи	1	15 000
Всього:			616 000

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

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Затрати на ремонт обладнання = $0,05 \cdot \text{ціна обладнання/термін експлуатації}$
 $= 0,05 \cdot 616000/5 = 6160$ грн/рік

Таблиця 3.4 - Тарифна сітка цеху гальванічних покриттів

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	2,43	19	3,16
5	1,36	10	1,91	15	2,56	20	3,31

Таблиця 3.5 – Фонд заробітної плати цеху гальванічних покриттів

Посада	Кількість осіб	Тарифний розряд	Тарифний коефіцієнт	Тарифна ставка, грн/год	Заробітна плата, грн	
					За день	За рік
Головний Технолог	1	15	2,56	102,4	819,2	204 800
Гальванік	4	10	1,91	76,4	2444,8	611200
Лаборант	2	5	1,36	54,4	870,4	217600
Всього	7				4134,4	1033600

Примітка. Тарифна ставка однієї години роботи працівника першого розряду – 40 грн.

Нарахування підприємства становлять 22% від заробітної плати:

$$H = 0,22 \times 466400 = 227392 \text{ грн/рік}$$

Фонд оплати праці становить:

$$\text{ФОП} = \text{ЗП} + H = 1033600 + 227392 = 1260992 \text{ грн/рік}$$

Амортизація основних фондів:

1. Амортизація будівель та споруд:

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$A_{\text{б.с.}} = \frac{N_A^{\text{б.с.}}}{T_{\text{ек}}} = \frac{450000}{20} = 22500 \text{ грн/рік};$$

2. Амортизація приладів і обладнання:

$$A_{\text{обл.}} = \frac{N_A^{\text{обл.}}}{T_{\text{ек}}} = \frac{151000}{5} = 30200 \text{ грн/рік};$$

3. Амортизація нематеріальних активів:

$$A_{\text{н.ак.}} = \frac{N_A^{\text{н.ак.}}}{T_{\text{ек}}} = \frac{15000}{12} = 1250 \text{ грн/рік};$$

4. Всього:

$$A = 22500 + 30200 + 1250 = 53950 \text{ грн/рік};$$

Розрахунок вартості річних оборотних фондів підприємства

Витрати на електроенергію: Потужність обладнання $N = 3,6$ кВт. Кількість спожитої електроенергії більше 100 кВт·год за місяць, тому маємо другий клас напруги. Вартість електроенергії – 1 кВт = 2,30 грн. Підприємство працює 16 годин на добу, 250 днів на рік:

$$B = 16 \cdot 250 \cdot 3,6 \cdot 2,30 = 33120 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Таблиця 3.6 - Річні оборотні фонди цеху гальванічних покриттів.

Найменування	Ціна	Витрата на рік	Вартість, грн
Тетрафторборат кадмію	290 грн/кг	245 кг	73660
Тетрафторборат олова	240 грн/кг	33 кг	7920
Амоній тетрафторборатний	94	55	5170
Тетраборфторидна кислота	200	60	12000
Клей столярний	13	3,1	40,3
Гідроксид натрію	100	164	16400
Карбонат натрію	30	309	92700
Фосфат натрію	240	226,5	54360

Силікат натрію	15	144	2160
Хлоридна кислота	10	309	3090
Борна кислота	52	19	988
Іггібітор	420	3	1260
Вода	25,38 грн/м3	76,37 м3	1 938,3
Електроенергія	2,30 грн/кВт	3,6 кВт	33120
Всього			304 806,6

Таблиця 3.7 - Калькуляція продукції

№	Елементи	Витрати		% від собівартості
		На річну програму, грн/рік	На одиницю продукції, грн./м ²	
1	Амортизація	53950	8,1	3,3
2	Оборотні фонди	304 806,6	32,1	18,6
3	Заробітна плата виробничого та невиробничого персоналу	1033600	155,9	63
4	Нарахування на заробітну плату	227392	15,5	13,8
5	Нематеріальні активи	15000	2,3	0,9
6	Затрати на ремонт	6160	0,9	0,4
7	Виробнича собівартість	1640908,6	214,8	100
8	Невраховані витрати	328181,72	28,6	20

Повна собівартість розраховується з урахуванням нерахованих витрат, які складають 20% від виробничої собівартості.

$$C_{\text{неврах. витр.}} = 0,2 \cdot C_{\text{вир}} = 0,2 \cdot 1640908,6 = 328181,72 \text{ грн/рік}$$

3.3 Розрахунок техніко-економічних показників

$$C_{\text{заводська}} = C_{\text{цехова}} \cdot 1,8 = 243,4 \cdot 1,8 = 438,12 \text{ грн/м}^2 \text{ (2 904 735,6 грн/рік)}$$

Прибуток:

$$П = Ц - C = 500 - 438,12 = 61,88 \text{ грн/м}^2.$$

Рентабельність:

$$P = \frac{П}{C} \cdot 100 = \frac{61,88}{438,12} \cdot 100 = 14,1 \%$$

Капіталовкладення:

$$K = O\Phi + O\delta_3 + (C_{\text{заводська}} - C_{\text{виробнича}})$$

$$K = 616000 + 304806,6 + (2904735,6 - 1640908,6) = 2184633,6 \text{ грн}$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{П}{K} = \frac{61,88 \cdot 6630}{2184633,6} = 0,085 \text{ грн/грн.}$$

Період повернення капіталовкладень

$$T_{\text{пов.}} = \frac{1}{E} = \frac{1}{0,085} = 18,7 \text{ роки}$$

Фондовіддача основних засобів:

$$\Phi B_{O3} = \frac{B}{O3} = \frac{6630 \cdot 214,8}{616000} = 2,31 \text{ грн/грн}$$

Фондовіддача оборотних засобів:

$$\Phi B_{O\delta_3} = \frac{B}{O\delta_3} = \frac{6630 \cdot 214,8}{304806,6} = 4,67 \text{ грн/грн}$$

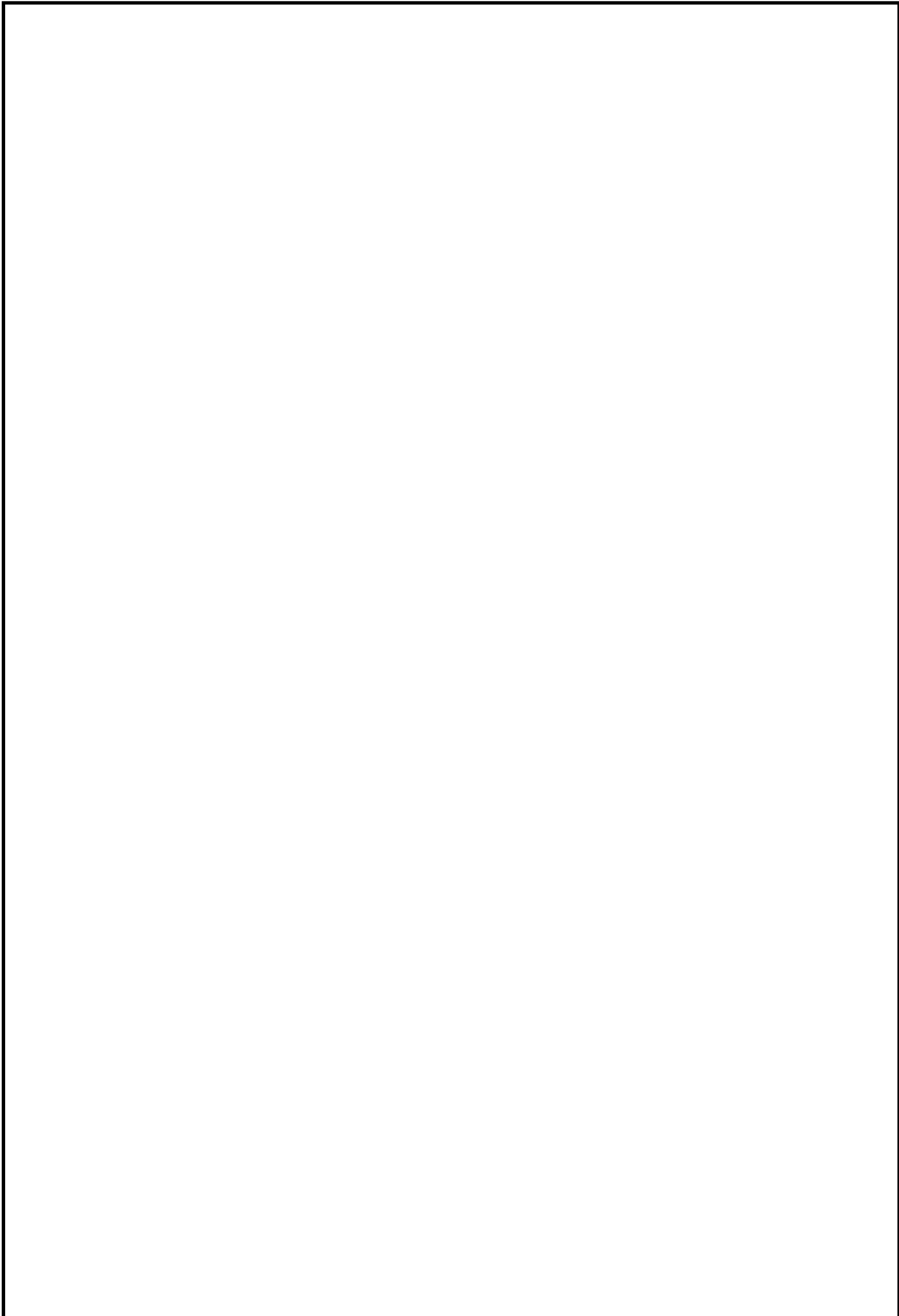
Фондоємність основних засобів:

$$\Phi E_{O3} = \frac{1}{\Phi B_{O3}} = \frac{1}{2,31} = 0,43 \text{ грн/грн}$$

Фондоємність оборотних засобів:

$$\Phi E_{O\delta_3} = \frac{1}{\Phi B_{O\delta_3}} = \frac{1}{4,67} = 0,21 \text{ грн/грн}$$

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		<i>60</i>

3.4 Індивідуальне завдання

Для нанесенні олово-кадмію на дрібні деталі, є доцільно використовувати електроліти з високою розсіювальною здатністю, це комплексні електроліти. Для доведення доцільності використання тетрафторборатного електроліту олово-кадмування, порівняємо його з ціанідним електролітом зі схожим за характеристиками. Так як завдяки йому ми можемо отримати такий же за складом гальванічний осад.

Час електролізу розраховується за формулою:

$$\tau_m = \frac{\delta_n \cdot d_m \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{V_c \cdot K_e \cdot i_k} = \frac{9 \cdot 8,13 \cdot 60 \cdot 10^{-2}}{0,8 \cdot 2,217 \cdot 1,5} = 18,9 \text{ хв,}$$

Швидкість осідання за формулою:

$$\dot{\omega} = \frac{\delta_n}{\tau_m} = \frac{9}{18,9} = 0,48$$

де δ_n – товщина покриття, мкм; d_m – густина металу покриття, г/см³; V_c – катодний вихід за струмом (доля одиниці); K_e – електрохімічний еквівалент, г/А·год; i_k – середня катодна густина струму, А/дм².

Таблиця 3.8 – порівняльна характеристика технічних показників

Показник	Тетрафторборатний ел-т	Ціанідний ел-т
Шліфування деталі	-	-
Обезжирювання деталі	+	+
Травлення деталі	+	+
Активація поверхні	+	+

Підігрів електроліту	-	+
Освітлення	-	-
Нанесення олово-кадмієвого покриття	+	+
Швидкість осідання	0,48 мкм	0,48 мкм
Вихід за струмом	90%	90%

Нанесення олово-кадмієвого покриття з тетрафторборатного електроліту на сталеві деталі здійснюється за технологічною схемою, що складається з операцій наведених в таблиці 2.

Таблиця 3.9 - Класифікація виробничих процесів

Вид виробничого процесу	Найменування операції	Тривалість, хв
1	2	3
Основні	1. Завантаження деталей;	5
	1. Знежирення хімічне;	5
	3. Промивання тепле;	0,5
	4. Промивання холодне;	0,5
	5. Травлення хімічне;	20
	6. Промивання холодне;	0,5
	7. Активація;	1
	8. Помивання дистводою;	0,25
	9. Осадження сплаву;	23
	10. Уловлювання;	0,1
	11. Промивання холодне;	1,5
	12. Промивання тепле;	0,5
	13. Сушіння;	8
	14. Вивантаження;	2

	Загальна тривалість	67,85
Допоміжні	Упакування та відправлення продукції на склад.	

Час обробки деталей не змінився. Ритм синхронізованого ВРПП залишається той самий:

$$N_{\text{завант}} = 36 = \frac{T_{\text{В.Ц.}}^{\text{синх}} + R - \sum_{i=1}^{18} t_i}{R} = \frac{16 \cdot 60 + R - 67,85}{R}$$

Звідки знаходимо ритм $R = 25$. Перевірка:

$$N_{\text{завант}} = \frac{T_{\text{В.Ц.}}^{\text{синх}} + R - \sum_{i=1}^{18} t_i}{R} = \frac{16 \cdot 60 + 25 - 67,85}{25} = 36 \text{ разів,}$$

$$V_{\text{пар}}^{\text{Річ}} = 36 \cdot 250 \cdot 0,75 = 6750 \text{ м}^2$$

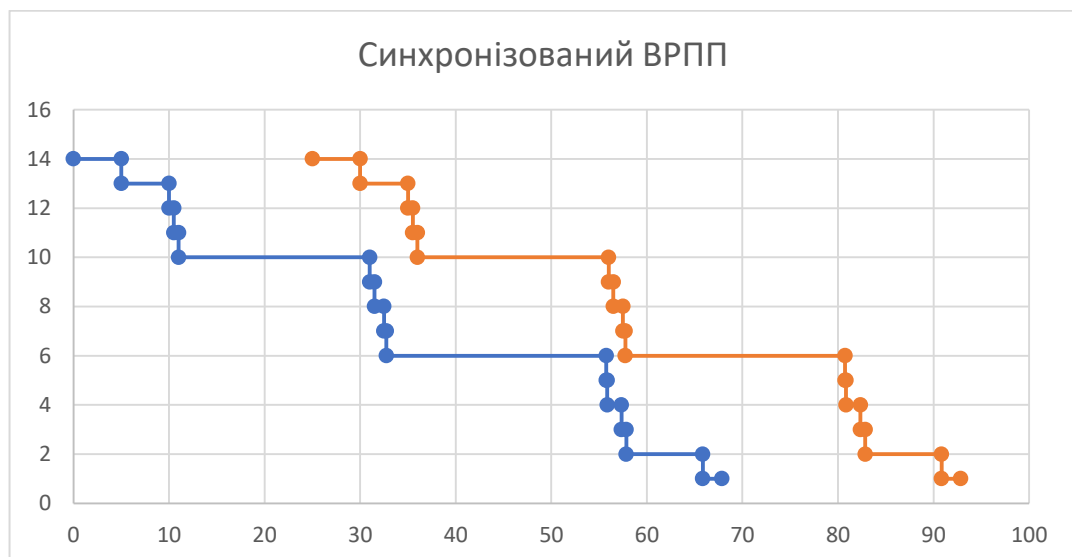


Рисунок 4 - Графік синхронізованого ВРПП

Порахуємо нові річні оборотні фонди:

Таблиця 3.10 – порівняльна таблиця калькуляції оборотних фондів для тетрафторборатного та ціанідного електролітів.

Тetraфторборатний	Ціна	Витрат на рік	Вартість, грн	Ціанідний	Ціна	Витрат на рік	Вартість, грн
Тetraфторборат кадмію	290 грн/кг	245 кг	73660	Ціанід кадмію	1500	10	15000
Тetraфторборат олова	240 грн/кг	33 кг	7920	Станат натрію	750	60	54000
Амоній тетрафторборатний	94	55	5170	Ціанід натрію	830	100	83000
Тetraборфторидна кислота	200	60	12000	Гідроксид натрію	60	28	1680
Клей столярний	13	3,1	40,3	-	-	-	-
Гідроксид натрію	100	164	16400	Гідроксид натрію	100	164	16400
Карбонат натрію	30	309	92700	Карбонат натрію	30	309	92700
Фосфат натрію	240	226,5	54360	Фосфат натрію	240	226,5	54360
Силікат натрію	15	144	2160	Силікат натрію	15	144	2160
Хлоридна кислота	10	309	3090	Хлоридна кислота	10	309	3090
Борна кислота	52	19	988	Борна кислота	52	19	988
Іггібітор	420	3	1260	Іггібітор	420	3	1260
Вода	25,38 грн/м3	76,37 м3	1 938,3	Вода	25,38 грн/м3	76,37 м3	1 938,3
Електроенергія	2,30 грн/кВт	3,6 кВт	33120	Електроенергія	2,30 грн/кВт	3,6 кВт	33120
Всього			304 806,6	Всього			359693,3

Ціанідні електроліти потребують більших витрат на закупку сировини, тому це вплинуло на оборотний фонд.

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 3.11 калькуляція продукції

№	Елементи	Витрати		% від собівартості
		На річну програму, грн/рік	На одиницю продукції, грн./м ²	
1	Амортизація	53950	8,1	2,9
2	Оборотні фонди	359693,3	54,3	19,7
3	Заробітна плата виробничого та невиробничого персоналу	1033600	155,9	56,5
4	Нарахування на заробітну плату	227392	15,5	12,4
5	Нематеріальні активи	150000	22,6	8,2
6	Затрати на ремонт	6160	0,9	0,3
7	Виробнича собівартість	1830795,3	276,1	100
8	Невраховані витрати	366159,1	55,2	20

Повна собівартість розраховується з урахуванням неврахованих витрат, які складають 20% від виробничої собівартості.

$$C_{\text{неврах. витр.}} = 0,2 \cdot C_{\text{вир}} = 0,2 \cdot 1830795,3 = 366159,1 \text{ грн/рік}$$

$$C_{\text{цехова}} = C_{\text{вир}} + C_{\text{неврах}} = 1830795,3 + 366159,1 = 2196954,4$$

$$C_{\text{заводська}} = C_{\text{цехова}} \cdot 1,8 = 2196954,4 \cdot 1,8 = 3954517,92 \text{ грн/рік}$$

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Розрахуємо економічний ефект річної програми від впровадження нового електроліту:

$$\begin{aligned} \text{ЕФФ} &= C_{\text{тетрафторборатний}} - C_{\text{ціанідний}} = 2\,904\,735,6 - 3\,954\,517,92 = \\ &= -1\,049\,782,32 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Таблиця 3.12 – порівняння покриттів.

Показник	Тetraфторборатний ел-т	Ціанідний ел-т
Розсіювальна здатність	40%	42%
Якість покриття	Щільні, рівномірні.	Щільні, рівномірні.
Стабільність електроліту	Досить стабільний, потребує контролю рН та густини струму, для стабільної якості покриттів.	Потребує контролю рН та густини струму, має токсичні виділення
Собівартість покриття грн/м ²	438,12	596,5

Висновок: При заміні електроліту ми отримуємо збільшення грошових витрат на оборотні фонди, що є економічно не вигідно. Час на обробку деталей не збільшується, кількість обладнання залишається та сама.

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		66

РОЗДІЛ 4 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.

У даному дипломному проєкті для організації автоматичної лінії гальванічного нанесення олово-кадмових покриттів і автоматичного підтримання значень технологічних параметрів заданих технологічним режимом вводиться система контрольно-вимірювальних пристроїв та засобів регулювання. Автоматичне управління процесом нанесення гальванічного покриття забезпечується як з центрального пульта управління, так і з місця установки приладів.

Мета автоматизації даного виробництва – нанесення олово-кадмієвого 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 4.1.

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

					ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ	Арк
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 4.1– 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 олово-кадмування, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	рівень	0,8...0,85 м	контроль регулювання сигналізація
2	Стадія олово-кадмування замір параметру проводиться в баці з електрлітом	рівень	0,7...0,75	контроль
3	Стадія олово-кадмування, замір параметру проводиться в баці з розчином кислоти	рівень	0,7...0,75	контроль
4	Стадія олово-кадмування, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	сила струму	91 А	контроль
5	Стадія олово-кадмування, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	напруга на ванні	1,79 В	контроль регулювання
6	Стадія олово-кадмування, замір параметру проводиться в електролітичній ванні	pH	2-2,5	контроль регулювання

Для регулювання рівня використовується передавальний перетворювач рівня з пневматичним вихідним сигналом (1 – 1, 3 – 1, 4 – 1). Даний прилад

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

призначений для неперервного перетворення рівня рідини в пропорційний сигнал дистанційної передачі – пневматичний. Також використовується вторинний прилад із дистанційним керуванням (3 – 2, 4 – 2) і регулювальний блок (3 – 3), в якості виконавчого механізму застосовано мембранний пневмопривід.

Контроль рН електроліту виконується за допомогою сигналу з концентратоміра (2-1), сигнал якого надходить на вторинний автоматичний індикаторний показувальний, реєструвальний прилад (2-3).

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

Специфікація на використані технічні засоби наведена у додатку Б.

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
						<i>69</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

З технологічної частини проекту видно, що у гальванічному цеху при нанесенні сплаву олово-кадмій в обігу є пожежонебезпечні та шкідливі речовини і матеріали. Залишки виробництва мають такі ж властивості. У проекті використовуються різні види енергії: тепла, електрична і механічна.

Для забезпечення транспортування передбачено використання безрейкових ТЗ (електрокари, електронавантажувачі), а також конвеєрний і трубопровідний транспорт. Проект виконано з урахуванням вимог з охорони праці.

На основі аналізу шкідливих і небезпечних факторів для покращення умов праці було розроблено ряд заходів.

5.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектному 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

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

Період року	Категорія робіт	Температура, °C						Відносна вологість %		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	допустима				Оптимальна	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж	Оптимальна, не більш ніж	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж	
			Верхня межа		Нижня межа						
			На робочих місцях								
постійних	непостійних	постійних	непостійних								
Холодний	Середньої тяжкості	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	Не більш ніж 0,4	
Теплий		20-22	27	29	16	15	40-60	70 (при 25°C)	0,3	0,2-0,5	

В таблицю 5.2 представлено коротку санітарну характеристику цеху.

Таблиця 5.2 – Коротка санітарна характеристика підприємства

Назва виробничої дільниці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Гальванічна дільниця, хіміко-гальванічна лінія, ванна гальванічного нанесення сплаву олово-кадмій	Дільниця коректування ємкості для приготування електролітів	Фтористоводнева кислота, випаровування, пролив	Задушливої і загальнотоксичної дії з вираженим припикаючим ефектом Подразнює шкіру та слизові оболонки, викликає опіки	10	0,05	Рукавички гумові ГОСТ 20010-74 Респіратор РПГ-67, Патрон марки В, окуляри, захисний комбінезон	При попаданні на шкіру промити водою, далі обробити 2% р-м Na ₂ CO ₃	При попаданні на шкіру промити водою, обробити 2-3% р-м соди або фурациліном (1:500). При вдиханні – свіже повітря, промити дихальні шляхи 2% р-м соди, закапати в ніс краплі 2%-го ефедрину	IV	IV	3б
Борна кислота, випаровування, пролив	Фтористоводнева кислота, випаровування, пролив	Фтористоводнева кислота, випаровування, пролив	Задушливої і загальнотоксичної дії з вираженим припикаючим ефектом Подразнює шкіру та слизові оболонки, викликає опіки	10	0,05	Рукавички гумові ГОСТ 20010-74 Респіратор РПГ-67, Патрон марки В, окуляри, захисний комбінезон	При попаданні на шкіру промити водою, обробити 2-3% р-м соди або фурациліном (1:500). При вдиханні – свіже повітря, промити дихальні шляхи 2% р-м соди, закапати в ніс краплі 2%-го ефедрину	ХЖ-130 хроматограф рідинний, мікроколоночний	IV	IV	3б
Подразнює шкіру та слизові оболонки	Задушливої і загальнотоксичної дії з вираженим припикаючим ефектом Подразнює шкіру та слизові оболонки, викликає опіки	Задушливої і загальнотоксичної дії з вираженим припикаючим ефектом Подразнює шкіру та слизові оболонки, викликає опіки	Задушливої і загальнотоксичної дії з вираженим припикаючим ефектом Подразнює шкіру та слизові оболонки, викликає опіки	10	0,05	Рукавички гумові ГОСТ 20010-74 Респіратор РПГ-67, Патрон марки В, окуляри, захисний комбінезон	При попаданні на шкіру промити водою, обробити 2-3% р-м соди або фурациліном (1:500). При вдиханні – свіже повітря, промити дихальні шляхи 2% р-м соди, закапати в ніс краплі 2%-го ефедрину	ХЖ-130 хроматограф рідинний, мікроколоночний	IV	IV	3б
ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м ³	ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м ³	ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м ³	ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м ³	ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м ³	ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м ³	ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м ³	ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м ³	ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м ³	ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м ³	ГДК шкідливої речовини у повітрі робочої зони, мг/м ³	
Клас небезпечності шкідливої речовини	Клас небезпечності шкідливої речовини	Клас небезпечності шкідливої речовини	Клас небезпечності шкідливої речовини	Клас небезпечності шкідливої речовини	Клас небезпечності шкідливої речовини	Клас небезпечності шкідливої речовини	Клас небезпечності шкідливої речовини	Клас небезпечності шкідливої речовини	Клас підприємства згідно СН 245.71	Санітарна група виробничого процесу	
Засоби індивідуального захисту, тип, марка, ГОСТ	Засоби індивідуального захисту, тип, марка, ГОСТ	Засоби індивідуального захисту, тип, марка, ГОСТ	Засоби індивідуального захисту, тип, марка, ГОСТ	Засоби індивідуального захисту, тип, марка, ГОСТ	Засоби індивідуального захисту, тип, марка, ГОСТ	Засоби індивідуального захисту, тип, марка, ГОСТ	Засоби індивідуального захисту, тип, марка, ГОСТ	Засоби індивідуального захисту, тип, марка, ГОСТ	Засоби індивідуального захисту, тип, марка, ГОСТ	Засоби індивідуального захисту, тип, марка, ГОСТ	
Засоби допідприємної допомоги	Засоби допідприємної допомоги	Засоби допідприємної допомоги	Засоби допідприємної допомоги	Засоби допідприємної допомоги	Засоби допідприємної допомоги	Засоби допідприємної допомоги	Засоби допідприємної допомоги	Засоби допідприємної допомоги	Засоби допідприємної допомоги	Засоби допідприємної допомоги	
Метод контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Метод контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Метод контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Метод контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Метод контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Метод контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Метод контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Метод контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Метод контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Метод контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Метод контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	
Клас підприємства згідно СН 245.71	Клас підприємства згідно СН 245.71	Клас підприємства згідно СН 245.71	Клас підприємства згідно СН 245.71	Клас підприємства згідно СН 245.71	Клас підприємства згідно СН 245.71	Клас підприємства згідно СН 245.71	Клас підприємства згідно СН 245.71	Клас підприємства згідно СН 245.71	Клас підприємства згідно СН 245.71	Клас підприємства згідно СН 245.71	
Санітарна група виробничого процесу	Санітарна група виробничого процесу	Санітарна група виробничого процесу	Санітарна група виробничого процесу	Санітарна група виробничого процесу	Санітарна група виробничого процесу	Санітарна група виробничого процесу	Санітарна група виробничого процесу	Санітарна група виробничого процесу	Санітарна група виробничого процесу	Санітарна група виробничого процесу	

ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ

Арк

71

Змн.

Арк.

№ докум.

Підп.

Дата

Ванна активації	Ванна електрохімічного знежирення	Гальванічна дільниця, хіміко-гальванічна лінія, ванна гальванічного нанесення сплаву олово-кадмій	Гальванічна дільниця, хіміко-гальванічна лінія, ванна гальванічного нанесення сплаву олово-кадмій	1
Хлоридна кислота, випаровування, проливання	Луг, випаровування, пролив	Аміак тетрафторборатний	Солі кадмію (олова), чистка анодних і катодних штанг	2
Подразнює верхні дихальні шляхи, викликає хімічні опіки	Подразнює шкіру та слизові оболонки, викликає опіки	Подразнює шкіру та слизові оболонки, викликає опіки	Загально-токсичні. Викликають зміни в реактивній здатності організму	3
2	0,5	0,5	0,01 (2)	4
3	2	2	1	5
Респіратор класу А, захисні окуляри, халат	Рукавички Гумові, респіратор РПГ-67	Рукавички гумові, респіратор РПГ-67, окуляри, захисний комбінезон	Рукавички гумові ГОСТ 210-74	6
Промити великою кількістю води, 2% розчином соди	При вдиханні парів дихати теплою водяною паром у воду додати трохи лимонної к-ти; дати кодеїн (0,015г). При попаданні на шкіру промити водою, примочки 5% р-м оцту або лимонної к-ти.	При вдиханні парів дихати теплою водяною паром у воду додати трохи лимонної к-ти; дати кодеїн (0,015г). При попаданні на шкіру промити водою, примочки 5% р-м оцту або лимонної к-ти.		7
ХПІ-1 СДК-3 IV 3б	ХПІ-1 СДК-3 IV 3а	ХГА хроматограф газовий аналітичний "АГАТ"	ХГА хроматограф Газовий аналітична «АГАТ»	8
		IV	IV	9
		3б	1а	10

В холодний період в цеху для забезпечення оптимальних умов праці використовується центральна система опалення (однотрубна з нижнім підведенням). Також в цеху передбачається використання механічної та природної вентиляції.

Для того, щоб холодне повітря взимку не потрапляло в зону робочих місць, передбачено встановлення повітряно-теплових завіс.

Починаючи з висоти 1,2 м від рівня підлоги в літній період відкривають вікна. Пристрої для отримання повітря в цех розташовуються нижче за отвори для витоків повітря, тобто вони знаходяться на висоті 2 м від поверхні підлоги.

Технологічний процес має значну кількість ванн з концентрованими розчинами і з промивками. У ваннах з концентрованими розчинами використовують бортові відсмоктувачі. Також з верхніх зон приміщення передбачено загальну витяжну систему. Розрахувавши загальний приплив повітря можна уникнути перевищення граничної норми концентрації парів, газів і отруйних виділень.

До вентиляційної системи висувають ряд вимог: ванни з леткими і шкідливими розчинниками і розчинами включаються у вентиляційну мережу раніше інших, тобто вони розташовані ближче до вентилятора, за ними поміщають ванни знежирення в лужних розчинах [11].

Витяжна система має верхню розводку, труби прокладені уздовж стін на висоті 3,5-4 м від підлоги і мають нахил у бік ванн для видалення концентрату з вентиляційних кожухів. Кратність повітрообміну $K = 5 \text{ ч}^{-1}$. Для надійного функціонування вентиляції, надходження повітря буде переважати. У холодну пору року компенсація повітря, що видаляється місцевою вентиляцією і обмінною вентиляцією на 98% здійснюється за рахунок механічного припливу повітря з його підігрівом. Об'єм повітря, що відводиться, на 10 - 15% більше об'єму повітря, що надходить.

У приміщенні діятиме витяжна загальнообмінна механічна вентиляція, яка забезпечує циркуляцію повітря. Через наявність парів кислот схема організації повітрообміну при загальнообмінній вентиляції обрано «згори - донизу». Також у

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

разі аварійної ситуації передбачена аварійна вентиляція, яка вмикатиметься як від датчиків газосигналізаторів налаштованих на величину ГДК контрольованих речовин, так і у ручну. Кратність повітрообміну для аварійної вентиляції 8 ч⁻¹ разом з робочою.

5.1.2 Виробниче освітлення

У гальванічному цеху, робота, яка виконується, згідно ДБН В.2.5-28:2018, відповідає IV розряду. У проектуваному об'єкті застосовується природне, штучне, суміщене освітлення. У світильниках місцевого освітлення використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ-40 [11].

Норми освітлення приміщень приведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Норми освітлення приміщень

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір розпізнаваного об'єкту, мм	Розряд зорової роботи	Штучне освітлення		Природне освітлення		Суміщене освітлення	
			Освітленість, лк		КЕО %			
			При комбінованому освітленні	При загальному освітленні	При верхньому або комбінованому освітленні	При бічному освітленні	При верхньому або комбінованому освітленні	При бічному освітленні
Середньої точності	0,5 – 1,0	IV	750 – 300	300–150	4	1,5	2,4	0,9

Проектом передбачено аварійне освітлення, яке характеризується освітленістю підлоги не менше 5% від нормованої, але не менше 2 лк за всією площею. Один раз на 4 місяці проводиться перевірка справності світильників, що приєднані до незалежного джерела живлення. Для аварійного освітлення передбачаються лампи розжарювання типу В або Б і люмінесцентні типу ЛДЦ. Після заміни світильників та після кожного ремонту освітлювальних установ проводиться контроль освітлення з допомогою люксметру Ю-116.

Розраховуємо потужність освітлюваного пристрою та кількість світильників на ділянці гальваніки з розмірами 3x10 м при умові створення на робочому місці

загальної рівномірної освітленості в 250 лк. Світильник типу ЛПО02 з чотирма лампами ЛБ-40, потужністю 40 Вт кожна. Коефіцієнт запасу $K_3 = 1,8$ В приміщенні дільниці побілка світла ($\rho_{\text{стелі}} = 70\%$, $\rho_{\text{стін}} = 50\%$, $\rho_{\text{підлоги}} = 10\%$).

Питома потужність при заданих параметрах – $p_{\text{табл}} = 6,4 \text{ Вт/м}^2$. Це значення відповідає $K_3 = 1,5$, а обране значення становить $K_3 = 1,7$, вводимо поправку:

$$p = 6,4 \cdot \frac{1,8}{1,5} = 7,7 \text{ Вт/м}^2$$

Проводимо розрахунок питомої потужності з врахуванням заданої нормованої освітленості:

$$p = 7,7 \cdot \frac{250}{100} = 19,25 \text{ Вт/м}^2$$

Потужність освітлювальної установки дільниці P_d становитиме:

$$P_d = p \cdot S = 19,25 \cdot 3 \cdot 10 = 577,5 \text{ Вт}$$

Число світильників на дільниці становить:

$$N = \frac{P_d}{n \cdot P_l} = \frac{577,5}{4 \cdot 40} = 3,6$$

де, n – число ламп у світильнику, P_l – потужність однієї лампи.

Приймаємо 4 світильники (2 ряда по 2 в кожному)

5.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрації

У цеху є різні механічні установки, які генерують шум та вібрацію. Згідно ДСН 3.3.6.037-99, фактичний шумовий рівень в цеху не повинен перевищувати 80 дБА. Фактичне значення сягає 76-80 дБА, що задовольняє вимогам нормативу.

Для мінімізації шумового фону при монтуванні електродвигунів використовують прокладки з матеріалу, який дозволяє забезпечити зменшення шуму, а також двигуни ховають в шумоізолюючі кожухи.

Для виконання стін у приміщенні, в яких розміщені вентиляційні установки, використовують звукопоглинаючий матеріал. Всі генератори і випрямлячі забезпечуються шумоізолюючим матеріалом. Для працівників, що працюють в місцях з найвищим рівнем шуму виділяються шумопоглинаючі

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

наушники. Для захисту від вібрації використовується віброізоляція (зниження рівня вібрації об'єкту, методом зменшенням коливань, що передаються від їх джерела).

5.1.4 Електробезпека

За ступенем ураження людини електричним струмом приміщення гальванічних цехів відносяться до класу особливо небезпечних.

Основними причинами ураження електричним струмом є дотик до струмоведучих елементів устаткування, які опинилися під напругою в результаті порушення ізоляції, а також ураження кроковою напругою або через електродугу.

Живлення електрообладнання за проектом передбачено від трифазної чотирьохпровідної мережі змінного струму промислової частоти з глухозаземленою нейтраллю, напругою 380/220 В.

Місцями ураження електричним струмом у гальванічному цеху є випрямлячі, струмопровідники, струмопровідні частини шини, а також металевий корпус лінії. Перехід напруги мережі 220В в ланцюг живлення гальванічної лінії в результаті порушення цілісності ізоляції може стати причиною ураження.

Для забезпечення електробезпеки в цеху для електричного устаткування використовують ізолюючі кожухи. Також важливим фактором є надійність ізоляції проводів, яка контролюється пристроєм УАКИ.

Допустимі значення струму і напруги:

- у нормальному режимі роботи:

$I_{л} = 0,3 \text{ мА}$ і $U_{пр} = 2 \text{ В}$, при часі дії до 10 хв/добу;

- у аварійному режимі роботи:

$I_{л} = 6 \text{ мА}$ і $U_{пр} = 36 \text{ В}$, при контакті більше 1 с.

Одночасний контакт з металевим корпусом електроустаткування і заземлених газових і водопровідних комунікацій може спричинити найтяжче ураження струмом.

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Найпоширеніші два випадки замикання ланцюга струму через тіло людини: контакт одночасно двох провідників (двофазне) і контакт лише одного провідника (однофазне). Однофазний дотик на відміну від двофазного зустрічається частіше, при цьому прикладається лінійна напруга, яка не призводить до небезпечних для життя випадків.

Струм, який проходить через людину в цьому випадку, складе:

$$I_{л} = \frac{U_{ф} \cdot 10^3}{R_{л} + R_0} \text{ мА}$$

де $U_{ф} = 220 \text{ В}$ – фазна напруга, В; $R_{л} = 2000 \text{ Ом}$ – опір тіла людини; $R_0 = 4 \text{ Ом}$ – опір нейтралі заземлення, Ом.

$$I_{л} = \frac{220 \cdot 10^3}{2000 + 4} = 109,8 \text{ мА}$$

При цьому напруга дотику складе:

$$U_{дот} = I_{л} \cdot R_{л} = 0,1098 \cdot 2000 = 219,6 \text{ В}$$

Робимо висновок, що отримані значення струмів перевищують гранично допустимі, згідно ГОСТ 12.1.038-82, а отже при порушенні вимог ПУЕ, в цеху можливі електротравми з тяжкими наслідками.

З метою уникнення таких випадків проектом передбачено низку заходів і засобів: захисне заземлення, вирівнювання потенціалів та малі напруги, розподіл мереж, застосування працівниками діелектричних гумових рукавичок, інструменту з ізолюючими рукоятками і струмошукачі, гумових ізолюючих підставок.

5.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування устаткування

При обслуговуванні ванн знежирення і гарячого промивання особливо небезпечною може бути висока температура розчину. При експлуатації можливі наступні відхилення від нормального протікання процесів: потрапляння гарячого розчину на дерев'яний міст; одержання термічних опіків працівником; одержання забитих місць від можливого обвалу барабану при його демонтажу. Можливе

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

одержання травм, причиною яких може бути необережне поводження з автооператорною лінією де є відкриті обертові частини. Аварійний стан може виникнути у випадку відмови автоматики. Отримання хімічних опіків можливе внаслідок розливу кислот чи лугів.

Проектом передбачені ефективні заходи для захисту працюючих від травмування в небезпечних зонах, які полягають в наступному:

- встановлення огорожувальних пристроїв;
- мінімізація контакту з травмонебезпечними процесами за рахунок дистанційного керування;
- швидкість руху транспортних засобів у цеху становитиме не більше 5 км/ч;
- проведення періодичних технічних оглядів вантажопідійомних механізмів;
- розміщення попереджувальних плакатів для інформування працюючих про можливі небезпеки.

5.2 Пожежна безпека

Виникнення пожеж в цеху може бути спричинено:

- коротким замиканням між струмонесучими частинами обладнання (шини, електроди);
- розрядами статичної електрики, пошкодженням обладнання та електричної проводки;
- прямим ударом блискавки в об'єкт та заносом високих потенціалів через надземні і підземні металічні комунікації в цех.
- перевантаженням електроустаткування;
- утворенням займистої суміші водню з повітрям.

Для знешкодження пожежі передбачено стаціонарну систему пожежогасіння з повітряно-механічною піною та водопровідну мережу. Пожежні

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

крани розташовано один від одного на відстані 20 м і на висоті 1,35 м. Згідно ДБН В 1.1-7-2002, витрата води на гасіння пожежі усередині будівлі приймається з розрахунку на два струмені продуктивністю 2,5 м/с кожна.

На будівлі встановлено блискавковідвід, що забезпечує захист від прямого удару блискавки, згідно СН 305–77. Тип: вертикальний стрижньовий: $H = 100$ м, висота його зони захисту під землею $H_0 = 0,92 * 100 = 92$ м. Радіус зони захисту на рівні землі $r_0 = 1,5 * 100 = 150$ м. У цеху, окрім стаціонарної системи пожежогасінні, на дільницях є вуглекислотні та порошкові вогнегасники ОУБ-8-2 і ОПС-6 [11].

Для попередження перевантажень і короткого замикання в електричних мережах передбачено застосування плавких запобіжників і спеціальних автоматів, включених в мережу послідовно.

Устаткування протирається від забруднень, що може призвести до нагріву деталей, і як наслідок стати причиною пожежі. З метою запобігання механічних пошкоджень електроізоляції струмопроводників в небезпечних місцях, її прокладають в металорукавах.

Показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин і металів показано в додатку В

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

Гальванічні покриття використовуються практично у всіх галузях промисловості. Гальванічне виробництво є одним з великих споживачів кольорових металів і досить дорогих хімічних реактивів. Основний набір електролітів і технологічних розчинів можна вважати сформованим і найближчим часом навряд чи слід очікувати радикальних змін в області створення електролітів, які викликали б різкий стрибок у розвитку гальванотехніки.

Не дивлячись на істотні відмінності в технології металопокриттів різних виробів, всі вони створюють в процесі експлуатації відходи, які можуть перебувати в рідкому, твердому або газоподібному стані, представляючи собою різну ступінь небезпеки і токсичності для навколишнього середовища людини. Тільки орієнтовний об'єм утворення висококонцентрованих токсичних стічних вод гальванічного виробництва в Україні сягає 500 млн. м³ на рік. Джерелами забруднення навколишнього середовища в гальванотехніці є не тільки промивні води, але і відпрацьовані концентровані розчини. Скиди відпрацьованих розчинів за обсягом становлять 0,2-0,3% від загальної кількості стічних вод, а за загальним вмістом забруднень, що скидаються досягають 70%. Залповий характер таких скидів порушує режими роботи очисних споруд, призводить до безповоротних втрат цінних матеріалів.

Попадання неочищених або недостатньо очищених стічних вод та інших видів відходів, що містять кольорові метали, в водні об'єкти завдає шкоди народному господарству та навколишній природі не тільки через втрати компонентів, які використовуються у виробництві, а й внаслідок величезного негативного впливу на навколишнє середовище.

В наш час в суспільстві відбувається розуміння того, що подальший розвиток техніки і технології по шляху створення нових продуктів з новими якостями часто заходить у суперечність з умовами самого життя на землі, з нормальним функціонуванням природного середовища. Тому отримали розвиток

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
						<i>80</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

природоохоронні технології і в першу чергу для найбільш екологічно шкідливих виробництв, в тому числі гальванічного виробництва.

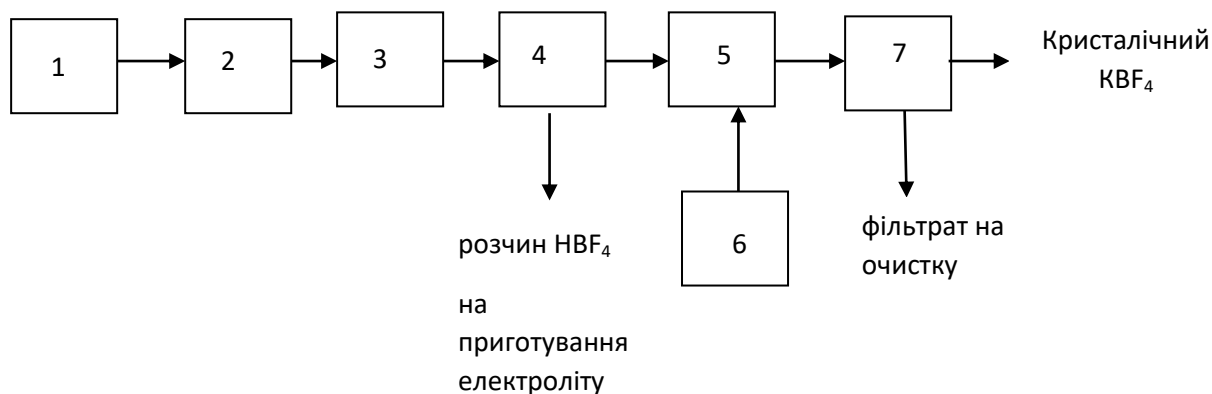
6.1 Утилізація олова та кадмію з ванни уловлювання

Для утилізації олова, кадмію та тетрафторборатної кислоти із ванни уловлювання її переобладнують в електрзолізер. У ванній уловлювання встановлюються анодна та катодна штанги, що після підключення до джерела постійного струму пропрацьовують електроліт при густині струму до $0,2 \text{ А/дм}^2$. В якості анодного матеріалу використовують «Плитка футеровочна гладка з графітопласту» марки АТМ-1 за ТУ 48-20-58-75, а ось для катодів хорошим матеріалом є відпрацьовані олово-кадмові аноди. При електролізі у ванні уловлювання-регенерації робоча густина струму становить $0,06 - 0,12 \text{ А/дм}^2$. Сам електроліз проводять періодично, з перервами, тому концентрацію кадмію знижують щоразу до $0,1 \text{ г/дм}^3$. В процесі експлуатації ванни концентрація тетрафторборатної та борної кислот збільшується. При досягненні певної концентрації кислот, розчин, що містить, крім кислот, невелику кількість металів і органічних добавок, направляють в резервуар (3), з механічною мішалкою. Для видалення органічних домішок з розчину в резервуар додають активоване вугілля марки ОУ-Э за ТУ 6-16-2408-80 в кількості $3-5 \text{ г/дм}^3$, та перемішують на протязі години. Після цього розчин тетрафторборатної кислоти відділяють за допомогою фільтрувальної установки (4).

Після фільтрування у резервуарі 4 розчин тетрафторборатної і борної кислот відправляються у випадку відповідності до показників концентрацій та чистоти для приготування електроліту, у випадку непридатності - на утилізацію, тобто він потрапляє в реактор-осаджувач (5). Цей реактор має конусне днище, та обладнаний рН-метром, двома відводами (на дні та на рівні $2/3$ об'єму реактора), механічною мішалкою та охолоджувачем. В реактор-осаджувач при безперервному перемішуванні з дозатора (6), додають 5Н розчин гідроксиду калію до досягнення величини рН 11,5. В наслідок чого утворюється осад калію

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

тетрафторборатного. Осад тетрафторборного калію на фільтрувальній установці (7) відділяють фільтруванням, промивають дистильованою водою і висушують. Фільтрат і воду, який використовують для промивання тетрафторборного калію, направляють на очищення.



1– ванна нанесення покриття олово-кадмій; 2 – ванна уловлювання-регенерації; 3 – резервуар (чи колонка) з активованим вугіллям; 4,7 – фільтрувальні установки; 5 – реактор-осаджувач; 6 – дозатор з 0,5 н розчином гідроксиду калію.

Рисунок 5.1 – Схема регенерації і утилізації компонентів електроліту для електроосадження покриття сплавом олово-кадмій.

6.2 Очищення стічних вод

Стічні води, що утворюються, у процесі електроосадження покриття олово-кадмій направляють на водоочисну станцію, де вони збираються в окремій ємності та піддаються очищенню.

Очищення проводять в реакторі-осаджувачі при рН 8,5 – 11 методом осадженням гідроксидом кальцію. В реактор-осаджувач, де знаходяться стічні води, додають вапняне молоко завдяки якому починається осадження гідрооксидів олова і кадмію, розкладання тетрафторборатів до фторидів і

осадження фториду кальцію. Все це проходить протягом 10 годин з безперервним перемішуванням (цей метод дає хороший результат лише у випадку сильно розбавлених вод). Осад що утворився фільтрують. У цих умовах відбувається ефективне розкладання тетрафторборатів, хоча ГДК металів і фториду (ГДК_{Sn} 0,1 мг/дм³, ГДК_F 1,5 мг/дм³, ГДК_{Cd} мг/дм³) не виконується. Остаточна концентрація фторидів і кадмію збільшуються зі збільшенням їх концентрації в стічних водах. Тому, фільтрат, що отриманий після відділення осаду гідроксидів металів і фториду кальцію, в кількості 40-45 мг на 1 мг фториду при рН 4,5-5,5, обробляється сульфат алюмінієм, зарахунок чого утворюється гідроксилфторидні комплекси алюмінію та кінцева концентрація фторидів у фільтраті становить 0,5-1,5 мг/дм³. Так проходить остаточне очищення фторидів до ГДК.

Окрім того, якщо загальні стоки підприємства за своєю кількістю перевищують більш ніж в 10 разів кількість фільтрату, його поєднують із загальними стоками без додаткового очищення. При такому розбавленні вміст металів і фторидів не буде перевищуватиме норми ГДК.

Після застосування у травленні хлоридної кислоти та лужних розчинів у хімічному знежиренні утворюються групи кислих та лужних стічних вод. Завдяки їх змішуванню проходить процес часткової нейтралізації стічних вод та для скиду чи повторного використання їх залишається лише провести коригування рН до допустимого значення за нормативно-технічними документами.

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		83

ВИСНОВКИ

У даному бакалаврському проєкті розроблений технологічний процес гальванічного нанесення сплаву олово-кадмій 9 мкм на сталеві гайки. Для цього передбачається використання гальванічної ванни барабанного типу.

У проєкті розроблений технологічний процес гальванічного нанесення сплаву олово-кадмій з використанням фторборатного електроліту. Цей електроліт має меншу токсичність на відміну від ціанідного та дозволяє отримати покриття з високим вмістом кадмію, так як метою є нанесення саме захистного покриття.

Для нанесення електролітичного покриття проєктом розроблено гальванічний процес продуктивністю 6630 м²/рік.

Було складено баланс струму, напруги та енергії гальванічної ванни барабану. Розраховано витрати матеріалів.

Розроблено схему автоматизації процесу нанесення сплаву, де з допомогою обладнання гальванічної ванни барабанного типу датчиками та приладами для контролю та регулювання величин параметрів, таких як: рівня електроліту у гальванічній ванні та баках з кислотою і електролітом, сили струму, напруги та рН було досягнуто автоматизації регулювання, контролю та сигналізації параметрів.

В економічній частині проєкту розрахована собівартість нанесення покриття, а також основні техніко-економічні показники цеху.

Також проведено аналіз умов праці робітників цеху, та було передбачено міри безпеки на робочому місці.

					ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ	Арк
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Федотьев Н.П., Бибииковв Н.Н., Вячеславав П.М., Грилихес С.Я. Электролитические сплавы. М. Машгиз. 1962. 312 стр. с илл.
2. Аверкин В.А. Электролитическое осаждение сплавов. Москва, 1961г, 218с.
3. Технологічні та енергетичні розрахунки з гальванотехніки при дипломному проєктуванні навчальний посібник. Для студентів спеціальності 7.091603 - ТЕХНІЧНА ЕЛЕКТРОХІМІЯ /Уклад. Л.А.Яцюк, В.П.Чвірук, В.Ф.Панасенко, І.Ф.Хірх-Ялан, Т.І.Мотронюк, М.І.Донченко, О.І. Букет, О.В. Лінючева – К.:НТУУ"КПІ", 2008. - 100с.
4. Ekilik, V. V., Berezhnaya, A. G., Gerashchenko, A. A., & Ekilik, G. N. (2009). Corrosion electrochemical behavior of tin-cadmium alloys in a sulfate solution. Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces, 45(7), 766–770. doi:10.1134/s2070205109070028
5. Вячеславов П. М. Электролитическое осаждение сплавов. Изд. 4-е, перераб. И доп. Л., (Машиностроение) (Ленингр. Отд-ние), 1977
6. Справочник химика. – Т.3. – М.–Л.: Химия, 1964. – 705 с
7. 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.
8. Лукінюк, М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами [у 2 кн.]. Кн. 1. 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

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	Арк
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

спорту України, НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 4,7 Мбайт). – Київ : Політехніка, 2012. – 336 с.

9. А.М.Когановский, Л.А.Кульский «Очистка промышленных сточных вод». – издательство «Техника», 1981.

10. Економіка, організація та управління хімічними підприємствами [конспект лекцій під ред. доц. Підлісної О.А.]/ Київ, 2019.

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

					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
						<i>86</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 Технологічна карта процесу

№ п/п	Назва	Операція	Назва компонентів	г/дм ³	Час, хв	t, °С	i _к , А/дм ²	Примітки
1	2	3	4	5	6	7	8	9
010	Завантаження	Завантаження деталей в барабан			5			
020	Знежирення хімічне		гідроксид натрію карбонат натрію фосфат натрію силікат натрію	25 50 15 2-3	5	70-90		
030	Промивання тепле		вода		0,25- 0,5	50-60		
040	Промивання		вода		0,25- 0,5	18-25		

Продовження таблиці А.1.

050	Травлення хіміче		Кислота хлоридна Інгібітор И-3-В	200-250 0,75	5-20	18-25		
060	Промивання		вода		0,25- 0,5	18-25		
070	Активація		HCl	50-100	0,5- 1,0	18 -25		
080	Промивання		Вода дистильована		0,15- 0,25	18-15		
090	Осадження сплаву кадмій олово		Cd(BF ₄) ₂ NH ₄ BF ₄ HBF ₄ H ₃ BO ₃ Клей столярний Sn(BF ₄) ₂	240-260 50-60 50-70 18-20 0,5-1 32-34	23	18-25	1,1	

Продовження таблиці А.1.

100	Уловлювання	Регенерація і утилізація олова, кадмію і тетрафторборатної кислоти	Непроточна вода		0,1	18-25	0,06 - 0,12	Проміжна ванна промивання, з якої розчин йде на вилучення компонентів гальванічним методом.
110	Промивання	Промивання холодною водою	Водопровідна вода		0,5-1,5	18-25		
120	Промивання	Промивання гарячою водою	Водопровідна вода		0,25-0,5	70-90		
130	Сушіння	Висушування деталей гарячим повітрям			5,0-8,0	70-90		При температурі 70°C сушіння виконувати до повного видалення вологи
140	Вивантаження	Вивантаження деталей з барабану			2			

Таблиця Б.1 Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

По-зиція 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, $P_{вх} = 0,02 - 0,1$ МПа	ФК 0071	2	АТ «Тизприбор», м. Москва
1 – 3	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,8 м	Щит керування	Регулятор пневматичний, пропорціонально- інтегральний, $P_{вих} = 0,02 - 0,1$ 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
2-1	рН	Електроліт, гальванічна ванна	2-2,5	Місцевий	Чутливий елемент рН- метра заглибного (магістрального) виконання з електродами скляними ЕСП-01-14 і регулятором тиску РДС-1; глибина занурення 1600 мм	ДПг- 4М	1	«Гомельський завод измерительных приборов», м. Гомель
2-2		Електроліт, гальванічна	2-2,5	Місцевий	Перетворювач високоомний; клас	П- 215М	2	«Гомельський завод

	рН	ванна			точності 1; Івих = 0...5 мА; цифрова індикація; інтерфейс RS-232/485			измерительных приборов», м. Гомель
2-3	рН	Електроліт, гальванічна ванна	2-2,5	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; Івх = 0...5 мА	A543	1	ЗАТ «Промышленная группа «Метран», м. Челябинск
2-4	рН	Електроліт, гальванічна ванна	2-2,5	Щит керування	Регулятор електронний, пропорційно- реєструвальний прилад, Івх = 0...5 мА	МІК-21	1	Підприємство «МІКРОЛ», м. Івано-Франківськ
2-5	рН	Електроліт, гальванічна ванна	2-2,5	Місцевий	Місцевий Перетворювач електропневматичний, Івх = 0–5 мА Рвих = 0,02–0,1 МПа	ПЕП-95 2	1	АТ «Саранский приборостроител ьный завод», м. Саранськ
2–6	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,8 м	Місцевий	Пневмопровід мембранний	B26-41	2	АТ «Тизприбор», м. Москва
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3 – 1	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,5 м	Місцевий	Рівнемір буйковий з пневматичним вихідним сигналом; Рвих = 0,02 – 0,1 МПа; діапазон температур:	УБ-П	1	ВО «Теплоприбор», м. Рязань

					(-50) ... +100 °C діапазон вимірювання: від 0,02 до 1 м, клас точності 1			
3 – 2	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,5 м	Щит керування	Регулятор пневматичний показувальний, сигналізаційний, Рвих = 0,02 – 0,1 МПа	ФР 0081	2	АТ «Тизприбор», м. Москва
4 – 1	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,5 м	Місцевий	Рівнемір буйковий з пневматичним вихідним сигналом; Рвих = 0,02 – 0,1 МПа; діапазон температур: (-50) ... +100 °C діапазон вимірювання: від 0,02 до 1 м, клас точності 1	УБ-П	1	ВО «Теплоприбор», м. Рязань
4 – 2	Рівень	Електроліт, електролітична ванна	0,5 м	Щит керування	Регулятор пневматичний показувальний, сигналізувальний, Рвих = 0,02 – 0,1 МПа	ФР 0081	2	АТ «Тизприбор», м. Москва
5 – 1	Сила струму та напруга	Електролітична ванна	I = 91 А U = 1,79 В	Місцевий	Агрегат випрямний для гальванічних ванн,	ВАК- 6300-	1	ЗАТ МДК «ЕЛАРП»

					$I_{\max} = 6300 \text{ A}, U_{\max} = 24 \text{ В}$	24У4		м. Москва
5 – 2	Сила струму та напруга	Електролітична ванна	$I = 91 \text{ A}$ $U = 1,79 \text{ В}$	Місцевий	Пульт дистанційного керування для випрямного агрегату ВАК-6300-24У4	ПДУ ВАК	2	ЗАТ МДК «ЕЛАРП» м. Москва

Таблиця В.1 – Показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин і металів.

Гальванічна ванна		1	Назва дільниці	
H ₂	Вініпласт	2	Речовини, що мають обіг у виробництві ГОСТ	
Газ	Тв.	3	Агрегатний стан речовини в нормальних умовах	
Легкогорюча	Важкозаймисті	4	Горючість, займистість	
132	–	5	Температура спалаху	Показники пожеж та вибухон
324	580	6	Температура займання	
57,5	580	7	Температура самозаймання	
47,5	–	8	% об'ємних	Межа за-па-лення
45–82,5	–	9	мг/м ³	
2с	–	10	Категорія	Вибухо-небезпе-чні суміші з повітрям
T1	–	11	Група	
Інертний газ	Вода, піна	12	Вогнегасні засоби	
В		13	Категорія приміщення за ОНТП 24–86	
2		14	Клас приміщення і зовнішніх установок згідно з ПУЕ	
2А		15	влаштуванню блискавкозахисту згідно з СН 305–77	

Продовження таблиці В.1.

Ізоляція	Поміст	1
Текстоліт	Дерево, гума	2
Тв.	Тв.	3
Важкогорюча	Горюча	4
	170	5
358	400	6
358	400	7
	-	8
	-	9
	-	10
	-	11
лекислий. СУБ-7, пісок, піна	Вода	12
В		13
2		14
2А		15

<i>Формат</i>	<i>Зона</i>	<i>Поз.</i>	<i>Позначення</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кіл.</i>	<i>При мітк и</i>
				<u>Документація</u>		
			<i>ДП ХЕ7103.1450.000</i>	<i>Пояснювальна записка</i>		
<i>А1</i>			<i>ДП ХЕ7103.1450.001 СК</i>	<i>Ванна гальванічна</i>	<i>1</i>	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		<i>1</i>	<i>ХЕ7103.1450.002</i>	<i>Корпус</i>	<i>1</i>	
		<i>2</i>	<i>ХЕ7103.1450.003</i>	<i>Опора анодна</i>	<i>4</i>	
		<i>4</i>	<i>ХЕ7103.1450.004</i>	<i>Опора для барабану</i>	<i>3</i>	
				<u>Деталь</u>		
		<i>4</i>	<i>ХЕ7103.1450.005</i>	<i>Штанга анодна</i>	<i>2</i>	
		<i>5</i>	<i>ХЕ7103.1450.006</i>	<i>Накладка струмопідвідна</i>	<i>5</i>	

					<i>Стандартні вироби</i>				
		6			<i>Гвинт М6-12 ГОСТ 17473-80</i>			10	
					<i>ДП ХЕ7103.1450.000 СК</i>				
<i>Зміни</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>		<i>Бодаш</i>			<i>Ванна гальванічна з ПП</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>	
<i>Перев.</i>		<i>Кушмирук</i>						<i>1</i>	
						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ХТФ, гр. ХЕ-71</i>			
<i>Н.Контр.</i>		<i>Букет</i>							
<i>Утв.</i>									

ДОДАТОК Д

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	При мітк и
				<u>Документація</u>		
AI			ДП ХЕ7103.1450.007 СК	Електролізер барабанний	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	ХЕ7103.1450.008	Редуктор	1	
		2	ХЕ7103.1450.009	Електродвигун	1	
		3	ХЕ7103.1450.010	Барабан	1	
		4	ХЕ7103.1450.011	Площадка контактна	1	
		5	ХЕ7103.1450.012	Кожух	1	
				<u>Деталі</u>		
		6	ХЕ7103.1450.013	Колесо зубчате	1	
		7	ХЕ7103.1450.014	Захоплювач	2	
		8	ХЕ7103.1450.015	Опора	2	
		9	ХЕ7103.1450.016	Тримач конусоподібний	2	
		10	ХЕ7103.1450.017	Струмопідвід	2	
		11	ХЕ7103.1450.018	Втулка	2	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		12		Болт М16х1,25 60.109.40Х.О16 ГОСТ 7798 -70	12	
		13		Шайба 16 ГОСТ 6402 - 70	12	
		14		Болт М10х1,25 60.109.40Х.О16		

					<i>ГОСТ 7798 - 70</i>		<i>18</i>	
		<i>15</i>			<i>Гайка М10.6.016 ГОСТ 5927 - 70</i>		<i>18</i>	
		<i>16</i>			<i>Шайба 10 ГОСТ 6402 - 70</i>		<i>18</i>	
					<i>ДП ХЕ7103.1450.001 СК</i>			
<i>Змі н</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб</i>		<i>Бодаш</i>			<i>Електролізер барабанний</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арку ш</i>	<i>Арку шів</i>
<i>Перев.</i>		<i>Кушмирук</i>						<i>1</i>
<i>Н.Кон тр.</i>		<i>Букет</i>				<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ХТФ, гр. ХЕ-71</i>		
<i>Утв.</i>								