

ЗМІСТ

Вступ		11
1	Обґрунтування та вибір способу і технологічної схеми виробництва	13
2	Характеристика продукції, сировини, допоміжних матеріалів, енергетичних носіїв	21
3	Характеристика і обґрунтування прийнятого методу виробництва. Хімізм та теоретичні основи і обґрунтування норм технологічних режимів	25
4	Опис технологічної схеми виробництва	35
5	Витратні коефіцієнти з сировини, напівпродуктів, допоміжних матеріалів та енергоносіїв	38
5.1	Розрахунок матеріального балансу виробництва	38
5.2	Розрахунок енергетичного (теплого) балансу виробництва	39
5.3	Розрахунок витратних коефіцієнтів	41
6	Характеристика технологічного обладнання	42
6.1	Розрахунок та вибір реактору	42
6.2	Розрахунок корпусу апарата Ошибка! Закладка не определена.	
6.3	Розрахунок днища і кришки корпусу Ошибка! Закладка не определена.	
6.4	Розрахунок рубашки апарату Ошибка! Закладка не определена.	
6.5	Визначення максимальної маси апарату Ошибка! Закладка не определена.	
6.6	Розрахунок та вибір допоміжного технологічного обладнання Ошибка! Закладка не определена.	

	7	Автоматичне регулювання та контроль виробництва	ХН-31 1440 000 ПЗ	43
	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.	Воронова А.С.			
Перев.	Іваненко І.М.			
Н. контр.	Супрунчук В.І.			
Затв.	Толстопалова Н.М.			
Виробництво електрокаталізаторів для паливних елементів				Лит. 8 Листів 117
				КПІ ім. І. Сікорського, ХТФ, гр. ХН-31

7.1	Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації та обґрунтування задач автоматизації	43
7.2	Опис розробленої схеми автоматизації	45
8	Економіко-організаційні розрахунки	47
8.1	Класифікація виробничих процесів	49
8.2	Оптимальний вид руху предмету праці	50
8.3	Розрахунки для обраного ВРПП	58
8.4	Чисельність явочна і за списком	60
8.5	Порядок технічного контролю на виробництві	62
8.6	Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва	64
8.7	Калькуляція на вид продукції	67
8.8	Розрахунок техніко-економічних показників підприємства	69
8.9	Розрахунок точки беззбитковості	70
9	Охорона праці	72
9.1	Виявлення та аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектуваному об'єкті. Заходи з охорони праці	72
9.2	Виробниче освітлення	79
9.3	Захист від виробничого шуму та вібрації	81
9.4	Електробезпека	82
9.5	Безпека технологічних процесів і устаткування	84
9.6	Пожежна безпека	85
10	Екологічна безпека виробництва	87

10.1	Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються	87
10.2	Можливі варіанти екологізації відділення та обране рішення	88
10.3	Екологічний моніторинг та розрахунок екологічних платежів	90
	Висновки	92
	Перелік посилань	94
	Додаток А	118
	Додаток Б	122
	Додаток В	123

ВСТУП

Розробка і пошук альтернативних джерел енергії є нагальною задачею сучасності, оскільки саме вони здатні перешкоджати забрудненню навколишнього середовища, а також можуть забезпечити повну відмову від неекологічних видів палива. Одним із найбільш перспективних альтернативних джерел енергії є паливний елемент, так як він не вимагає постійної енергетичної підзарядки. Паливний елемент здатний до переробки і перетворення різних видів палива безпосередньо в електричну енергію.

Одним з найбільш перспективних вважається водневий паливний елемент. Використання водню в силових установках супроводжується значним виділенням енергії, а побічними продуктами роботи пристрою є чистий водяний пар або питна вода, які не несуть ніякої загрози навколишньому середовищу. Паливні елементи є автономним джерелом енергії, незалежним від викопних палив. Крім того, відсутність згоряння палива при високих температурах означає екологічну чистоту таких пристроїв. Крім високої продуктивності та ефективності, процес виробництва електроенергії в паливному елементі супроводжується мінімальним впливом на навколишнє середовище, що особливо важливо з огляду на серйозне погіршення загальної екологічної ситуації в сучасному світі.

Найбільш вагомим недоліком паливних елементів, який перешкоджає їх розповсюдженню є зависока вартість, левову частку якої складає вартість каталізатору. Для каталізу процесів окислення водню, а також відновлення кисню, що протікають в паливних елементах, зазвичай застосовується платина і метали платинової групи.

Висока вартість і дефіцитність металів роблять, проте, використання чисто металевих каталізаторів нерентабельним і вимагають зниження їх кількості при максимальній ефективності їх використання. Це досягається застосуванням і розробкою нових каталізаторів на носіях. Отже, важливою

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		11

задачею є пошук і розробка методу синтезу новітнього каталізатору із розповсюджених матеріалів з використанням доступного методу синтезу.

Нанокompозити «активоване вугілля – Ni-, Co-шпінелі» мають розвинену площу поверхні, і як наслідок можуть бути основою для нових електродних матеріалів та електрокаталізаторів паливних елементів. Тому встановлення взаємозв'язку між умовами їх отримання, структурно-адсорбційними характеристиками та електрокінетичними властивостями є актуальною науково-практичною задачею.

Таким чином, все сказане вище зумовлює актуальність теми бакалаврського проекту «Виробництво електрокаталізаторів для паливних елементів».

Метою даного бакалаврського проекту є обґрунтування методів виробництва каталізатору – Ni-, Co-шпінелі та електродів паливних елементів, розгляд фізико-хімічних основ обраних способів, розробка і обґрунтування технологічної схеми, розрахунок і вибір обладнання та допоміжних матеріалів та оцінка відділення виробництва електродів паливних елементів із напиленням каталізатору NiCo_2O_4 з економічної і екологічної точки зору та з точки зору охорони праці.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		12

1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ І ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

Паливний елемент являє собою електрохімічний пристрій для прямого перетворення хімічної енергії палива в електричну. Найважливішою перевагою паливного елемента перед використовуваними сьогодні системами для отримання енергії, що складаються з теплових машин і генераторів, є відсутність проміжного етапу перетворення хімічної енергії в теплову і механічну. Внаслідок цього ККД електрохімічних пристроїв не обмежений циклом Карно і може бути дуже високим (наприклад, до 70% для лужного паливного елемента). Паливні елементи є автономним джерелом енергії, незалежним від викопних палив. Крім того, відсутність згоряння палива при високих температурах означає екологічну чистоту таких пристроїв. Крім високої продуктивності та ефективності, процес виробництва електроенергії в паливному елементі супроводжується мінімальним впливом на навколишнє середовище, що особливо важливо з огляду на серйозне погіршення загальної екологічної ситуації в сучасному світі.

Крім цього, перевагами паливних елементів є [1]:

- це безшумні джерела енергії (паливний елемент сам по собі не має рухомих частин);
- можливість використання різних видів палива;
- широкий діапазон потужностей (від 1 до 10000 кВт);
- швидка реакція на змінні навантаження;
- висока надійність і безпека низькотемпературних пристроїв;
- модульна конструкція, що дозволяє відносно легко нарощувати потужність вже наявних енергетичних установок з ПЕ.

Найбільш часто ПЕ класифікують за типом електроліту як середовища для внутрішнього переносу іонів. Природа електроліту визначає робочу температуру ПЕ, від якої, в свою чергу, залежить вибір каталізатора і

допоміжних матеріалів. Розрізняють ПЕ п'яти основних типів [2], що розглядаються нижче.

В твердополімерних паливних елементах (ТППЕ) електролітом служить протонопровідна полімерна мембрана. В даний час існує декілька різних типів полімерних мембран – фторвмісний полімер на основі сульфокислот; мембрани на основі ароматичних полімерів (полієфіркетони, полісульфони, полієфірсульфони); мембрани на основі поліімідів, полівінілових спиртів. Найбільшого поширення набули перфторовані електролітні мембрани Nafion (фірма «Du Pont»). Важлива властивість таких мембран – висока протонна провідність в зволоженому стані, і тому для ефективної роботи ПЕ необхідно підбирати і дотримуватися режиму оптимального розподілу вологи (water management). Робоча температура – не вище 100 °С, паливом служить водень без домішки СО, для запобігання отруєння Pt каталізатора.

В лужних паливних елементах (ЛПЕ) в якості електроліту використовують концентрований розчин КОН, іммобілізований в азбестовій матриці. Залежно від вмісту лугу такий ПЕ може функціонувати в діапазоні температур від 65 °С (35-50 % мас. КОН) до 250 °С (~85 % мас. КОН). Каталізатором можуть служити благородні метали, Ni, складні оксиди. Лужні ПЕ необхідно оберігати від впливу СО і СО₂; перший, як і в попередньому випадку, є каталітичною отрутою, а другий взаємодіє з електролітом, змінюючи його склад.

В фосфорнокислотних паливних елементах (ФКПЕ) перенесення протонів від анода до катода здійснюється в концентрованому розчині фосфорної кислоти (85-100 % об.), закріпленому на носії з SiC. Робоча температура 150-220 °С забезпечує високу провідність електроліту. Каталізатором служить платина.

В карбонатно-розплавних паливних елементах (КРПЕ) електроліт являє собою розплав суміші карбонатів лужних металів в керамічній матриці з LiAlO₂. При температурі близько 600-700 °С цей розплав є хорошим

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		
						14

провідником CO_3^{2-} -іонів. Досить висока робоча температура дозволяє використовувати паливо в КРПЕ безпосередньо без будь-якої додаткової його підготовки, а нікель - в якості каталізатора.

В твердооксидних паливних елементах (ТОПЕ) електролітом є щільна керамічна мембрана з ZrO_2 . Для виникнення достатньої кисень-іонної провідності в цій фазі необхідний нагрів до температур 600-1000 °С. Окиснення палива (H_2 , CO , CH_4) відбувається на аноді, що представляє собою металокерамічний композит Ni/ZrO_2 або Co/ZrO_2 ; в якості катода використовують складні оксиди, які володіють електронною ($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_{3-\delta}$) або змішаною ($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_{3-\delta}$) провідністю.

Основні експлуатаційні характеристики ПЕ різного типу зведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Основні експлуатаційні характеристики ПЕ різного типу

Тип ПЕ	ТППЕ	ЛПЕ	ФКПЕ	КРПЕ	ТОПЕ
Температура, °С	80-100	65-250	150-220	600-1000	600-1000
Матеріал аноду	Pt/C, PtRu/C	Pt/C, Pt-Co/C	Pt/C, PtRu/C	Ni-Al, Ni-Cr	Ni, NiO
Матеріал катода	Pt/C	Pd/C Ni (Pt)	Pt/C, Pt-WO ₃ /C	NiO, LiFeO ₂	LaSrMnO ₃
електроліту	Полімерна мембрана (іономер)	КОН/ NaOH на носії	H ₃ PO ₄ на носії	LiKCO ₃ , LiNaCO ₃ на носії	ZrO ₂ , CeO ₂ , Y ₂ O ₃
Діапазон оптимальних потужностей, кВт	0,01÷100кВт	~ 100кВт	~ 100кВт	≥ 1 МВт	≥ 1 МВт
Ресурс, ч	до 2·10 ⁴	до 1·10 ⁴	до 5·10 ⁴	до 2·10 ⁴	до 6·10 ⁴

Найбільші успіхи були досягнуті в області мембранних паливних елементів (МПЕ). В даний час одними з найбільш перспективних паливних елементів для широкого застосування є твердополімерні (ТППЕ), що володіють високою щільністю потужності і досягли найвищої технологічної

готовності. Основна перешкода на шляху їх широкомасштабного використання – поки ще висока вартість в порівнянні з традиційними пристроями, що виробляють енергію.

Каталітичний шар, є однією з основних складових частин паливних елементів. Він являє собою тонкий (5-20 мкм) газопроникний шар, що містить дрібнодисперсний каталізатор з розвиненою поверхнею. З одного боку каталітичний шар примикає до протонопровідної мембрани, а з іншого боку – до газодифузійного шару.

Для каталізу процесів окислення водню, а також відновлення кисню, що протікають в паливних елементах, зазвичай застосовується платина і метали платинової групи.

Висока вартість і дефіцитність металів роблять, проте, використання чисто металевих каталізаторів нерентабельним і вимагають зниження їх кількості при максимальній ефективності їх використання. Це досягається застосуванням і розробкою нових каталізаторів на носіях. Однією з головних функцій носія є розвиток і стабілізація осаду каталізатору. Носій повинен бути дешевий, володіти електропровідністю і достатньою хімічною і електрохімічною стабільністю. Крім того, каталітичний шар повинен мати гарну газопроникність і забезпечувати хороший контакт з протонообмінною мембраною. Зазначеним вимогам задовольняють вуглецеві матеріали.

Для нанесення частинок каталізатору на вуглецевий носій застосовується безліч різних методів. Їх можна розділити на хімічні методи (просочення і осадження комплексів металів з подальшим відновленням) і фізичні методи (електрохімічне відновлення, магнетронне напилення і лазерна абляція). У методах магнетронного напилення та лазерної абляції напилення каталітичних шарів здійснюється шляхом вакуумного випаровування речовини-мішені з подальшим її осадженням на підкладку. Мішенню є каталізатор, а підкладкою – газодифузійний шар або мембрана. Напилення дозволяє наносити тонкі плівки каталізатора і отримувати високу каталітичну активність при низькому завантаженні. Важливо й те, що за

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		
						16

допомогою даних методів можна наносити каталізатор прямо на мембрану, а не на газодифузійний шар. При електрохімічному нанесенні проводять відновлення металу з розчину на пористому вуглецевому електроді [1].

Фізичні методи вимагають досить складного і дорогого апаратного оформлення, тому їх використання є обмеженим. Хімічні методи, навпаки, є простими і загальнодоступними, їх використовують в більшості досліджень що стосуються виробництва каталітичних шарів і дослідження їх властивостей. На першій стадії хімічного осадження проводять перемішування високодисперсного вуглецевого матеріалу спільно з розчином, що містить сполуки металів. Після осадження, або одночасно з ним, до отриманої суспензії додають відновник і таким чином отримують високодисперсні покриття (метод осадження), або висушують зважують і відновлюють отриманий матеріал в газовій фазі або шляхом термічного розкладання (метод просочення) [1].

Співосадження каталітично активного компонента і носія з подальшим висушуванням, кальцинуванням (нагріванням на повітрі) і відновленням призводить до формування пористого матеріалу, що володіє високою питомою площею поверхні. Цей метод дозволяє використовувати дешеві вихідні матеріали і забезпечує досягнення оптимальної каталітичної активності на одиницю об'єму каталізатора.

Метод просочення здійснюється шляхом введення в попередньо сформований і формований носій активної фази шляхом просочення його відповідними розчинами або осадженням з розчинів. Така процедура використовується в разі дорогих прекурсорів та при необхідності отримання каталітично активної фази у вигляді нанорозмірних частинок на носіях. Таким шляхом зазвичай отримують каталізатори з благородних металів.

Осадження з розчину є одним з найпоширеніших методів отримання каталізаторів, так як на стадіях осадження вдається досить надійно регулювати хімічний і фазовий склад, дисперсність і морфологію проміжних продуктів, з яких після термообробки отримують готові каталітичні системи.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		17

Метод осадження в промисловості використовується не тільки для приготування каталізаторів. З його допомогою отримують пігменти, солі, порошки металів і т.д.

Властивості одержуваних продуктів (фазовий склад, дисперсність, морфологія часток, пористість) залежать від цілого ряду технологічних параметрів осадження і старіння. У таблиці 1.2 наведені основні параметри, які можна регулювати в процесі осадження, і основні характеристики продукту, на які головним чином впливають ці параметри. В принципі, регулюючи параметри осадження, можна досить надійно управляти властивостями одержуваних сполук [1].

Таблиця 1.2 – Залежність властивостей сполук від основних параметрів осадження

Параметри процесу осадження	Характеристика осаду, особливості процесу
Концентрація і склад вихідного розчину	Фазовий і хімічний склад, чистота, швидкість осадження
pH осадження та старіння	Фазовий склад, кристалічність, дисперсність, морфологія, текстура, глибина осадження
Природа аніону осаджуваної сполуки	Фазовий склад, чистота, текстурні властивості
Осаджувач	Направленість процесу, морфологія, дисперсність, текстура, чистота
Температура	Фазовий склад, розмір часток, текстурні властивості
Добавки: ПАР, темплати	Фазовий склад, морфологія
Пересичення	Розмір частинок, швидкість осадження
Час старіння осаду	Розмір частинок, текстурні характеристики
Спосіб осадження	Фазовий і хімічний склад, однорідність осаду, морфологія, дисперсність
Швидкість перемішування	Склад, однорідність
Розчинник	Кристалічність, морфологія

Наприклад, рН осадження безпосередньо контролює ступінь пересичення розчину і визначає граничні умови початку і закінчення осадження. З цієї причини даний параметр можна вважати одним з критичних чинників процесу осадження.

Метод осадження досить універсальний. Він застосовується для синтезу як однокомпонентних, так і багатокомпонентних каталітичних систем, в тому числі що належать до класу нанесених каталізаторів. До недоліків методу можна віднести використання агресивних реагентів: кислот і лугів, і наявність великої кількості стічних вод та шкідливих викидів, які необхідно утилізувати.

Обрана технологічна схема забезпечує отримання газодифузійних електродів із мембранних електродних блоків для паливних елементів із мембраною з полімерних електролітів [2].

Технологічна схема реалізує спосіб отримання газодифузійного електрода, в якому суспензію активованого вугілля, спирту, води і тетрафторетиленової емульсії наносять у вигляді шару, на нетефлонізовану вуглецеву тканину. Вуглецева тканина із нанесеною суспензією нагрівається для видалення води. Потім висушену покриту вуглецеву тканину прокатують з подальшим нагріванням для видалення змочуючих агентів, присутніх в тетрафторетиленовій емульсії. На покриту вуглецеву тканину відбувається нанесення шару, що містить каталізатор за допомогою розпилювача. Потім покриту вуглецеву тканину охолоджують і знову прокатують, щоб отримати кінцевий продукт [2].

Обраний метод нанесення каталізатору шляхом розпилювального осадження володіє певними перевагами в порівнянні з іншими методами, такими як вакуумне осадження, електроосадження, екструзія та ін. Деякі з цих методів важко використовувати в промислових масштабах для виготовлення газодифузійних електродів з хорошою поверхневою провідністю, газопроникністю, однорідністю і довготривалою гідрофобною і гідрофільною стабільністю. Отже основною перевагою обраного методу

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		19

нанесення каталізатору є легкість реалізації. Цей метод нанесення каталітичного шару забезпечує хороший контакт між каталітичним шаром і газодифузійним шаром.

Також, на відміну від відомих способів отримання газодифузійних електродів, які вимагають просочення вуглецевої тканини тетрафторетиленом, даний спосіб не вимагає такого просочення. Шар тетрафторетилену на вуглецевій тканині, як виявлено, руйнується з плином часу [2]. В результаті гідрофобність шару зменшується з часом роботи паливного елемента. І, оскільки, просочення вуглецевої тканини тетрафторетиленом відсутнє, з плином часу не виникає питання про зміни гідрофобності.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		20

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ

Каталізатори збільшують швидкість реакції на кілька порядків і забезпечують їх проведення в більш м'якому термодинамічному режимі, при більш низьких температурах і тисках. Ці фактори в поєднанні з оптимізованими схемами реактора і виробництва в цілому грають ключову роль в зниженні капіталовкладень і ціни хімічного виробництва. Але це далеко не всі переваги каталітичних процесів.

Каталітичне прискорення реакцій дозволяє здійснювати промислово важливі реакції з високою ефективністю при прийнятних умовах. Каталітичні цикли часто можуть бути організовані так, що сировина використовується практично повністю при мінімальній кількості відходів. Тому не дивно, що хімічне виробництво в основній своїй масі засноване на каталізі: приблизно 85-90 % всієї продукції виходить в каталітичних процесах, і цей відсоток постійно збільшується [3].

Синтезовані різними способами та у різних умовах шпінелі, а також функціональні матеріали на їх основі мають широкий набір електричних, магнітних та окисно-відновних властивостей. Дані властивості визначаються такими факторами, як хімічний склад, розмір і форма частинок, тип кристалічної решітки тощо.

Електрокаталітичні процеси знайшли широке застосування при отриманні хімічних та фармацевтичних продуктів і лежать в основі роботи різних електрохімічних приладів. На сьогоднішній день актуальність таких процесів зростає у зв'язку з розробкою ресурсозберігаючих та екологічно безпечних джерел струму. Прогрес у розвитку електрохімічної енергетики значною мірою визначається успіхами в розробці активних і стабільних наноматеріалів для катодів і анодів паливних елементів. Необхідність створення електрокаталізаторів з високою питомою площею поверхні та активністю обумовлює актуальність роботи у напрямі вирішення перелічених

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		21

проблемних питань шляхом визначення раціональних параметрів синтезу Ni-, Co-шпінелей та ефективності їх застосування у різних електрокаталітичних та газофазових процесах.

Сьогодні паливні елементи розглядаються як реальна альтернатива джерел енергії, які працюють на викопних видах палива. Високий ККД, низький рівень шкідливих викидів, безшумна робота, портативність – це ті основні переваги паливних елементів, які виділяють їх серед інших альтернативних джерел енергії. Найбільшу зацікавленість викликають низькотемпературні паливні елементи на основі протонопровідних мембран, завдяки їх привабливим експлуатаційним характеристикам, наприклад, можливості їх використання в автомобілях і в портативній електроніці. Ключовий компонент таких паливних елементів – це мембранно-електродний блок, на аноді і катоді якого протікають каталітичні реакції окиснення палива і відновлення окисника, відповідно. Однак широке впровадження паливних елементів поки затримується через високу вартість електрики, що виробляється таким шляхом. У паливних елементах одними з найдорожчих компонентів є каталізатор і протонопровідна мембрана. У комерційно доступних паливних елементах в якості каталізатора використовується платина, яка є дорогою і мало поширеною. Тому розробка каталізаторів на основі Ni-,Co-шпінелі є актуальною науково-практичною задачею.

Однією з вихідних речовин виробництва є фторопласт або тефлон. В даний час використовується 4 основні різновиди фторопласта – політетрафторетилен (Ф4), політрифторхлоретилен (Ф3), полівініліденфторид (Ф2) і їх сополімери. Найбільш поширеним є фторопласт-4, що володіє найбільшою щільністю серед перерахованих різновидів [4]. Характеристики фторопластів наведені у таблиці 2.1

На основі порівняння характеристик фторопластів був обраний фторопласт 4 (політетрафторетилен).

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		22

Таблиця 2.1 – Характеристика фторопластів

Властивість полімеру		Фторо-пласт 44	Фторо-пласт 3	Фторо-пласт 2	Фторо-пласт 40
Густина, кг/м ³		2150–2240	2090–2160	1780	1700
Руйнівна напруга, МПа	Розтягнення	16–35	35–43	44–55	27–50
	Стиснення	10–12	55–60	—	50
	Згин	14–18	60–80	—	34
Темпера-тура, °С	Плавлення	270–327	210–215	150–175	265–275
	Склування	127	50	-30...-20	-90
	Розкладання	425	320	400	400
	Експлуатації	-260...260	-195...190	-45...150	-200...200
Питомий опір, Ом/м		10 ¹⁷ –10 ¹⁸	10 ¹⁵ –10 ¹⁷	10 ¹⁰ –10 ¹³	10 ¹⁶

Ще однією важливою вихідною сировиною є активоване вугілля, що використовується як при виробництві ГДШ, так і в якості носія для каталізатора.

Було обрано активоване вугілля АГ-2. Залежно від призначення виготовляється активоване вугілля АГ-2 двох марок, область використання яких зазначена у таблиці 2.2 [5].

Таблиця 2.2 – Марки активованого вугілля АГ-2

Марка	Область використання
А	Для отримання поглиначів та каталізаторів
Б	Для індивідуальних засобів захисту

За фізико-хімічними показниками активоване вугілля АГ-2 повинно відповідати вимогам і нормам, зазначеним у таблиці 2.3 [6].

Нормуються такі показники, як зовнішній вигляд, фракційний склад, масова доля вологи, міцність гранул на стирання, сумарний об'єм пор та динамічна активність за бензолом.

Таблиця 2.3 – Вимоги і норми до фізико-хімічних показників активованого вугілля АГ-2

Найменування показника	Норми для марки		Метод аналізу
	А	Б	
Зовнішній вигляд	Гранули циліндричної форми темно-сірого або чорного кольору без механічних домішок		Візуально
Фракційний склад, %: Масова доля залишку на ситі з полотном: № 28, не більше № 15, не менше № 10, не більше на піддоні, не більше	7 84,4 8 0,6	7 87,4 5 0,6	За ГОСТ 16187, ГОСТ Р 55961
Масова доля вологи, % не більше	5	5	За ГОСТ 12597, ГОСТ Р 55956
Міцність гранул на стирання, % не менше	73	73	За ГОСТ 16188
Сумарний об'єм пор, см ³ /г, не менше	0,6	Не нормується	За ГОСТ 17219
Динамічна активність за бензолом, не менше	45	56	За ГОСТ 17218

Було обрано активоване вугілля марки А, як таке, що за всіма нормованими показниками підходить для виробництва каталізатору та може бути використане у виробництва ГДШ.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА. ХІМІЗМ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ

Цільовою реакцією технологічної схеми виробництва електродів паливних елементів є реакція отримання каталізатору у формі Ni-,Co-шпінелі. У технології отримання шпінелей широко застосовують отримання їх полікристалічних порошоків із хімічно співосаджених сумішей гідроксидів, оксалатів, сульфатів та ін. Можна виділити, по меншій мірі, три різних способи синтезу шпінелей із співосаджених сумішей [3].

Сумісне осадження гідроксидів відповідних металів з наступним термічним розкладом.

Отримання водних сумішей солей відповідних металів з наступною дегідратацією та термічним розкладом.

Отримання твердих розчинів ізоморфних солей з наступним термічним розкладом.

Одним з поширених способів отримання багатокомпонентних каталізаторів є метод співосадження. Ще в ранніх роботах склалася думка, що при співосадженні досягаються: висока дисперсність осаджених компонентів, високий ступінь гомогенізації компонентів. Такий стан системи забезпечує велику швидкість і глибину твердофазної взаємодії компонентів при прокалюванні, що вкрай сприятливо в тих випадках, коли активним компонентом каталізатора є складні оксиди стехіометричного або нестехіометричного складу. Ще більшого прогресу вдається досягти, якщо взаємодія компонентів з утворенням хімічних сполук відбувається вже на стадії співосадження. Висока дисперсність і гомогенний розподіл вигідні також при отриманні нанесених каталізаторів [3].

На рисунку 3.1 схематично представлені основні технологічні операції і стадії отримання каталізаторів з використанням методу осадження. Для даного методу характерні стадії 2-5, що в значній мірі визначають

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		25

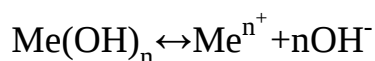
властивості готового продукту, інші є більш-менш загальними і для інших методів приготування. Хоча на схемі стадії осадження і старіння розділені між собою, на практиці дуже часто їх проводять в одному і тому ж апараті. Відмінності в маршрутах з індексами «а» і «б» обумовлені здатністю осаду до формування. По маршруту «а» формують пластичні пасти [4].



Рисунок 3.1 – Загальна схема отримання каталізатору методом осадження.

Осади, що погано формуються але добре кристалізуються, як правило, гранулюють методом таблетування порошків. Для цієї мети каталізатори після стадії прожарювання подрібнюють до тонкодисперсного стану. За наведеною на рисунку 3.1 схемою можна отримувати як оксидні, так і металеві каталізатори. В останньому випадку після стадії прожарювання слідує стадія високотемпературного відновлення [4].

Властивості одержуваних осадів (фазовий склад, дисперсність, морфологія часток, пористість) залежать від цілого ряду технологічних параметрів осадження і старіння. Наприклад, рН осадження безпосередньо контролює ступінь пересичення розчину і визначає граничні умови початку і закінчення осадження. З цієї причини даний параметр можна вважати одним з критичних чинників процесу осадження. Величину рН, що відповідає початку осадження гідроксиду, можна розрахувати виходячи з значень його добутоків розчинності. Рівновагу між гідроксидом та іонами, що знаходяться у розчині, можна записати у вигляді:



а константу рівноваги, з урахуванням того, що активність твердого компонента дорівнює одиниці, як:

$$K = a_{\text{Me}^{n+}} \cdot a_{\text{OH}^-}^n$$

або в наближенні ідеального розчину:

$$K = [\text{Me}^{n+}] \cdot [\text{OH}^-]^n$$

Як відомо, константа рівноваги такого процесу називається добутком розчинності K_L .

Для випадання гідроксиду в осад необхідно виконання нерівності:

$$[\text{Me}^{n+}] \cdot [\text{OH}^-]^n > K_L$$

або

$$\lg [\text{Me}^{n+}] + n \lg [\text{OH}^-] > \lg K_L$$

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		27

Замінюючи $\lg [\text{OH}^-]^n$ на $\lg K_w + \lg [\text{H}^+] = 14 + \text{pH}$ отримаємо умову осадження:

$$\text{pH} > 14 + (1/n)\lg K_L - (1/n)\lg [\text{Me}^{n+}]$$

Неважко помітити, що pH початку осадження визначається добутком розчинності відповідного гідроксиду і концентрацією осаджуваної солі. Слід зазначити, що отримані розрахункові значення pH можуть дещо відрізнятися від експериментальних величин, так як дані за добутками розчинності в різних довідниках для деяких гідроксидів істотно розрізняються. Крім того, експериментальні значення pH залежать також від природи аніону осаджуваної солі. Це пов'язано зі схильністю ряду катіонів металів утворювати в процесі осадження основні солі. Найбільшою мірою тенденція утворення основних солей властива для іонів SO_4^{2-} і Cl^- . Однак одного знання pH початку осадження недостатньо для того, щоб заздалегідь передбачити, не провівши спеціальних експериментів, як зміна величини pH в межах існування осаду гідроксиду вплине на швидкість його кристалізації, фазовий склад, дисперсність, морфологію та інші текстурні характеристики осаду. Найбільшого прогресу в галузі управління процесом осадження вдалося досягти, коли були розкриті механізми утворення осаду, починаючи з найбільш ранніх стадій їх формування.

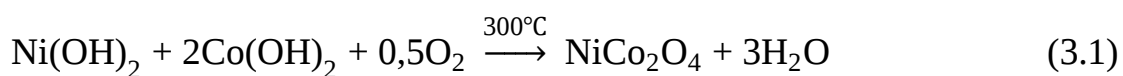
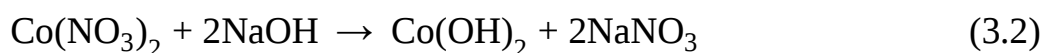
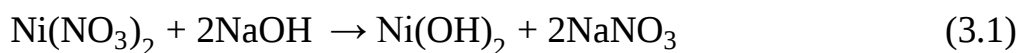
Особливість методів осадження полягає у інтенсивному перемішуванні вихідних компонентів. Таким чином, створюються сприятливі умови для протікання реакції утворення шпінелей, так як при цьому практично повністю усувається найбільш повільна стадія – дифузія реагуючих компонентів через шар продуктів реакції [1].

Тобто, синтез шпінелей методом співосадження дозволяє уникнути стадії дифузійного переносу через шар продуктів реакції, що дозволяє проводити синтез при більш низьких температурах. При цьому утворюються шпінелі недосконалої структури, з великою кількістю дефектів, для усунення яких необхідно проводити прожарювання утворених шпінелей при більш

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		28

високих температурах – температурах синтезу з механічних сумішей оксидів. Проте, шпінелі, отримані із співосаджених сумішей, утворюються більш однорідними за складом та структурою.

На основі літературного огляду у якості осаджувача був обраний NaOH, хімізм процесу виглядає наступним чином:



Кожна із вищеописаних стадій синтезу з огляду на її хімізм, теоретичні основи та характеристики передбачає дотримання певних технологічних умов.

У якості пояснення механізму співосадження систем була запропонована класифікація рівнів (глибини) взаємодії компонентів при співосадженні. Була сформульована і для деяких систем експериментально перевірена гіпотеза про структурну «сумісність» або «несумісність» ПГК (поліядерних гідроксокомплексів) осаджуваних металів. Аналіз структурних властивостей ПГК і індивідуальних гідроксидів дозволяє прогнозувати взаємодії компонентів, що спів осаджуються [6].

Можливі варіанти взаємодії можна описати наступним чином:

1. В процесі осадження утворюються первинні частинки індивідуальних гідроксидів. При коагуляції з них формується суміш агрегатів, кожен з яких містить частинки одного сорту (рівень I). Цей варіант можна розглядати в якості граничного випадку «несумісних» ПГК, коли в системі практично немає взаємодії.

2. При співосадженні формуються змішані агрегати, що містять первинні частинки різних індивідуальних гідроксидів (рівень II). Неважко помітити, що при такій взаємодії не відбувається утворення нових хімічних

сполук, а ПЧ (первинні частинки), що входять до складу змішаних агрегатів утримуються слабкими коагуляційними зв'язками.

3. Осад співосаджених гідроксидів складаються з первинних частинок, полімерна структура яких утворена ПГК різних металів (рівень III). Взаємодія в таких системах більш глибока, і здійснюється на рівні ПГК.

4. Взаємодія здійснюється шляхом утворення на стадії поліконденсації акваіонів змішаних (гетерополядерних) гідроксокомплексів, у тому числі формуються первинні частинки осаду (рівень IV). У таких системах досягається найвищий ступінь гомогенізації, а взаємодія здійснюється на молекулярному рівні.

Представлена класифікація носить певною мірою ідеалізований характер, оскільки вона оперує граничними варіантами різних взаємодій. У реальних системах в залежності від хімічної природи і співвідношення компонентів можуть реалізуватися одночасно відразу кілька варіантів.

Детальний механізм взаємодії компонентів при співосадженні гідроксидів Me(II)-Me(III) недостатньо ясний. З результатів даних досліджень процесів поліконденсації в змішаних розчинах можна було б припустити, що взаємодія здійснюється з утворенням гетероатомних ПГК (IV рівень). Однак експериментально утворення таких комплексів доведено тільки для систем Al(III)-Cu(II) і Al(III)-Mg(II).

Наступною стадією є старіння осаду. В процесі старіння співосаджених гідроксидів відбуваються наступні процеси:

- часткова кристалізація в обсязі ПЧ, при цьому може спостерігатися їх часткова дегідратація;
- розпад змішаних агрегатів;
- вибіркова взаємодія частинок однакової хімічної природи і структури між собою з утворенням і зростанням вторинних кристалів (ВК) по «механізму орієнтованого нарощування».

Старіння в системах співосаджених гідроксидів Me(II)-Me(III), в яких на стадії утворення осаду спостерігається утворення змішаних гідроксидних

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		30

з'єднань змінного або постійного складу, супроводжується укрупненням розміру часток бінарних гідроксидних з'єднань і вдосконаленням їх структури.

Наступною стадією є термічна обробка. В цілому термічна обробка є заключною стадією при отриманні каталізаторів різними методами, в тому числі і методом осадження. Саме на цій стадії завершується формування фазового складу і текстури пористого твердого тіла. Тому умови термообробки, найбільш важливими з яких є температура, тривалість і склад газового середовища, роблять значний вплив на властивості одержуваних каталізаторів і носіїв.

Умови термообробки [4]:

1. Склад газового середовища. Присутність в газовій фазі продуктів розкладання вихідних речовин збільшує швидкість росту частинок оксиду, що обумовлює зниження величини поверхні кінцевого продукту. Тому для отримання каталізаторів і адсорбентів з високорозвиненою поверхнею при термічному розкладанні вихідних речовин необхідно забезпечити досить низьку концентрацію продуктів їх розкладання в навколишньому газовому середовищі. Цього можна досягти проведенням реакції терморозкладання в вакуумі або при досить високій швидкості газів, що подаються для видалення продуктів реакції.

2. Температура нагріву. Визначає завершення процесу розкладання і початку процесу спікання. На основі літературного огляду температурою нагріву для процесу отримання Ni-, Co-шпінелі було обрано 300 °С.

3. Тривалість (швидкість) нагрівання. Безпосередньо пов'язана зі швидкістю відводу газових продуктів із зони реакції і їх впливом на формування поверхні.

4. Наявність сторонніх домішок. У більшості випадків введення домішок в більшій чи меншій мірі знижує термічну стійкість поверхні.

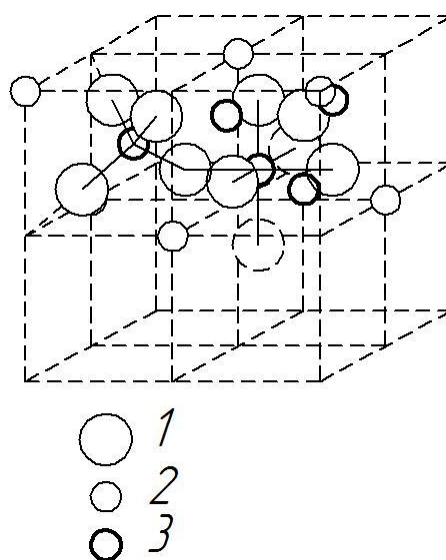
Результатом синтезу є електрокаталізатор для паливного елемента, носієм виступає активоване вугілля, власне каталізатором – Ni-, Co-шпінель.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		31

Шпінелі – клас матеріалів з унікальною будовою кристалічної ґратки. До шпінелей в загальному випадку відносять мінерали класу складних оксидів загальної формули AB_2O_4 , де А – Mg^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ; В – Al^{3+} , Mn^{3+} , Co^{2+} , Fe^{3+} , V^{3+} , Cr^{3+} , Ti^{4+} . Шпінелі – системи твердих розчинів з широким ізоморфізмом катіонів А і В; при цьому в межах кожного ізоморфного ряду змішуваність мінералів є повною, а між членами різних рядів обмежена [5].

В багатьох оксидах металів, особливо у металів з низькою валентністю, йони кисню O^{2-} , що мають великий йонний радіус (1,32 Å) утворюють кубічну ґратку щільної упаковки, при цьому у проміжках між вузлами цієї ґратки впорядковано розташована певна кількість йонів металів з невеликим йонним радіусом. Кристали типу шпінелі охоплюють досить широкий діапазон оксидів, що мають таку кристалічну структуру. Вони відносяться до просторової групи $F\bar{4}3m$, що являє собою кубічну систему [6].

Ідеальна структура кристалів шпінелі наведена на рисунку 3.1



1 – йони кисню; 2 – йони А; 3 – йони В.

Рисунок 3.1 – Елементарна комірка ґратки шпінелі.

Наведена елементарна комірка складається з 8 однакових частин. Кожна частина елементарної комірки має 4 йони кисню, і якщо прийняти за

центр йон металу, то у лівій частині елементарної комірки 4 йони кисню утворюють правильний тетраедр; в правій частині елементарної комірки 6 йонів кисню оточують йон металу у вигляді правильного октаедра, що означає те, що всередині елементарної комірки шпінелі існує 2 види положень, що можуть прийняти йони металів [6].

Перше положення називається тетраедричним положенням, або ж положенням 8a (або ж А-положенням), друге – октаедричним положенням, або положенням 16d (або ж В-положенням). В кристалах шпінелі йони металів займають в одній елементарній ґратці 8А-положень і 16В-положень. Таким чином, одна елементарна комірка містить 8 молекул. На рисунку 3.2 та 3.3 наведені положення йонів А та В всередині елементарної ґратки [9].

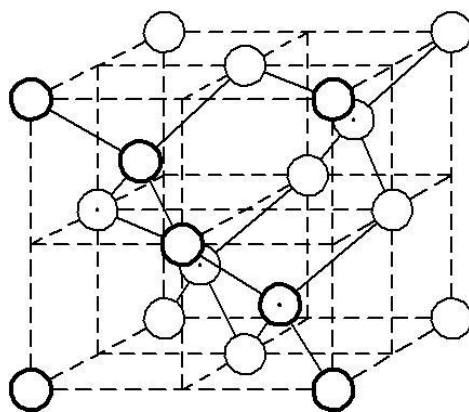


Рисунок 3.2 – Положення йонів А всередині елементарної ґратки.

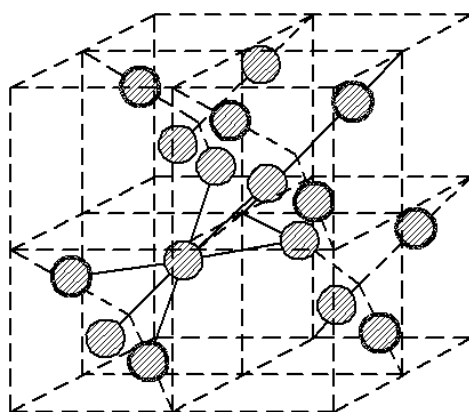


Рисунок 3.3 – Положення йонів В всередині елементарної ґратки.

Елементарна комірка ґратки Ni-,Co-шпінелі складу NiCo_2O_4 наведена на рисунку 3.4 У вузлах гранецентрованої кубічної ґратки розташовані

аніони, які утворюють щільну кубічну тришарову упаковку. Елементарна комірка шпінелі складу NiCo_2O_4 – куб із подвоєним ребром: вона складається із 8 катіонів двовалентного металу – Ni^{2+} , 16 катіонів тривалентного металу – Co^{3+} і 32-х аніонів – атомів кисню.

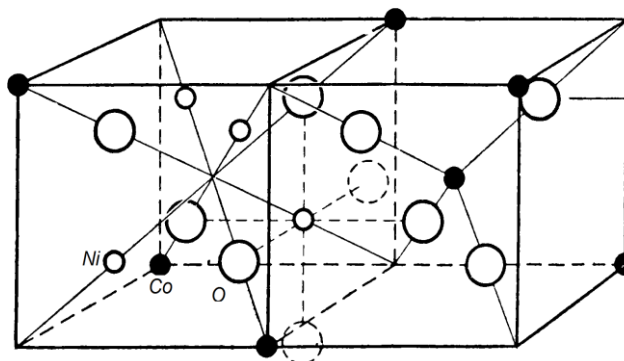


Рисунок 3.4 – Елементарна комірка ґратки шпінелі NiCo_2O_4 .

У загальному випадку в кристалах шпінелі сума позитивних зарядів йонів А і В складає 8 одиниць, тому може існувати декілька комбінацій валентностей, що приймають йони А та В. У випадку, коли комбінація А:В складає 2:3, такі шпінелі називають 2-3 шпінелями. До шпінелей такого виду відноситься Ni-Co -шпінель складу NiCo_2O_4 .

У якості висновку можна зазначити, що на основі теоретичних засад і літературного огляду для синтезу композитів шпінелей з активним вугіллям був обраний метод співосадження нітратів, в якості осаджувача використовувався гідроксид натрію. Висушування для видалення вологи проводилось при температурі $110\text{ }^{\circ}\text{C}$, прожарювання – при температурі $300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Співосадження нітратів варто проводити при рН 12,4.

4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

У реактор з мішалкою 2 поступає вихідна сировина: активоване вугілля, вода, ізопропанол та гліцерин для оптимізації в'язкості, після чого додається емульсія тетрафторетилену. Активоване вугілля та емульсія тетрафторетилену поступають у реактор у співвідношенні 1:1. Відсотковий вміст тетрафторетилену в суспензії, як і активованого вугілля – 35 % мас. Вміст ізопропанолу, як і гліцерину становить 2 %, решта – вода. Після перемішування отримана суспензія поступає на підкладку з вуглецевої тканини, що знаходиться на транспортній стрічці 1. Вуглецева тканина не містить тетрафторетилену: просочення вуглецевої тканини відповідно до відомих способів небажане, оскільки це призводить до більш високого внутрішнього опору паливного елемента. Крім того, шар тетрафторетилену на вуглецевій тканині руйнується з часом, в результаті чого гідрофобність підкладки зменшується з часом роботи паливного елемента [3]. Навантаження вуглецевої суспензії на поверхню вуглецевої тканини знаходиться в діапазоні від 4 до 6 мг/см². Рівномірне розподілення суспензії забезпечується автоматичним ножом 4. Потім покриту вуглецеву тканину нагрівають до температури, достатньої для випаровування води, переважно від 107 до 110 °С у сушарці 5, з отриманням сухої вуглецевої тканини з покриттям. Поверхнево суху вуглецеву тканину з покриттям прокатують через валки 6, щоб усунути тріщини. Змочуючі агенти в емульсії тетрафторетилену допомагають згладити шар покриття. Потім прокатану вуглецеву тканину нагрівають у печі 7 до температури, придатної для видалення змочуючих агентів з емульсії, приблизно від 310 до 350 °С. Далі покрита вуглецева тканина знову проходить крізь валки 8, для усунення тріщин.

Основною стадією виготовлення МЕБ (Мембранно-електродного блоку) є нанесення каталізатора на газодифузійний електрод. Ключем до збільшення виробництва мембранно-електродних блоків є нанесення

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		35

каталізатора на газодифузійний електрод з невеликими відходами каталізаторної суміші. Даний спосіб нанесення каталізатора дозволяє виготовляти МЕБ будь-якого розміру з високою продуктивністю і стабільністю [3].

Каталітичний шар складається з активованого вугілля (10 % мас.) з додаванням Ni-, Co-каталізатора (15 % мас), іономера NAFION (25 % мас), води, ізопропанолу і гліколю для оптимізації в'язкості. Гліколь в суспензії збільшує в'язкість і зменшує швидкість сушіння каталітичного шару, що усуває будь-які тріщини на газодифузійному шарі після нанесення суспензії [7].

Спосіб нанесення шару, що містить каталізатор на газодифузійний електрод повинен забезпечувати рівномірний розподіл каталізатора без погіршення характеристик паливних елементів. Хоча трафаретний друк і методи розпилення широко використовуються при виготовленні МЕБ, втрати каталізатора з друкувального або розпилювального пристрою і забезпечення рівномірного розподілу каталізаторної суміші на підкладці все ще є проблемою [2].

Для нанесення каталізатору на газодифузійний шар методом трафаретного друку потрібен великий обсяг вихідної сировини, і каталізатор, втрачений у ході процесу, було важко відновити. Тому кращим способом нанесення на газодифузійний шар каталізатора є метод розпилення. Цей спосіб забезпечує рівномірне розпилення, яке зазвичай займає близько 30 секунд, чого достатньо для нанесення каталізаторного шару на газодифузійний шар площею поверхні 300 см² [2].

Каталізатор попередньо готується у наступній послідовності: у реакторі з мішалкою 20 готується розчин нітратів нікелю та кобальту, у реакторі з мішалкою 21 – розчин гідроксиду натрію. У реакторі з мішалкою та кожухом 19 відбувається змішування цих двох розчинів, туди ж додаються іономер Nafion, активоване вугілля, ізопропанол та пропіленгліколь. Потім отриманий розчин поступає у реактор з кожухом 16, де відбуваються процеси

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		36

співосадження та старіння. По закінченню часу старіння розчин подається насосом 14 на розпилювач 15, за допомогою якого і напилюється на вуглецеве полотно. Розпилювач являє собою ряд розпилювальних насадок, насадки забезпечують контроль нанесення каталітичних чорнил. Розпилення проводиться за допомогою стиснутого повітря, що дозволяє регулювати продуктивність, розмір краплі і характер розпилення. Ємність для каталітичних чорнил герметизується для контролю швидкості осадження і виключення засмічення форсунки. Найважливішою функцією розпилювальної лінії є додаткова сушка розчинника до того, як краплі досягнуть газодифузійного шару. Кероване випаровування розчинника забезпечує формування каталізатор-вмісного шару без тріщин [2]. Полотно сушиться у сушарці 10 та прожарюється у печі 11. В цілому термічна обробка є заключною стадією при отриманні каталізаторів різними методами, в тому числі і методом співосадження. Саме на цій стадії завершується формування фазового складу і текстури пористого твердого тіла, після чого отримується готовий продукт, який нарізується на окремі електродні пластини за допомогою автоматичного ножа 12.

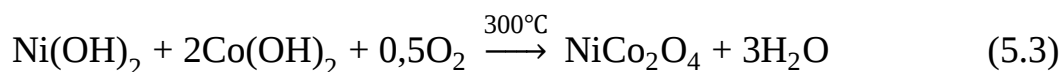
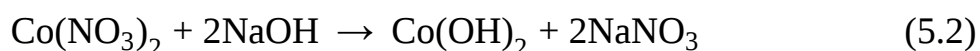
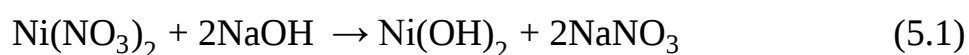
5 ВИТРАТНІ КОЕФІЦІЄНТИ З СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕНЕРГОНОСІЇВ

5.1 Розрахунок матеріального балансу виробництва

Матеріальний баланс хіміко-технологічного процесу (ХТП) – математичний вираз закону збереження маси речовини, відповідно до якого маса всіх видів сировини і матеріалів, що надходять на переробку (прихід), дорівнює масі отриманих продуктів і втрат (витрати). Завданням матеріального балансу є визначення витратних коефіцієнтів усіх вихідних реагентів за заданою продуктивністю за цільовим продуктом, а також обчислення складу вихідної суміші і продуктів реакції.

Матеріальний баланс складається для розрахунку і вибору технологічних реакторів і обладнання необхідної потужності, для розрахунку теплового балансу. Матеріальний баланс може розраховуватися для всього технологічного процесу, для окремих його стадій або для окремого реактора.

Цільовою реакцією виробництва є отримання каталізатору – композиту Ni-, Co-шпінелі та активованого вугілля. Ni-, Co-шпінель синтезується методом співосадження згідно наступних реакцій:



На даних реакціях ґрунтується матеріальний баланс отримання каталізатору. У матеріальному балансі отримання каталізатору окрім сполук, що беруть безпосередню участь у реакціях синтезу врахований також носій – активоване вугілля.

5.2 Розрахунок енергетичного (теплого) балансу виробництва

Тепловий баланс складається з метою:

- розрахунку початкової (кінцевої) температури матеріальних потоків;
- розрахунку втрат тепла до довкілля;
- розрахунку кількості теплоносіїв (холодоагентів);
- розрахунку поверхні теплообміну та ін.

Енергетичний баланс складається на основі закону збереження енергії, відповідно до якого у замкненій системі сума всіх видів енергії є сталою. Прихід теплоти $Q_{\text{пр}}$ у даному апараті (процесі) повинен дорівнювати витраті теплоти $Q_{\text{вит}}$ з того самого апарату (процесу). Складається тепловий баланс на одиницю цільового продукту, одиницю вихідної сировини або на задану продуктивність.

Результати обчислення теплового балансу істотно впливають на вибір конструкції реактора. Значна кількість реакторів працюють в адіабатичному режимі, тобто без теплообміну з довкіллям. У політермічному (неадіабатичному) реакторі необхідний температурний профіль реалізується підведенням (відведенням) теплоти за допомогою теплообмінних елементів і відповідних теплоносіїв.

Основою для розрахунку реакторів з урахуванням теплового режиму служить рівняння теплового балансу. У загальному вигляді це рівняння може бути записано таким чином:

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{витр}}$$
$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{фіз.прих.}} \pm Q_{\text{х.р.}} = n^0 \cdot C_p^0 \cdot (T^0 - 273) \pm Q_{\text{х.р.}};$$

$$Q_{\text{вит}} = Q_{\text{фіз.вит}} = \bar{C}_p^K (T^K - 273)$$

Отримане рівняння теплового балансу може приймати різну форму в залежності від типу і теплового режиму процесу.

Для розрахунку теплового балансу процесу співосадження (тобто теплового балансу реактору 16) варто розрахувати теплові ефекти реакцій отримання цільового продукту – каталізатору. Оскільки реакції (5.1)-(5.2)

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		39

проходять за стандартних умов, їх тепловий ефект можна розрахувати згідно першого наслідку із закону Гесса:

$$\Delta H_{x.p.}^0 = \sum (n_i \cdot \Delta H_{f,i}^0)_{\text{прод}} - \sum (n_i \cdot \Delta H_{f,i}^0)_{\text{вих.реч}}$$

де $\Delta H_{x.p.}^0$ – тепловий ефект хімічної реакції, $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;

n_i – стехіометричні коефіцієнти;

$\Delta H_{f,i}^0$ – теплоти утворення, $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

Відповідно, тепловий ефект реакції (5.1):

$$\Delta H_{x.p.}^0 = (-543,5 - 2 \cdot 466,7) - (-2215 - 2 \cdot 426,35) = 1590,8 \text{ кДж/моль.}$$

Тепловий ефект реакції (5.2):

$$\Delta H_{x.p.}^0 = (-541 - 2 \cdot 466,7) - (-2209 - 2 \cdot 426,35) = 1587,3 \text{ кДж/моль.}$$

Розрахунок фізичних теплот вихідних речовин та продуктів процесу співосадження зведено у таблицю 5.3.

Таблиця 5.3 – Значення фізичних теплот вихідних речовин та продуктів процесу співосадження

Розрахунок теплового балансу зведено у таблицю 5.4

Таблиця 5.4 – Тепловий баланс процесу співосадження

5.3 Розрахунок витратних коефіцієнтів

Витратні коефіцієнти є основними показниками технологічного процесу. Витратні коефіцієнти характеризують витрати сировини, допоміжних матеріалів, енергії, та ін. на одиницю ваги готової продукції.

Особливе значення мають витратні коефіцієнти за сировиною, оскільки для більшості хімічних виробництв 60-70 % собівартості припадає на цю статтю.

Розрахунок витратних коефіцієнтів як відношення вагової кількості витраченої сировини до вагової кількості отриманого цільового продукту здійснюється за формулою:

$$Y_{\text{пр}} = \frac{G_A}{G_B} \quad (5.1)$$

Результати розрахунку витратних коефіцієнтів сировини для виробництва електродів паливних елементів здійсненого по відношенню до кількості отриманого цільового продукту – каталізатору Ni-,Co-шпінелі зведені в таблицю 5.3.

Таблиця 5.3 – Витратні коефіцієнти

Найбільший витратний коефіцієнт має вуглецеве волокно – стандартний матеріал ГДШ, функціональність якого зводиться до забезпечення безперешкодного транспорту газових реагентів до каталітичних центрів та ефективного відводу води, що генерується в ході реакції на катоді без блокування пористої структури для газового транспорту.

6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

6.1 Розрахунок та вибір реактору

Для розрахунку реакційних реакторів з мішалкою необхідно знати об'єм речовин, що переробляються за добу на заданій стадії процесу, тривалість процесу та принципи його організації.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		42

7 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА

У хімічній промисловості питанням автоматизації приділяється особлива увага. Це пояснюється складністю та великою швидкістю протікання технологічних процесів, високою чутливістю їх до порушення режиму.

Впровадження автоматичних пристроїв забезпечує високу якість продукції, скорочення браків та відходів, зменшення витрат сировини й енергії, зменшення чисельності основних робітників

7.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації та обґрунтування задач автоматизації

На підставі аналізу технологічного процесу, а саме виробництва електрокаталізатору паливного елементу та електродів паливних елементів (опис – див. розділ 4), постають такі задачі автоматизації:

- контроль і регулювання дозування $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$, H_2O , NaOH , активованого вугілля, тефлонової емульсії, ізопропанолу, гліцерину у реактори з мішалкою;
- контроль і регулювання витрат води у реактори з мішалкою;
- контроль і сигналізація рівня розчину у дозаторах;
- контроль температури у реакторах з мішалкою;
- контроль температури у сушарці;
- контроль температури у печі;
- контроль витрати повітря у сушарці;
- контроль і регулювання роботи автоматичного ножа.

Параметри регулювання та контролю виробництва наведені у таблиці 7.1.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		43

Таблиця 7.1 – Параметри регулювання та контролю виробництва

№	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування параметра, що вимірюється або регулюється	Норми технологічного режиму	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	Трубопровід води, що надходить у рубашку реактора	Витрата води	1 м ³ /год	Контроль, регулювання
2	Трубопровід води, що надходить у рубашку реактора	Витрата води	1 м ³ /год	Контроль, регулювання
3	Трубопровід води, що надходить у рубашку реактора	Витрата води	1 м ³ /год	Контроль, регулювання
4	Трубопровід води, що надходить у рубашку реактора	Витрата води	1 м ³ /год	Контроль, регулювання
5	Трубопровід води, що надходить у рубашку реактора	Витрата води	1 м ³ /год	Контроль, регулювання
6	Реактор з мішалкою 6	Температура	20 °С	Контроль, регулювання
7	Реактор з мішалкою 7	Температура	20 °С	Контроль, регулювання
8	Реактор з мішалкою 8	Температура	20 °С	Контроль, регулювання
9	Реактор з мішалкою 9	Температура	20 °С	Контроль, регулювання
10	Реактор з мішалкою 18	Температура	20 °С	Контроль, регулювання
11	Мірник 1	Рівень	1 м	Контроль, сигналізація
12	Мірник 2	Рівень	1 м	Контроль, сигналізація
13	Мірник 3	Рівень	1 м	Контроль, сигналізація
14	Мірник 4	Рівень	1 м	Контроль, сигналізація

Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ

Арк.

44

15	Мірник 5	Рівень	1 м	Контроль, сигналізація
16	Мірник 13	Рівень	1 м	Контроль, сигналізація
17	Мірник 14	Рівень	1 м	Контроль, сигналізація
18	Мірник 15	Рівень	1 м	Контроль, сигналізація
19	Мірник 16	Рівень	1 м	Контроль, сигналізація
20	Мірник 17	Рівень	1 м	Контроль, сигналізація
21	Сушарка 20	Температура	105 °С	Контроль
22	Сушарка 25	Температура	105 °С	Контроль
23	Піч 22	Температура	300 °С	Контроль
24	Піч 26	Температура	300 °С	Контроль
25	Автоматичний ніж	Положення	-	Контроль, регулювання
26	Сушарка	Витрата повітря	10 м/год	Контроль, регулювання
27	Сушарка	Витрата повітря	10 м/год	Контроль, регулювання

7.2 Опис розробленої схеми автоматизації

Для забезпечення нормальної роботи технологічного устаткування, збільшення продуктивності виробництва, підвищення якості продукту, стабілізації, контролю та реєстрації технологічних параметрів, а також мінімізації можливих помилок технологічного персоналу розроблено схему автоматизації, що призначена забезпечити виконання цих завдань. Схема автоматизації включає низку контурів автоматичного контролю та регулювання режимних параметрів технологічного процесу.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		45

Для контролю дозування вихідних речовин використано мірники 1, 2, 3, 4, 5, 13, 14, 15, 16 та 17, в яких передбачений контроль рівня за допомогою ємнісних датчиків рівня.

Для контролю та регулювання витрат води у теплові оболонки реакторів та подачі вихідних речовин у реактори передбачено контури 1, 2, 3, 4, 5 що складаються з таких технічних засобів автоматизації: первинні перетворювачі (1-1, 2-1, 3-1, 4-1, 5-1), вторинні показувальні та реєструвальні прилади (1-2, 2-2, 3-2, 4-2, 5-2), малоканалні багатофункціональні мікропроцесорні контролери (1-3, 2-3, 3-3, 4-3, 5-3), електричні виконавчі механізми однообертові (1-4, 2-4, 3-4, 4-4, 5-4), клапани запірні малогабаритні соленоїдні (1-5, 1-6, 1-7, 1-8, 2-5, 2-6, 2-7, 3-4, 3-5, 4-4, 4-5, 5-4, 5-5, 5-6, 5-7, 5-8, 5-9, 5-10).

Для контролю температури в сушилці та печі передбачено контури 6, 8, 9 та 11, що складаються з таких технічних засобів автоматизації: термоперетворювач опору мідний (6-1, 8-1, 9-1, 11-1); автоматичний показувальний і реєструвальний прилад (6-2, 8-2, 9-2, 11-2).

Для контролю та регулювання витрат гарячого повітря в сушилці передбачено контури 7 і 10, що складаються з таких технічних засобів автоматизації: звужувальні пристрої (7-1, 10-1), електричні передавальні перетворювачі перепаду тиску (7-2, 10-2), показувальні та реєструвальні прилади (7-3, 10-3), мікропроцесорний регулятор (7-4, 10-4), електричний виконавчий механізм (7-5, 10-5).

Для контролю та регулювання роботи автоматичного пневмоприводу передбачено контури 12 та 13, що складаються з таких технічних засобів автоматизації: інкрементальний багатообертовий енкодер (12-1), малоканалний багатофункціональний мікропроцесорний контролер (12-2), перемикач триполюсний (12-3), реле електромагнітне малогабаритне (12-4), електропневмоперетворювач дискретний (12-5), пневмопривід 3-ходовий з позиціонером (12-6), датчик положення (13-1).

Специфікацію устаткування, виробів і матеріалів наведено у додатку А.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		46

8 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

Назва: цех із виробництва електродів для мембранних паливних елементів у складі підприємства із виробництва батарей мембранних паливних елементів.

Класифікація підприємства за наступними ознаками:

- організаційно-правова форма: господарське товариство, а саме ТОВ;
- спеціалізація виробництва: вузькоспеціалізоване, спеціалізується на виробництві електродів для паливних елементів;
- масштаб виробництва: поточне конвеєрне виробництво;
- за ресурси: енергоємне;
- потужність: мале;
- чисельність персоналу: мале;
- вартість власного майна: мале;
- вплив на предмет праці: переробне;
- режим роботи протягом року: позасезонне;
- призначення продукції: товари промислового призначення;
- виробнича структура: предметно-замкнутий принцип (потокова лінія).

Галузь: хімічна.

КВЕД: секція С, розділ 27, група 27.9, клас 27.90.

Мета діяльності: задоволення потреб цеху виробництва батарей паливних елементів у електродах.

Основні завдання:

- виробництво електродів паливних елементів для енергозабезпечення;
- використання у процесі виробництва недефіцитної сировини;
- виробництво із використанням новітнього каталізатору.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		47

Схема організаційної структури підрозділу зображена на рисунку 8.1.

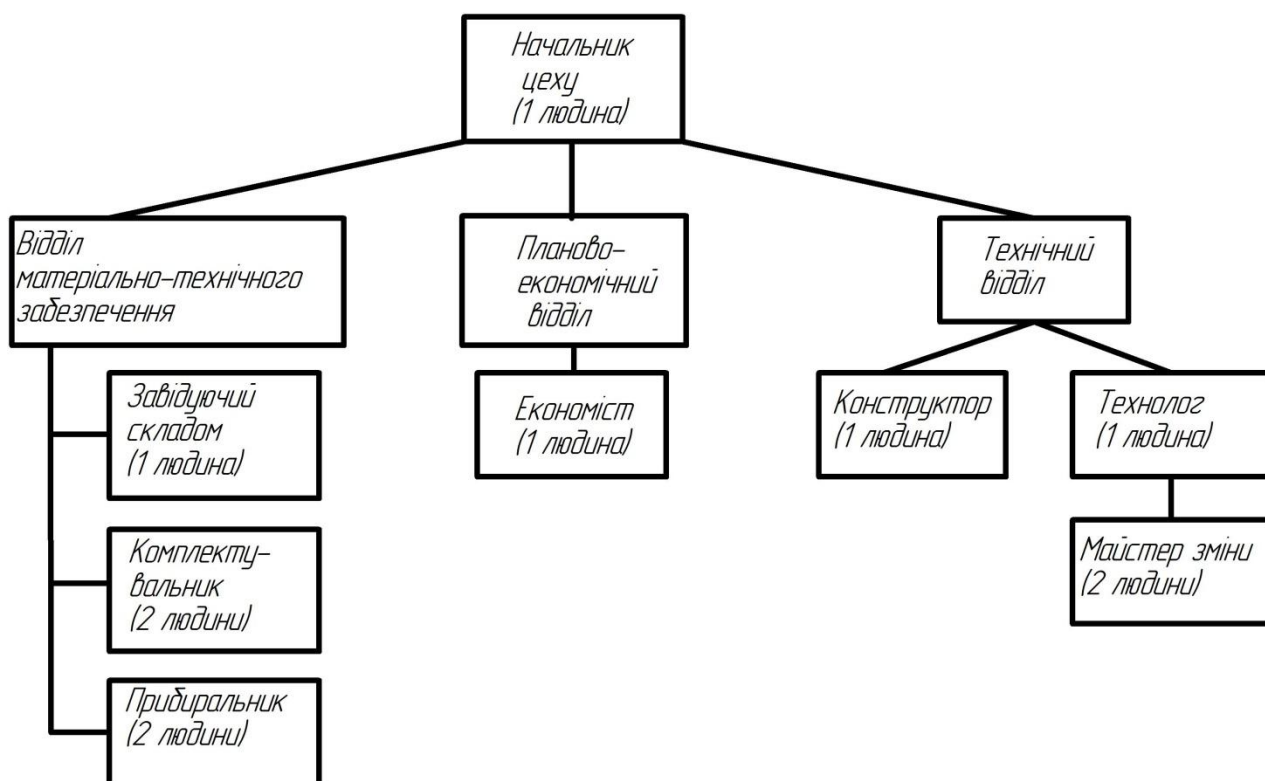


Рисунок 8.1 – Схема організаційної структури підрозділу.

Відділ матеріально-технічного забезпечення: здійснює контроль і регулювання забезпечення цеху сировиною та іншими матеріальними ресурсами.

Планово-економічний відділ: здійснює організацію планово-економічної роботи в цеху, керує підготовкою проектів перспективних і річних планів цеху, здійснює аналіз техніко-економічних показників роботи цеху, ділень, бригад, виявляє можливості збільшення випуску продукції, підвищення продуктивності праці і рентабельності виробництва, зниження собівартості продукції, вартості робіт (послуг) і їх трудомісткості, більш раціонального використання виробничих потужностей і розробляє пропозиції по використанню внутрішніх резервів.

Технічний відділ: здійснює аналіз і вдосконалення діючих технологічних процесів з метою підвищення продуктивності праці в цеху, зниження трудомісткості виготовлення продукції, економії матеріалів,

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		48

поліпшення організації робочих місць, ліквідації браку і зменшення випуску продукції знижених сортів. Також метою роботи бюро є складання технічних завдань на проектування технологічних процесів, нестандартного устаткування, оснащення, пристосувань і інструменту, виготовлення засобів механізації та автоматизації виробництва. Забезпечення виробничих ділянок необхідною технічною документацією, контроль внесення в неї змін у зв'язку з коригуванням технологічних процесів також входить в обов'язки.

8.1 Класифікація виробничих процесів

Виробничий процес – поєднання живої сили і техніки у просторі і часі. Виробничі процеси поділяються на основні, допоміжні, підсобні та побічні. Класифікація виробничих процесів зображена на рисунку 8.2.

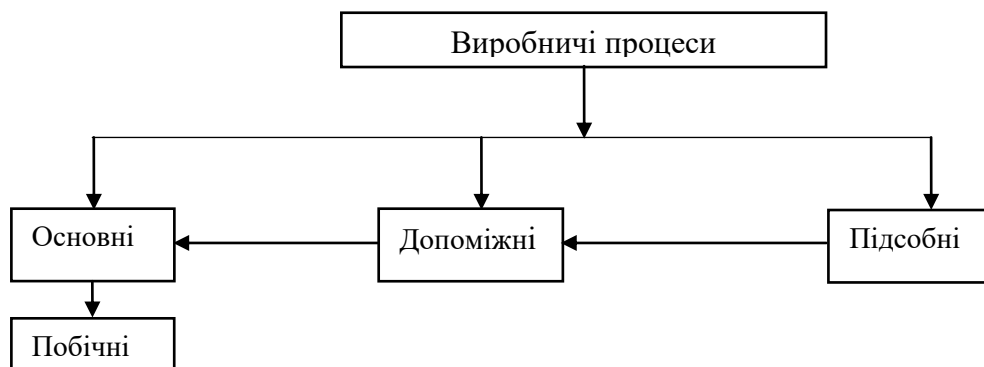


Рис. 8.2 – Класифікація виробничих процесів.

Основні процеси – процеси, без яких не можна виготовити кінцеву продукцію. Сукупність дій по перетворенню матеріалів та напівфабрикатів у готову продукцію.

Допоміжні процеси – обслуговують основні процеси, мають забезпечувати безперебійне протікання основного процесу. Прикладами є ремонт, забезпечення електропостачання, замовлення товару на складі, складування товару.

Підсобні процеси – обслуговують допоміжні процеси, прикладом є закупівля сировини для допоміжного виробництва.

Побічні процеси – не беруть участь у виробництві основного продукту, прикладом може бути переробка відходів.

Для цеху із виробництва електродів паливних елементів основними процесами є:

- змішування вихідних реагентів;
- сушка;
- прокатка;
- виготовлення і нанесення каталізатору;
- сушка;
- прожарювання;
- розрізання на окремі частини.

Допоміжними процесами є:

- ремонт обладнання;
- забезпечення приладів електропостачанням;
- замовлення вихідної сировини на складі;

Підсобними процесами є:

- складування готової продукції;
- транспортування готової продукції до наступного цеху;
- контроль якості основних процесів виробництва, вихідної сировини та готового продукту.

8.2 Оптимальний вид руху предмету праці

Предмет праці – сировина, матеріал, комплектуючі.

Види руху предметів праці (ВРПП) – порядок проходження предметів праці через всі стадії виробничого циклу. Виділяють ВРПП послідовний, паралельний, синхронізований та змішаний.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		50

Для визначення оптимального виду руху предмету праці варто вказати тривалість стадій виробничого процесу нанесення каталізатору та тривалість стадій виробничого процесу вироблення каталізатору .

Таблиця 8.1 – Тривалість стадій виробничого процесу виготовлення електроду та нанесення каталізатору

№	Технологічна стадія	Апарат	Тривалість, хв.
1	Змішування вихідних реагентів (тефлонова емульсія активоване вугілля, ізопропанол, гліцерин, вода)	Реактор з мішалкою та рубашкою	30
2	Сушка потоком гарячого повітря за температури 105°C	Повітряна конвеєрна багатоступінчата сушарка	60
3	Прокатка	Товстолистовий прокатний стан	10
4	Нанесення каталізатору	Автоматизована розпилювальна система	5
5	Сушка потоком гарячого повітря за температури 105°C	Повітряна конвеєрна багатоступінчата сушила	60
6	Прожарювання за температури 300°C	Електропіч	60
7	Прокатка	Товстолистовий прокатний стан	10
8	Розрізання на пластини	Автоматизований ніж	0,05

Таблиця 8.2 – Тривалість стадій виробничого процесу вироблення каталізаторних чорнил

№	Технологічна стадія	Апарат	Тривалість, хв.
1	Отримання розчину солей $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ та $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$	Реактор з мішалкою та рубашкою	30
2	Отримання розчину лугу	Реактор з мішалкою та рубашкою	30
3	Змішування розчинів	Реактор з мішалкою та рубашкою	60
4	Старіння	Реактор з мішалкою та рубашкою	360

Вири руху предметів праці:

- Послідовний ВРПП – наступна одиниця сировини подається на обробку тільки після завершення обробки попередньої і після випуску попередньої одиниці продукції.
- Паралельний – наступна одиниця сировини поступає в обробку після звільнення обладнання від попередньої і переходу її на наступну операцію
- Синхронізований – наступна одиниця продукту поступає на іншу технічну лінію, не очікуючи завершення обробки попередньої одиниці.
- Змішаний – поєднує в собі ознаки попередніх.

Послідовний ВРПП для виробничого процесу виготовлення електродів і нанесення каталізатору виглядатиме наступним чином.

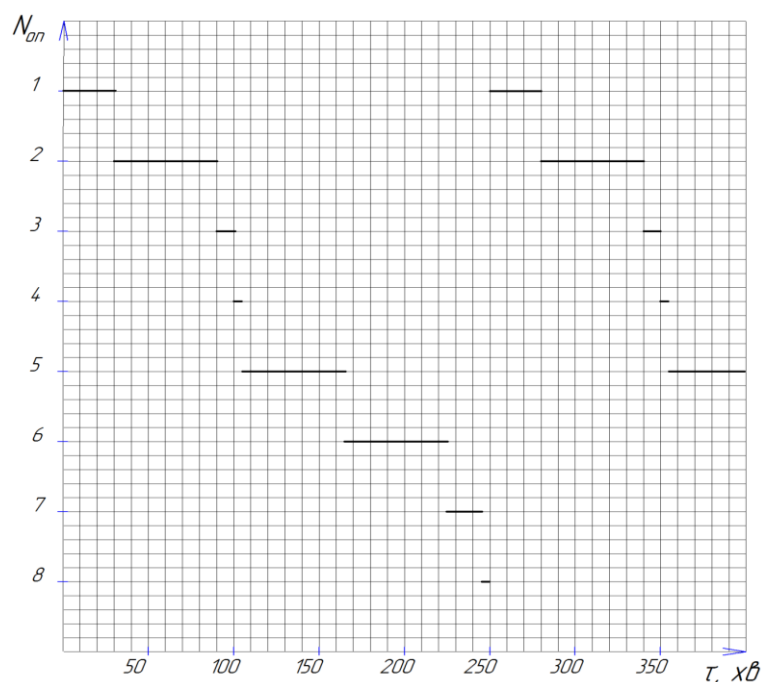


Рисунок 8.3 – Послідовний ВРПП процесу виготовлення електродів і нанесення каталізатору.

Послідовний ВРПП для виробничого процесу вироблення каталізатору виглядатиме наступним чином.

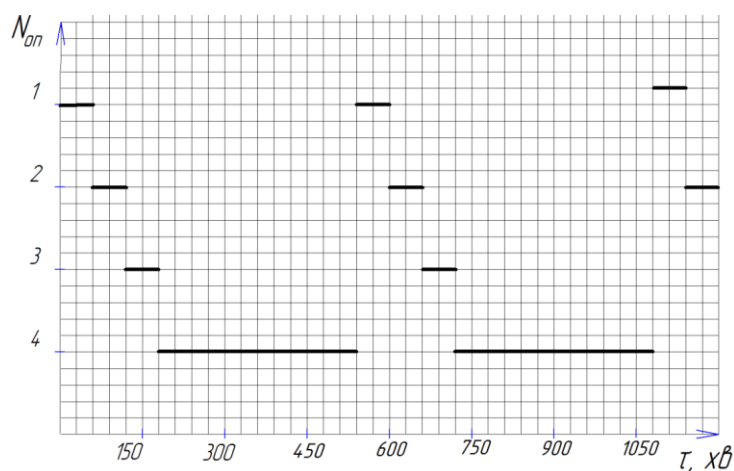


Рисунок 8.4 – Послідовний ВРПП процесу вироблення каталізатору.

Для подальших розрахунків задамося необхідною для цеху батарей паливних елементів (наступного цеху, у який надходить продукція) продуктивністю 500 кг/рік, вага одиничного виробу складає 0,1 кг, отже річний випуск продукції становитиме:

$$B = \frac{500}{0,1} = 5000 \text{ од.}$$

Тривалість виробничого циклу процесу виготовлення електродів і нанесення каталізатору складатиме:

$$T_{\text{вц}}^{\text{пол}} = B \cdot \sum t = 5000 \cdot (30 + 60 + 10 + 5 + 60 + 60 + 10 + 0,05) = 1175250 \text{ хв} = 19587,5 \text{ год.}$$

Тривалість виробничого циклу процесу виготовлення каталізатору складатиме:

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		53

$$T_{\text{вц}}^{\text{носл}} = B \cdot \sum t = 5000 \cdot (60 + 60 + 60 + 360) = 2700000 \text{ хв} =$$

= 45 000 год.

Паралельний ВРПП для процесу виготовлення електродів і нанесення каталізатору виглядатиме наступним чином.

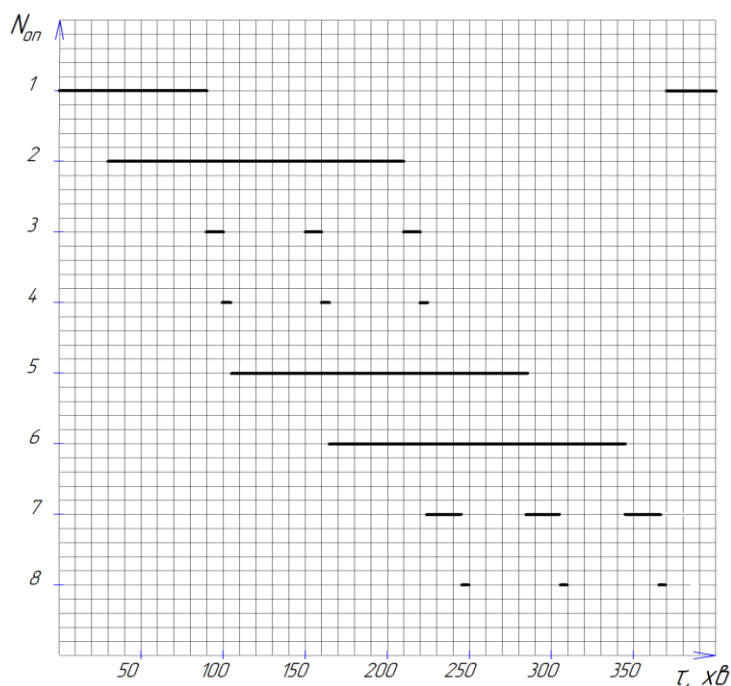


Рисунок 8.5 – Паралельний ВРПП процесу виготовлення електродів і нанесення каталізатору.

Паралельний ВРПП для виробничого процесу вироблення каталізатору виглядатиме наступним чином:

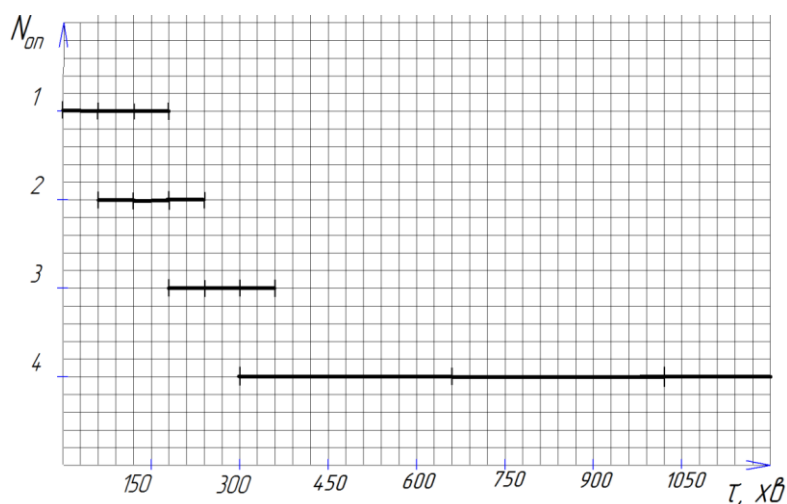


Рисунок 8.6 – Паралельний ВРПП.

Тривалість виробничого циклу процесу виготовлення електроду і нанесення каталізатору складатиме:

$$T_{\text{вц}}^{\text{пар}} = \sum t_i + (B - 1) \cdot t_{\text{max}} = (30 + 60 + 10 + 5 + 60 + 60 + 10 + 0,05) + (5000 - 1) \cdot 60 = 300175,05 \text{ хв.} = 5002,91 \text{ год.}$$

Тривалість виробничого циклу виготовлення каталізатору складатиме:

$$T_{\text{вц}}^{\text{пар}} = \sum t_i + (B - 1) \cdot t_{\text{max}} = (60 + 60 + 60 + 360) + (5000 - 1) \cdot 360 = 1800180 \text{ хв.} = 30003 \text{ год.}$$

Синронізований ВРПП для процесу виготовлення електродів і нанесення каталізатору виглядатиме наступним чином.

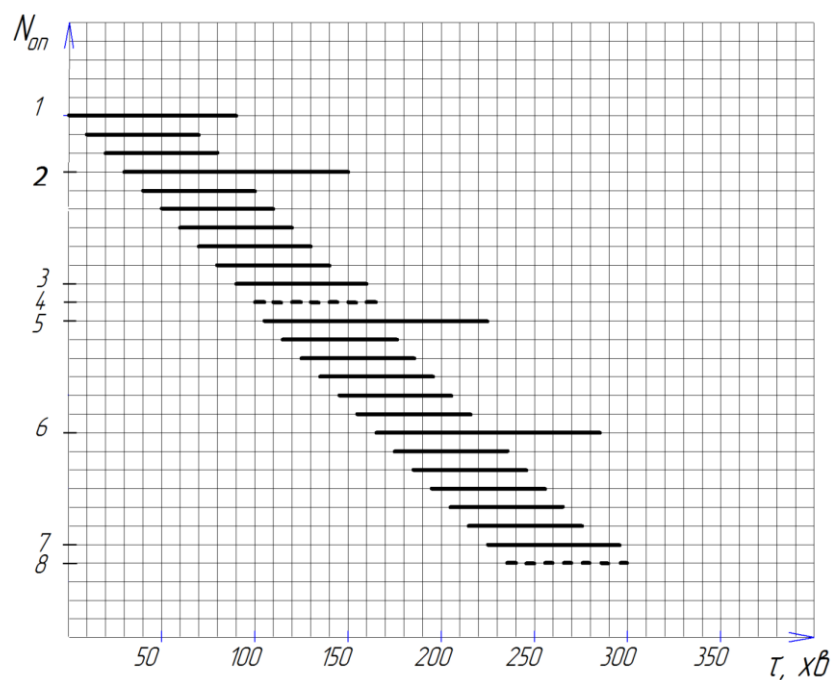


Рисунок 8.7 – Синхронізований ВРПП процесу виготовлення електродів і нанесення каталізатору.

Синхронізований ВРПП для виробничого процесу вироблення каталізатору виглядатиме наступним чином.

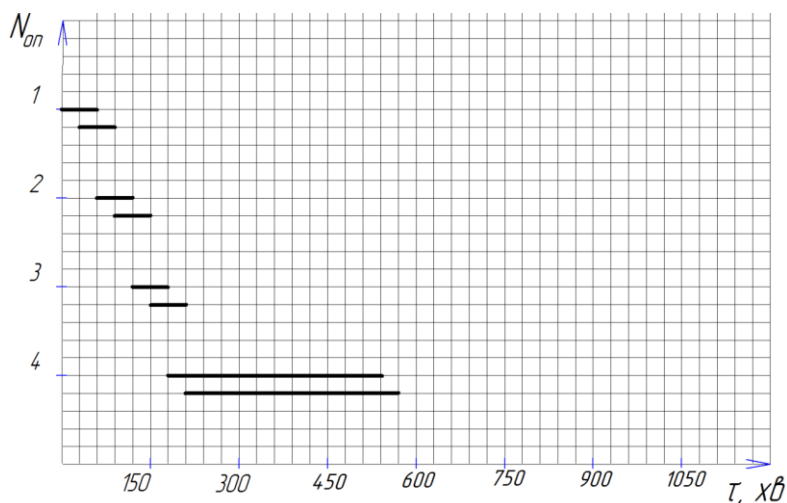


Рис. 8.8 – Синхронізований ВРПП процесу вироблення каталізатору.

Тривалість виробничого циклу процесу виготовлення електроду і нанесення каталізатору складатиме:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ

Арк.

56

$$T_{\text{вц}}^{\text{синх.}} = \sum t_i + (B - 1) \cdot R = (30 + 60 + 10 + 5 + 60 + 60 + 10 + 0,05) + (5000 - 1) \cdot 10 = 837,08 \text{ год.}$$

Тривалість виробничого циклу виготовлення каталізатору складатиме:

$$T_{\text{вц}}^{\text{синх.}} = \sum t_i + (B - 1) \cdot R = (60 + 60 + 60 + 360) + (5000 - 1) \cdot 10 = 842,16 \text{ год.}$$

Висновки: для даного виробництва, враховуючи його специфіку, оптимальним ВРПП процесу вироблення електродів і нанесення каталізатору є *паралельний*. Так як процес виробництва електродів здійснюється нанесенням електродної маси на суцільний рулон вуглецевої тканини, і тільки на останній стадії вуглецева тканина розрізається на окремі електродні пластини, у ході виробництва немає можливості направляти продукцію на іншу технологічну лінію, як це передбачає синхронізований ВРПП. Послідовний ВРПП також не підходить за критеріями специфіки виробництва, крім того тривалість виробничого циклу при послідовному ВРПП зavelика.

Для процесу виробництва каталізатору оптимальний ВРПП обрано змішаний, оскільки при цьому забезпечуватиметься оптимальна тривалість процесу. Графік змішаного ВРПП виглядає наступним чином.

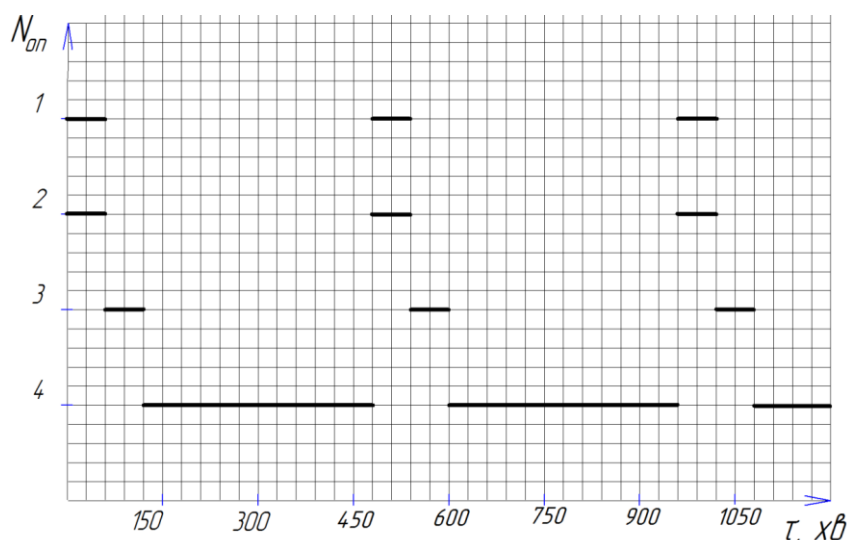


Рисунок 8.9 – Змішаний ВРПП процесу виробництва каталізатору.

Стадії отримання розчинів вихідних реагентів проходять одночасно у двох різних реакторах з мішалкою, далі відбуватиметься, змішування цих розчинів у третьому реакторі з мішалкою і процес старіння у четвертому. Згідно графіку, тривалість процесу становитиме вісім годин.

8.3 Розрахунки для обраного ВРПП

Середньорічна тривалість роботи підприємства

Для розрахунку середньорічної тривалості роботи підприємства розрахуємо тривалість роботи підприємства, з врахуванням того, що підприємство працюватиме 5 днів на тиждень, по шістнадцять годин на добу:

$$T_{\text{рік}}^{\text{підпр}} = \frac{365 \cdot 16 \cdot 6}{7} = 5005,71,42 \frac{\text{год}}{\text{рік}} = 313 \text{ днів.}$$

Тривалість виробничого циклу середньорічна, враховуючи, що тривалість виробничого циклу дорівнює тривалості зміни і складає вісім год:

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{с.р.}} = T_{\text{ВЦ}}^{\text{факт}} \cdot \frac{365 \cdot 24}{T_{\text{р}} \cdot D_{\text{р}}}, \quad (8.1)$$

де $T_{\text{ВЦ}}^{\text{факт}}$ – тривалість виробничого циклу фактична, год;

$T_{\text{р}}$ – річна тривалість роботи підприємства, днів;

$D_{\text{р}}$ – кількість робочих днів.:

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{с.р.}} = 8 \cdot \frac{365 \cdot 24}{313 \cdot 16} = 13,99 \text{ год.}$$

Річний випуск продукції був заданий при розрахунку ВРПП і обумовлений потребами у електродах цеху виробництва батарей паливних елементів.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		58

Річний випуск складає 5000 одиниць продукції, враховуючи роботу підприємства у дві зміни по 8 годин, випуск за зміну має становити:

$$B_{зм} = \frac{B_{річн}}{N_{змін}}, \quad (8.2)$$

де $B_{річн}$ – випуск річний, од;

$N_{змін}$ – кількість змін.:

$$B_{зм} = \frac{5000}{626} = 7,98 \text{ одиниць} = 7 \text{ одиниць.}$$

Для розрахунку кількості одиниць обладнання потрібно визначити кількість виробничих ліній. Для цього розрахуємо випуск однієї виробничої лінії за восьмигодинну зміну:

$$B = \frac{T_{ВЦ}^{пар} - \sum t_i}{t_{max}} + 1, \quad (8.3)$$

де $T_{ВЦ}^{пар}$ – тривалість виробничого циклу паралельного, хв;

$\sum t_i$ – сумарна тривалість операцій, хв;

t_{max} – тривалість найдовшої операції, хв.:

$$B = \frac{480 - 235,5}{60} + 1 = 5,075 = 5 \text{ од.}$$

Тобто, потрібно встановити 2 виробничі лінії, в такому випадку максимальний випуск продукції становитиме 10 одиниць.

Кількість одиниць обладнання однієї лінії – 12 одиниць. Відповідно, для двох ліній $N_{обл} = 24$ одиниці.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		59

8.4 Чисельність явочна і за списком

Явочна чисельність – максимально допустима чисельність працівників, необхідна для виконання відповідного об'єму робіт та для повної комплектації робочих місць у кожному структурному підрозділі цеху підприємства протягом робочої зміни.

Явочна кількість робочого персоналу складає: $\text{Ч}_{\text{яв}} = 13$ ос.

Чисельність за списком розраховується відповідно до формули:

$$\text{Ч}_{\text{сп}} = \text{Ч}_{\text{яв}} \cdot \text{К}_{\text{пер}}, \quad (8.4)$$

де $\text{Ч}_{\text{яв}}$ – явочна кількість робочого персоналу;

$\text{К}_{\text{пер}}$ – коефіцієнт перерахунку.

$$\text{К}_{\text{пер}} = \frac{\text{T}_{\text{підпр}}}{\text{T}_{\text{прац}}}, \quad (8.5)$$

де $\text{T}_{\text{підпр}}$ – річна тривалість роботи підприємства, год;

$\text{T}_{\text{прац}}$ – річна тривалість роботи працівника з урахуванням вихідних, святкових, хвороб, відпусток, год.

Для того, щоб визначити річну тривалість роботи працівника побудуємо графік змінності.

Режим роботи підприємства: підприємство працює з понеділка по п'ятницю у дві зміни по 8 годин. Перша зміна з 8:00 до 16:00, друга зміна – з 16:00 до 00:00. Під час третьої зміни відбувається змішування і старіння каталізатору, час третьої зміни – з 00:00 до 8:00. Відповідно до цього формується дві бригади, які працюють безпосередньо на виробничій лінії у перші дві зміни. До складу бригади входить майстер зміни, комплектувальник та прибиральник. Начальник цеху, технолог, конструктор, економіст та завідувачий складом працюють у першу зміну з 8:00 до 16:00. Під час третьої зміни, оскільки процес отримування каталізатору повністю автоматизований, повинен бути присутній лише технолог, на випадок аварійної ситуації.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		60

Графік змінності для бригад перших двох змін виглядатиме наступним чином.

Таблиця 8.3 – Графік змінності для бригад перших двох

Дата Бригада	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	16	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2	2	В	В	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2	2	В	В	1	1	1
2	2	2	2	2	2	В	В	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2	2	В	В	1	1	1	1	1	В	В	2	2	2

Таблиця 8.4 – Графік змінності технологів на нічне чергування

Дата Технолог	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	16	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3
2	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В	3	В

Розрахуємо фактичну тривалість роботи працівника:

$$T_{\text{прац}} = \frac{365 - T_{\text{св}}}{7} \cdot 40 - (T_{\text{св}}^* - 1) \cdot 1, \quad (8.6)$$

де 80 – кількість робочих годин протягом тижня;

365 – кількість днів протягом року за календарем;

$T_{\text{св}}$ – кількість святкових днів у році;

$T_{\text{св}}^*$ – кількість святкових днів у році, які не співпадають з вихідними.:

$$T_{\text{прац}} = \frac{365 - 11}{7} \cdot 80 - (6 - 1) \cdot 1 = 4040,71 = 4041 \text{ год/рік.}$$

Коефіцієнт перерахунку для робочого персоналу:

$$K_{\text{пер}} = 4171,42 / 4041 = 1,032.$$

$$Ч_{\text{сп}} = Ч_{\text{яв}} \cdot K_{\text{пер}} = 13 \cdot 1,032 = 13,35 = 13 \text{ чол.}$$

Так як розрахована не округлена чисельність за списком складає 13,35, варто передбачити можливість прийому на роботу 14-ї людини, у випадку необхідності.

8.5 Порядок технічного контролю на виробництві

Технічний контроль – складова будь-якого виробничого процесу, що здійснюється на всіх його стадіях - від надходження сировини, матеріалів, палива, напівфабрикатів, комплектуючих виробів до випуску готової продукції.

Під технічним контролем розуміється перевірка дотримання вимог, що пред'являються до якості продукції на всіх стадіях її виготовлення, і всіх виробничих умов і факторів, що забезпечують необхідну якість.

Технічний контроль якості включає:

- вхідний контроль якості сировини, основних і допоміжних матеріалів, напівфабрикатів, комплектуючих виробів, інструментів, що надходять на склад;
- виробничий поопераційний контроль за дотриманням встановленого технологічного режиму;
- систематичний контроль за станом обладнання, машин, ріжучого і вимірювального інструментів, контрольно-вимірювальних приладів, різних засобів вимірювання, штампів, моделей випробувальної апаратури і вагового господарства, умов виробництва і транспортування виробів;
- контроль моделей і дослідних зразків;
- контроль готової продукції.

На даному підприємстві об'єктами технічного контролю є:

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		62

- 1) сировина;
- 2) технологічний процес та обладнання;
- 3) продукт виробництва і його пакування;
- 4) допоміжні процеси (ремонт, зберігання, складування).

Суб'єктами технічного контролю визначаються за розпорядженням власника підприємства:

1. Конструктор
2. Технолог
3. Майстер зміни
4. Економіст

Методи технічного контролю:

Методи технічного контролю характерні для кожної ділянки виробництва і об'єкта контролю. Тут розрізняють:

- візуальний огляд, що дозволяє визначити відсутність поверхневих дефектів;
- вимір розмірів, що дозволяє визначати правильність форм і дотримання встановлених розмірів в матеріалах, заготовках, деталях і складальних з'єднаннях;
- лабораторний аналіз, призначений для визначення механічних, хімічних, фізичних, металографічних і інших властивостей матеріалів, заготовок, деталей;
- механічні випробування для визначення твердості, міцності та інших параметрів;
- контроль дотримання технологічної дисципліни.

Паспорт якості та посадова інструкція на виконавця технологічних обов'язків підприємства наведені у додатку Б та В відповідно

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		63

8.6 Матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва

До оборотних фондів підприємства належать:

- сировина і матеріали;
- паливо та електроенергія;
- напівфабрикати та запасні частини;
- заробітна плата.

Для виробництва електродів паливних елементів використовується наступна сировина:

- Активоване вугілля;
- Вода;
- Тетрафторетилен;
- Гліцерин;
- Вуглецева тканина;
- Каталізатор;
- Ізопропанол;

На стадії сушіння вода випаровується.

Таблиця 8.5 – Матеріальний баланс за сировиною процесу виробництва електродів

Сировина	г/од	%	Продукція	г/од	%
Активоване вугілля	3,31	3,27	Електрод	90,37	36,37
Вода	10,78	10,65	Втрати:		
Тетрафторетилен	1,8	1,78	Вода	10,77	36,36
Гліцерин	0,11	0,1			
Вуглецева тканина	80	79,09			
Каталізатор	4,95	4,89			
Ізопропанол	0,22	0,22			
Σ	101,14	100	Σ	101,14	100

Витрати на сировину (розраховано на річний випуск обсягом 5000 од.)
представлені в таблиці 8.6.

Таблиця 8.6 – Витрати на сировину

Сировина	г/од	Загальна кількість, кг	Ціна за кілограм, грн.	Загальна ціна, грн
Активоване вугілля АГ-2	3,31	24,79	23,75	588,64
Вода	10,78	80,79	4,05	327,18
Тетрафторетилен	1,8	13,50	450	6075,00
Гліцерин	0,11	0,77	250	192,50
Вуглецева тканина	80	600,00	1150	690000,00
Каталізатор	4,43	37,11	258	9574,38
Ізопропанол	0,22	1,66	2,1	3,48
Σ				706761,18

У ході виробничого процесу в якості енергоресурсів використовується вода у рубашці реактору для підтримання постійної температури реакційної суміші (один реактор витратою 4 м³/год., вода знаходиться в циклі, загальний об'єм води – 60 м³) та електроенергія, що витрачається на освітлення та потреби виробничої лінії (враховуючи, що виробничих ліній 2). Прийmemo, що лінії працюють з коефіцієнтом 0.95, потужність кожної – по 5 кВт на годину. Коефіцієнт денного освітлення – 0,5, потужність приладів освітлення – 1,5 кВт. Також працює вентиляція потужністю 0,2 кВт.

Таблиця 8.7 – Матеріальний баланс за енергоресурсами на місяць

Прихід	Витрата
– Електроенергія: 8 125,95 кВт – Вода: 60 м³	– Дві лінії: 5·0.95·21·16·2 = 4788 кВт – Освітлення: 1,5·21·2·0,5= 47,25 кВт
	– Вентиляція: 0,2·21·16=67,2 кВт – Вода: 60 м³

Витрати на енергоресурси (за рік) становить.

Згідно тарифів на електроенергію для першого класу напруги ціна за 1кВт·год складає 188 гривень 74 копійки

$$E_e = 4788 \cdot 12 \cdot 1,8874 = 108\,442,45 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Вода рубашках реакторів замінюється раз на два місяці, тобто загалом витрати на воду становитимуть:

$$E_v = 60 \text{ м}^3 \cdot 2 \cdot 2,42 \text{ грн/м}^3 = 435,55 \text{ грн.}$$

Загалом, річні витрати на енергоресурси становитимуть:

$$E_{\text{заг}} = 108\,442,45 + 435,55 = 108\,878,004 = 108\,878 \text{ грн/рік.}$$

Таблиця 8.8 – Витрати на заробітну плату

Посада	Кількість	ЗП _{мін} грн./міс	Тарифний коефіцієнт	Доплата за нічний час	Загальні витрати на ЗП
Начальник цеху	1	3200	4,06	-	12 992
Економіст	1	3200	1,97	-	6307
Конструктор	1	3200	1,82	-	5824
Технолог	1	3200	1,82	-	5824
Технолог	2	3200	1,82	1408	2816
Майстер зміни	2	3200	1,64	337	11170
Завідуючий складом	1	3200	1,54	-	4928
Комплектувальник	2	3200	1,45	298	9876
Прибиральник	2	3200	1,18	242	8036
Всього					67773
Нарахування					79248

Розрахунок ФОП:

ФОП = ЗП + Нарахування (22%) = 82683,06 грн/міс = 992196,72 грн/рік.

Таблиця 8.9 – Загальні витрати ОбФ

Статті затрат	Затрати на річний випуск грн./рік
Сировина	706761,18
Енергоресурси	108 442,45
ФОП	992 196,72
Всього	1807400,35

8.7 Калькуляція на вид продукції

Калькуляція передбачає розрахунок собівартості продукції. Для цього розраховуємо основні фонди та відрахування на амортизацію, оборотні фонди розраховані у пункті 3.

Розраховуємо суму річних амортизаційних відрахувань.

Таблиця 8.8 – Сума річних амортизаційних відрахувань

Основні фонди	Вартість, грн	Термін експлуатації	Амортизація	Норма амортизації, %
Обладнання	300 000	10 років	30000 грн./рік	10
Нематеріальні активи	10 000	12 років	833,3 грн./рік	8,3
Σ	310 000		30 833,3 грн./рік	

Відповідно, сума амортизаційних відрахувань:

$$A_{\text{обл}} = \frac{300\,000}{10} = 30\,000 \text{ грн./рік.}$$

$$A_{\text{нем.акт}} = \frac{10\,000}{12} = 833,3 \text{ грн./рік.}$$

До ОФ також входить оренда приміщення:

ОФ = 115 200 грн. (з розрахунку на площу 200 м² за ціною 48 грн. за 1 м² на термін – 12 місяців).

Таблиця 8.9 – Калькуляція на вид продукції

№	Елементи	Вартість, грн
1	Основні фонди – аренда приміщення, нематеріальні активи, обладнання.	425 200
2	Оборотні фонди:	
	– Сировина	706761,18
	– затрати на енергоресурси	108 442,45
	– ФОП	992 196,72
3	Відрахування на амортизацію (споруди, обладнання)	30 34
	Σ	2 235 634,35

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		68

8.8 Розрахунок техніко-економічних показників підприємства

1. Собівартість продукції:

$$C = A + \text{Об.З}, \quad (8.7)$$

де A – сума амортизаційних відрахувань, грн;
 Об.З – вартість оборотних засобів, грн.:

$$C = 30834 + 1807400,35 = 1838234,35 \text{ грн/рік.}$$

Питома собівартість:

$$C_{\text{пит}} = C/V, \quad (8.8)$$

Д C – собівартість, грн;
 V – випуск, од.:

$$C_{\text{пит}} = 1838234,35 / 5000 = 367,64 \text{ грн/од.}$$

Наступні техніко-економічні показники, а саме річний прибуток, рентабельність, термін повернення капіталовкладень та ефективність підприємства приймаються рівними нулю, оскільки продукт, що виробляється цехом, не направляється безпосередньо на ринок, а направляється до наступного цеху – цеху виробництва блоків паливних елементів.

Річний прибуток цеху:

$$\Pi = 0.$$

Рентабельність:

$$P = 0.$$

Ефективність підприємства:

$$E = 0.$$

8.9 Розрахунок точки безбитковості

Точка безбитковості (Break-Even Point) — обсяг або рівень операцій, при якому сукупний дохід дорівнює сукупним витратам, тобто це точка нульового прибутку або нульових збитків.

У точці безбитковості прибуток рівний нулю. Середня ринкова ціна електроду паливного елементу:

$$Ц = 400 \text{ грн};$$

Для розрахунку випуску, що забезпечуватиме точку безбитковості прирівняємо річний прибуток до нуля:

$$П_{\text{пит}} = Ц - C_{\text{пит}} = 0$$

$$Ц - \frac{C}{B} = 0$$

$$Ц - \frac{A + O\delta Z}{B} = 0$$

$$Ц \cdot B - A - O\delta Z = 0$$

$$400 \cdot B - 1\,838\,234,35 = 0$$

Відповідно, випуск точки безбитковості становитиме:

$$B = \frac{1\,838\,234,35}{400} = 4\,595,58 = 4\,596 \text{ од.}$$

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		70

Розроблено електродний цех підприємства «Fuel cell», продуктом виробництва якого є електроди паливних елементів. Було обрано оптимальний ВРПП, розроблений графік змінності, проведені матеріальна, документальна та організаційно-технічна підготовка виробництва. Випуск продукції становить 5000 одиниць на рік. Питома собівартість одного електроду складає 367,64 грн/од.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		71

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

У ході виробництва електродів паливних елементів виділяються шкідливі речовини, використовуються агресивні розчини і процеси проходять в складній апаратурі, яка обслуговується транспортними засобами, що приводяться в дію електричними двигунами. Також використовується механічна та теплова енергія, а також енергія хімічних реакцій.

Проектне рішення прийнято з урахуванням вимог охорони праці, та пожежної безпеки виробництва.

В даному розділі на основі оцінки шкідливих та небезпечних виробничих факторів, розроблено комплекс заходів щодо створення здорових та безпечних умов праці та пожежної безпеки.

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

Повітря робочої зони.

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 роботи, що передбачені у відділенні виробництва каталізатору NiFe_2O_4 , відносяться до категорії Пб.

У таблиці 9.1 наведені оптимальні значення параметрів мікроклімату

Таблиця 9.1 – Оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничого приміщення

Період	Категорія Робіт	Допустимі норми		
		Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний і перехідний період	Пб	15-21	Не більше 75	Не більше 0,4
Теплий період		15-27	Не більше 75	0,2-0,5

Температура внутрішніх поверхонь приміщень, а також температура зовнішніх поверхонь технологічного устаткування не повинна виходити за межі допустимих величин температури повітря для даної категорії робіт. Отже, для теплого періоду року температура не повинна перевищувати 29 °С.

Для забезпечення нормальних метеорологічних умов у проектованому відділенні вжито наступні заходи:

- механізація і автоматизація важких і трудомістких робіт, дистанційне керування;
- теплоізоляція устаткування, апаратів, комунікацій і інших джерел, випромінюючих на робочі місця тепло.

Небезпечними в проектованому відділенні є гідроксид натрію, нітрат кобальту, нітрат нікелю, тефлон, ізопропанол, гліцерин, пропіленгліколь на стадії дозування та розчинення. Також небезпеку являє пил каталізатору та пил активованого вугілля на стадії випаровування вологи та прокалювання каталізатору. У таблиці 9.2 наведена коротка санітарна характеристика відділення, що проектується.

Для усунення такого шкідливого фактору, як пил, у цехах присутня вентиляційна система. Найбільш ефективним засобом зменшення запиленості робочої зони є передбачені проектом герметизація устаткування та його аспірація. Передбачена аспіраційна система містить у собі аспіраційні лійки, систему повітропроводів, вентилятор типу ЦП7-40 для викиду повітря в атмосферу.

Також введене індивідуальне захисне оснащення: застосування протипилевого одягу, респіраторів, захисних окулярів, марлевих пов'язок, протигазів.

Передбачено систему центрального водяного опалювання робочих приміщень.

У виробничих умовах мікроклімат вимірюється на початку, в середині і в кінці холодного і теплого періодів року не менше трьох разів за зміну.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		
						73

Температура вимірюється ртутним, спиртовим термометром. Відносна вологість – психрометром аспіраційним, швидкість повітря – анемометром.

Таблиця 9.2 – Коротка санітарна характеристика проектового відділення

Назва виробничої дільниці	Шкідливі речовини, що виділяються, причини виділення	Група шкідливої речовини, характеристика шкідливого впливу	ГДК шкідливої речовини у мг/м ³	Клас небезпечності шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту, тип, марка, ГОСТ	Засоби долікарняної допомоги	Метод контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони
1	2	3	4	5	6	7	8
Дільниця дозування та розчинення	Нітрат кобальту, розсип, пролив	Подразнює шкіру та слизові оболонки, викликає опіки	-	II	Рукавички гумові, ГОСТ 20010-74, респіратор РПГ-67, патрон марки В, окуляри, захисний комбінезон	При потраплянні на шкіру промити водою, обробити 2-3% розчином соди	ХЖ-130 хроматограф рідинний, мікроколоночний
Дільниця дозування та розчинення	Нітрат нікелю, розсип, пролив	Подразнює шкіру та слизові оболонки, викликає опіки	-	II	Рукавички гумові, ГОСТ 20010-74, респіратор РПГ-67, патрон марки В, окуляри, захисний комбінезон	При потраплянні на шкіру промити водою, обробити 2-3% розчином соди	ХЖ-130 хроматограф рідинний, мікроколоночний

Продовження таблиці 9.2

Дільни ця дозува ння та розчи нення	Гідрок- сид натрію	Подраз- нює шкіру та слизові оболонки, викликає опіки	5	II	Рукавички гумові, ГОСТ 20010-74, респіратор РПГ-67, патрон марки В, окуляри, захисний комбінезон	Промити водою та обробити 5% розчином оцтової кислоти, а очі 2% розчином борної кислоти	ХЖ-130 хромато- граф рідинний, мікро- колоноч- ний
Дільни ця дозува ння та розчи нення	Тефлон, пролив	Подраз- нює слизові оболонки дихаль- них шляхів, викликає запальні процеси органів дихання.	0,5÷ 0,1	I	Рукавички гумові, ГОСТ 20010-74, респіратор РПГ-67, патрон марки В, окуляри, захисний комбінезон	Промивка очей, провітрю- вання приміщень	ХЖ-130 хромато- граф рідинний, мікро- колоноч- ний
Дільни ця дозува ння та розчи нення	Ізопро- панол	Викликає головний біль, надає подраз- нюючу дію на очі і дихальні шляхи.	10	III	Рукавички гумові, ГОСТ 20010-74, респіратор РПГ-67, патрон марки В, окуляри, захисний комбінезон	Промивання шлунка, вентиляція легенів	ХЖ-130 хромато- граф рідинний, мікро- колоноч- ний
Дільни ця дозува ння та розчи нення	Пропі- ленгліко ль	Пораз- нення очей і верхніх дихаль- них шляхів	7	II	Рукавички гумові, ГОСТ 20010-74, респіратор РПГ-67, патрон марки В, окуляри, захисний комбінезон	Промивка очей, провітрю- вання приміщень	ХЖ-130 хромато- граф рідинний, мікро- колоноч- ний

Продовження таблиці 9.2

Дільни- ця дозува- ння та розчи- нення	Гліцерин	Пораз- нення очей і верхніх дихаль- них шляхів	10	II	Рукавички гумові, ГОСТ 20010-74, респіратор РПГ-67, патрон марки В, окуляри, захисний комбінезон	Промивка очей, провітрю- вання приміщень	ХЖ-130 хромато- граф рідинний, мікро- колоноч- ний
Вироб- ничий цех	Ката- лізатор- ний пил	Подраз- нюючий неотруй- ний пил	1,1÷ 10	III	Респіратор індивідуаль- ного використан- ня, спец. одяг ГОСТ 12.4.099-80	Промивка очей, провітрю- вання приміщень	1 раз у квартал дилемі- ром ПРИ-32м

При нагріванні фторопласта-4 вище 325 °С можуть виділятися летючі продукти термоокиснюваної деструкції, що містять в своєму складі: фторид водню, перфторізобутилен, оксид вуглецю і тетрафторетилен. Гранично допустимі концентрації вищенаведених речовин в повітрі робочої зони виробничих приміщень відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 наведені в таблиці 9.3

Таблиця 9.3 – Гранично допустимі концентрації летючих продуктів

Назва речовини	ГДК, мг/м ³	Клас небезпечності
Фторид водню	0,5/0,1	1
Перфторізобутилен	0,1	1
Оксид вуглецю	20	4
Аерозоль фторопласту-4	10	4
Тетрафторетилен	30	4

Конструкція стулки віконного отвору – одинарна верхньопідвісна. Висота і довжина стулки рівні, кут відкриття стулки а складає 45 °. Ліхтар П-видний з фрамугами на вертикальній осі з вітрозахисними панелями, які знаходяться на відносному відстані l/h у півтора метра, з кутом відкриття а рівне 90°.

Визначаємо температуру повітря, що видаляється з верхньої зони приміщення:

$$t_{\text{вид}} = t_{\text{зовн}} + \frac{t_{\text{зовн}} - t_{\text{р.з.}}}{m}, \quad (9.1)$$

де $t_{\text{зовн}}$ – температура зовнішнього повітря. Для Києва в теплий період $t_{\text{зовн}}=23,5^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{вн.}}$ – температура внутрішнього повітря; $t_{\text{вн}}=25^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{р.з.}}$ – температура повітря, що поступає в робочу зону;

$t_{\text{р.з}} = t_{\text{зовн.}} = 23,5^{\circ}\text{C}$;

m – коефіцієнт, приймаємо рівним 0,53.:

$$t_{\text{уд.}} = 23,5 + \frac{25 - 23,5}{0,53} = 26,3^{\circ}\text{C}$$

Визначаємо питому вагу повітря:

$$\rho = \frac{353}{t + 273}, \quad (9.2)$$

$$\rho_{\text{нар.}} = \frac{353}{23,5 + 273} = 1,191 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{уд.}} = \frac{353}{26,5 + 273} = 1,179 \text{ кг/м}^3.$$

Далі для визначення втрат тиску потрібно визначити розподілений тиск.

Розподілений тиск визначаємо за формулою:

$$\Delta p_{1,2} = h \cdot (\rho_{\text{зовн}} - \rho_{\text{вид}}), \quad (9.3)$$

де h – відстань між осями прорізів, дорівнює 10 метрів.:

$$\Delta \rho_{1,2} = 10 \times (1,191 - 1,179) = 0,12 \text{ кг/м}^2.$$

Втрати тиску на прохід повітря через припливні отвори можна визначити за формулою:

$$\Delta p_{1,2} = \beta \times \Delta p, \quad (9.4)$$

де β – частина різниці тисків, яка використовується на прохід повітря через припливні отвори, $\beta = 0,4$.

$$\Delta p_2 = 0,2 \times 0,12 = 0,024 \text{ кг/м}^2.$$

Втрати тиску на прохід повітря через ліхтар визначаємо за формулою:

$$\Delta p_2 = \Delta p_{1,2} - \Delta p_1, \quad (9.5)$$

$$\Delta p_2 = 0,12 - 0,024 = 0,096.$$

Далі треба визначити площу отворів в стіні $F_{\text{прит.}}$ и площу отворів ліхтаря $F_{\text{ліхт.}}$.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		78

Площа отворів в стіні $F_{\text{прит.}}$ визначається за формулою:

$$F_{\text{прит.}} = \frac{G_{\text{прит.}}}{3600 \sqrt{\frac{2 \times g \times \rho_{\text{зовн.}}}{\xi_1} \times \Delta \rho_1}}, \quad (9.6)$$

де $G_{\text{прит.}}$ – кількість повітря, яке повинно надходити в приміщення, м^3 .:

$$F_{\text{прит.}} = \frac{4200}{3600 \sqrt{\frac{2 \times 9,8 \times 1,191}{3,7} \times 0,024}} = 29,98 \text{ м}^2.$$

Площа отворів ліхтаря $F_{\text{ліхт}}$ визначається за формулою:

$$F_{\text{фон..}} = \frac{G_{\text{вид}}}{3600 \sqrt{\frac{2 \times g \times \rho_{\text{вид.}}}{\xi_2} \times \Delta \rho_2}}, \quad (9.7)$$

де $G_{\text{вид}}$ – кількість повітря, яке видаляється, м^3 .:

$$F_{\text{фон..}} = \frac{30000}{3600 \sqrt{\frac{2 \times 9,8 \times 1,179}{4,1} \times 0,096}} = 11,33$$

9.2 Виробниче освітлення

У проекті передбачається суміщене освітлення, тобто поєднання природного та штучного. Природне освітлення комбіноване – бокове з верхнім.

На заводі застосовується штучне освітлення за функціональним призначенням наступних видів: робоче, чергове, аварійне, евакуаційне, охоронне.

У таблиці 9.4 представлені норми освітленості приміщень за ДБН 13.25.28-06.

Таблиця 9.4 – Допустимі рівні освітленості

Характер зорових робіт	Розряд зорових робіт	Освітленість при штучному освітленні		Коефіцієнт КПО при сумісному освітленні, %	
		Комбіноване	Загальне	Верхнє і бічне	Загальне
Середньої точності	IV б	500	200	2,4	0,9

Виробнича система освітлення оснащена люмінесцентними світильниками типу ПВЛ-1 240 (U=40 Вт, пиловологозахисні):

- для видалення стробоскопічного ефекту загальна система освітлення представлена світильниками з люмінесцентними лампами – світильники прямого світла, направляють у нижню півсферу не менш 80% усього світлового потоку;
- для чергового освітлення використовується частина світильників робочого освітлення;
- для аварійного освітлення згідно СН-180-79 застосовують лампи розжарення Б-40, люмінесцентні лампи ЛДЦ-15.

Стіни й стелі пофарбовані у світлі тони, внутрішні поверхні огорожень і небезпечні елементи механізмів – у червоний.

Контроль освітленості здійснюється люксометром Ю-116 або Ю-117 не менш одного разу в рік, а також після ремонту.

9.3 Захист від виробничого шуму та вібрації

Виробничий шум виникає в результаті роботи апаратурного обладнання. Шуми носять постійний характер.

Згідно ДСН 3.3.6.037-99, допустимі рівні звуку в приміщеннях та території підприємства становлять 80 дБА.

Джерелами вібрації на підприємстві є: електродвигуни, насоси та вентилятори. Згідно ДСН 3.3.6.039-99 дана вібрація відноситься до загальної вібрації категорії 3 типу «А». Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях наведені у таблиці 9.5.

Таблиця 9.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях.

Вид вібрації	Допустимі рівні вібрації, дБ, у середньгеометричних частотах, Гц					
	2	4	8	16	31.5	63
Загальна	108	99	93	92	92	92

Для захисту від виробничого шуму в цеху передбачені пристрої: перегородки та екрани, які встановлюють між джерелом шуму і робочим місцем. Також для зниження шуму передбачені об'ємні звукопоглиначі у вигляді перфорованих кубів і куль, підвішених над шумними агрегатами.

Щоб знизити рівень вібрації під вібруюче обладнання передбачені амортизатори вібрацій, виготовлені із сталевих пружин. Для динамічного гасіння коливань передбачені плаваючі маятникові гасителі вібрації.

Для вимірювання та аналізу шуму і вібрації передбачені шумоміри ВШП-003 і частотні аналізатори.

9.4 Електробезпека

Електроустаткування, яке використовується на підприємстві, живиться від трифазної чотирипровідної електромережі змінного струму із частотою 50 Гц і напругою 380÷220 В з глухозаземленою нейтраллю. Можливі ураження електричним струмом у результаті дотику до елементів устаткування.

Виробничі цехи відносяться до приміщень з підвищеною небезпекою: можливість одночасного дотику людини з металоконструкціями, що мають з'єднання із землею, будинків – з однієї сторони й металевим кожухом устаткування – з іншої.

На обертових частинах електроустаткування виникають заряди статичної електрики. Їхнє утворення впливає на людей, становить небезпеку при впливі іскрових розрядів.

Відповідно до ГОСТ 12.1.038-82 допустимі рівні напруг дотику і струму, що проходить через тіло людини:

При нормальному режимі роботи електроустаткування $U=2В$, а $I=0.3мА$; при аварійному – відповідно 36В і 6мА.

Шкідлива дія електричного струму на людину розраховується за формулою:

$$I_{\text{люд}} = \frac{U_{\text{дот}}}{(R_{\text{л}} + R_0)}, \quad (9.8)$$

де $U_{\text{дот}}$ – напруга дотику, В;

$R_{\text{л}}$ – опір людини, Ом;

R – опір заземлюючого устаткування, Ом.

Допустимі величини сили струму та напруги дотику згідно з
ГОСТ 12.1.038-82:

$$\begin{cases} I_{\text{люд}} \leq 6 \text{ мА} \\ U_{\text{д}} = 36 \text{ В} \end{cases}, \text{ при } t_{\text{д}} > 1 \text{ с, аварійний режим};$$

$$\begin{cases} I_{\text{люд}} = 0,2 \text{ мА} \\ U_{\text{д}} = 2 \text{ В} \end{cases}, \text{ при } t_{\text{д}} \leq 10 \text{ хв/добу, нормальний режим}.$$

При нормальному режимі $\tau \leq 10 \text{ хв/добу}$, $R_{\text{л}}$ рівне 3000 Ом, R_0 рівне 4 Ом. Тоді згідно з рівняннями:

$$I_{\text{л}} = \frac{220 \cdot 10^3}{3000 + 4} = 73.23 \text{ мА};$$

$$U_{\text{д}} = 73.23 \cdot 3 = 219,72 \text{ В}.$$

Отже, розраховані значення $I_{\text{л}}$ і $U_{\text{д}}$ значно перевищують наведені вище нормативні значення. Це свідчить про те, що при порушенні вимог ПУЕ в цеху можливі електротравми з тяжкими наслідками.

Для електробезпечності на заводі розроблено наступні заходи:

- застосування огорожень для захисту й ізоляції частин електрообладнання, відкриті струмоведучі частини електроустаткування обгороджені сіткою;
- застосування захисного занулення устаткування;
- захист електропроводу від механічних ушкоджень прокладкою у трубах;
- установка електроустаткування відповідно до умов навколишнього середовища, закриті пилонепроникні двигуни;

- найменша величина опору ізоляції проводів відносно землі для електроустановок $U=1000$ В, опором $0,5$ МОм. Застосовується занулення.
- відключення устаткування забезпечується пристроями, які автоматично відключають несправну ділянку мережі або електроустановки, при виникненні уражень, небезпечних для життя людини;
- захисні засоби: діелектричні рукавички, інструменти з ізольованими рукоятками, показники напруги, ізолюючі підставки, тимчасові огороження, захисні окуляри.

9.5 Безпека технологічних процесів і устаткування

Небезпечними і шкідливими виробничими факторами на даному технологічному підприємстві є:

- підвищена напруга в електромережі;
- небезпека механічного травмування;
- термоопік;
- вибухонебезпечність;
- пожежонебезпека.

Джерелами небезпеки являються:

- пульти керування печі, електронагрівники, сушильні пристрої;
- слизька підлога, привід.

На заводі присутнє устаткування з деталями, що рухаються, і механізмами. Частини механізмів, що рухаються, при недотриманні техніки безпеки, можуть спричинити різні травми людини.

На даному виробництві використовуються теплові агрегати – сушилки і піч.

В сушарках процес відбувається при температурі $T=105-110^{\circ}\text{C}$, у печі при $T=300-310^{\circ}\text{C}$. Виділення надлишкового тепла відбувається через нагріті поверхні агрегатів.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		84

9.6 Пожежна безпека

Причинами займання можуть виступати ізоляційні матеріали, електропроводка, мастила для змащення устаткування.

Основними причинами таких займань можуть бути електрозамикання, статична електрика, виникнення електродуги при обриві ланцюгів високої напруги.

Пожежна профілактика при експлуатації електроустаткування полягає в наступних заходах:

- підтримці опору ізоляції не нижче допустимого рівня;
- захисті ізоляції від теплового, механічного й агресивного впливу;
- захист від виникнення електростатичних зарядів досягається заземленням виробничого устаткування.

Для забезпечення гасіння пожеж завод оснащений наступними засобами:

- вогнегасники вуглекислотні типу УО-2, УО-11, УО-8;
- автоматичні засоби (дренчерні установки);
- ящики з піском об'ємом 1м³.

Будівля захищена від прямого удару блискавки стрижньовим блискавковідводом. Будівля є вогнестійкою, має два запасні виходи шириною два метри. Передбачена пожежна сигналізація автоматичного типу на стелі, сигналізація типу ПТІМ-1.

Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів наведено у таблиці 9.6

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		85

Таблиця 9.6 – Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин

Цех	Цех	Назва ділянки, приміщень
Ізопропіловий спирт	Тефлон	Речовини, що мають обіг у виробництві
Рідкий	Рідкий, у вигляді емульсії	Агрегатний стан в н.у.
Горючий	Горючий, займистий	Горючість і займистість
-	-	Показники пожежо- і вибухонебезпечності, °С
-	-	
455	520	
Легкозаймисті рідини	Важкогорючі матеріали	Група
Повітряно-механічна піна, вода	Пісок, азбестова ковдра, вогнегасник.	Вогнегасні засоби
Б	Б	Категорія приміщення за ОНТП 24-86
В-Ia	В-Ia	Клас приміщення згідно з ПУЕ
III A	III A	Категорія об'єкта і тип зони захисту щодо влаштування блискавко-захисту згідно з СН 305-77

10 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА

Основним завданням цього розділу є опис всіх екологічних проблем відділення та розробка методів їх вирішення. У наступних розділах буде наведені характеристики вихідних речовин та продуктів, можливі варіанти екологізації, екологічний моніторинг, підрахунок вмісту забруднюючих речовин та розрахунок екологічних платежів

10.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються

Дані речовини будуть застосовані для виробництва електродів із нанесеним каталізатором – нікель-кобальтовою шпінеллю.

Характеристика сировини і продуктів наведені у таблиці 10.1.

Таблиця 10.1 – Характеристика сировини і продуктів

№	Перелік сировини, продукції	Властивості	Проблеми	Кількість сировини, напівпродуктів, кг (м ³)	
				На 1 кг продукції	За рік
1	2	3	4	5	6
2	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Кристалічна речовина, добре розчинна у воді, температура плавлення 57°C. При плавленні виділяється NO_2	Може погіршити екологічний стан	0,331	1655
3	$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Кристалічна речовина, добре розчинна у воді, температура плавлення 56,7°C. При плавленні виділяється NO_2	Може погіршити екологічний стан	0,1078	539
4	Пропілен-гліколь	Безбарвна в'язка рідина зі слабким характерним запахом, температура плавлення мінус 60°C	Може погіршити екологічний стан	0,18	900

Продовження таблиці 10.1

5	NaOH	Кристалічна речовина, білий колір, температура плавлення 323°C, добре розчинний у воді	Може завдати значну шкоду навколишній фауні та флорі, значно погіршити екологічний стан	0,011	55
6	Активоване вугілля	Дрібнодисперсний порошок від темно-сірого до чорного кольору, температура тління 365°C	Пил активованого вугілля може погіршити екологічний стан	0,80	4000
7	Тефлонова емульсія	Молочно-біла рідина, температура плавлення мінус 337°C	Продукти розкладу є небезпечними, можуть погіршити екологічний стан	0,495	2475
8	Ізопропанол	Прозора, безбарвна рідина з різким запахом, температура плавлення мінус 89,5°C	Низько-токсичний проте вогне небезпечний	0,022	110
9	Гліцерин	В'язка прозора рідина., температура плавлення 18°C	Низько-токсичний	0,101	505
10	Вода	Безбарвна прозора рідина	-	0,331	1655
11	NiCo ₂ O ₄	Кристалічна речовина бурого кольору	Не токсичний	0,1078	539

10.2 Можливі варіанти екологізації відділення та обране рішення

З точки зору впливу на навколишнє середовище найбільшою проблемою є можливість виділення летючих продуктів термоокиснюваної деструкції тефлону. Летючі продукти термоокиснюваної деструкції містять в своєму складі: фторид водню, перфторізобутилен, оксид вуглецю і

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		88

тетрафторетилен. Гранично допустимі концентрації продуктів розкладу в повітрі робочої зони виробничих приміщень відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 наведені в таблиці 9.3. Безпечне середовище виробничих приміщень забезпечується засобами контролю стану повітряного середовища, місцевою витяжною вентиляцією обладнання та приливно-витяжною вентиляцією приміщень. Проте варто забезпечити і відсутність впливу даних речовин на стан навколишнього середовища. У даному випадку екологізація виробничого процесу полягає у забезпеченні контролю наявності продуктів термоокиснюваної деструкції.

Найбільш небезпечним продуктом термоокиснюваної деструкції тефлону є фторид водню – безбарвний газ з різким запахом. На повітрі димить внаслідок утворення з парами води дрібних крапель розчину кислоти. В повітрі промислової зони наявність фториду водню визначають приладами хімічної розвідки ВПХР, ППХР, ПХР-МВ з використанням індикаторної трубки ІТ-44 (рожева фарба, поріг чутливості 5мг/м^3), аспіраторами АМ-5, АМ-0055, АМ- 0059, НП-3М з індикаторними трубками на фторид водню, індикаторними трубками промислових хімічних викидів ГПХВ-2 в діапазоні 1-1000 мг / м³.

У випадку наявності фториду водню у повітрі робочої зони нейтралізація відбувається розпиленням води або наступних розчинів:

- аміачною водою;
- 10 %-вим водним розчином гашеного вапна;
- вапняним молоком;
- 10 %-вим водним розчином кальцинованої соди.

Окрім наявності продуктів термоокиснюваної деструкції тефлону варто також контролювати вміст пилу активованого вугілля у повітрі. Для циркулюючого у сушилах повітря варто використовувати гофрокартонні фільтри, які використовуються для затримки всіх рідких або твердих частинок, що знаходяться в повітрі. Інерційний спосіб фільтрації повітря

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		89

фільтром дозволяє вловлювати і утримувати частинки в той час як повітряний потік продовжує безперешкодно циркулювати.

10.3 Екологічний моніторинг та розрахунок екологічних платежів

Екологічний моніторинг виробництва – це система нагляду, аналізу, зберігання інформації про стан навколишнього середовища, прогнозування її змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій щодо покращення екологічного стану на підприємстві і навколо нього та для прийняття ефективних управлінських рішень.

Суми податку, який справляється за викиди забруднюючих речовин атмосферне повітря, обчислюються платниками самостійно щокварталу виходячи з фактичних обсягів викидів, ставок податку та коригуючих коефіцієнтів за формулою :

$$ПВ_c = \sum_{i=1}^n (M_i \cdot Нп_i), \quad (10.1)$$

де M_i – обсяг i -тої забруднюючої речовини, т;

$Нп_i$ – ставки податку в поточному році за тонну i -того виду забруднюючої речовини, грн.

На 1 кг готового продукту сума викидів становить 0,01 кг. Отже, за рік викидається 5 кг. Згідно статі 243 Податкового кодексу України податок на пил активованого вугілля (у відповідності до III класу небезпечності) становить 480,47 грн/т.

$$ПВ_c = \sum_{i=1}^n (5 \cdot 0,48047) = 2,4 \text{ грн.}$$

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		90

Висновки: в даному розділі дипломного проекту було визначено і охарактеризовано основні види відходів та розроблено систему їх знешкодження. Розраховано суму екологічного податку, він складає 2,4 грн/рік.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		91

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті проведено критичний аналіз технології виробництва каталізатору для паливного елементу методом співосадження, а також технологію одержання електроду паливного елементу із нанесенням методом розпилення каталізатору. Аналізуючи взаємозв'язок між умовами синтезу та структурними характеристиками отриманого каталізатору, а також взаємозв'язок між параметрами технологічного режиму та властивостями отримуваних електродів, обрано метод співосадження як метод синтезу каталізатору та обґрунтовано параметри режиму виробництва.

Наведено теоретичні основи стадій одержання каталізатору та електродної пластини, викладені основні норми процесів його отримання.

На підставі розглянутих теоретичних основ та згідно з завданням дипломного проекту розроблені відділення одержання електродів паливних елементів та каталізатору – нікель-кобальтової шпінелі. Розраховано матеріальний баланс процесу співосадження та загальний матеріальний баланс процесу при потужності 500 кг/рік. На основі матеріального балансу розраховано тепловий баланс процесу та витратні коефіцієнти за сировиною і матеріалами, які складають: для нікелю (II) нітрату – 0,76 кг/кг, для кобальту (II) нітрату – 1,52 кг/кг, для гідроксиду натрію – 1,07 кг/кг відповідно.

Базуючись на умовах технологічного процесу, об'ємах та властивостях перероблюваної сировини, розраховано та обрано основне технологічне обладнання – реактор з мішалкою, висота якого складає 4421 мм., діаметр – 1600 мм., а робочий об'єм становить 3,2 м³. Також розраховано та обрано допоміжне обладнання, таке як насоси перекачування рідин.

Технологічна схема процесу була автоматизована на рівні локальної автоматики та мікропроцесорної техніки. Передбачено контроль та регулювання дозування реагентів, витрат теплоносія у реакторах, контроль та сигналізацію рівня у мірниках, контроль температури у реакторах, сушарках та печах.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		92

У ході економіко-організаційних розрахунків визначено основні техніко-економічні показники відділення, такі як річний випуск продукції, чисельність персоналу, обсяг капіталовкладень, загальна собівартість продукції. Розраховано, що при випуску у 5000 одиниць на рік питома собівартість одного електроду складатиме 367,64 грн/од.

В розділі охорони праці дипломного проекту вказано характеристики та класи небезпечності для вихідної сировини та продуктів та проведено аналіз всіх можливих шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які присутні на підприємстві. Також розраховано аерацію цеху та описано заходи пожежної безпеки та профілактики.

Також у ході екологічного моніторингу визначені і охарактеризовані основні джерела та види відходів відділення та запропоновано варіанти екологізації виробництва. Описано основні методи аналізу наявності у повітрі робочої зони продуктів термоокиснювального розкладання тefлону та методів їх нейтралізації. Розраховано суму екологічного податку, він складає 2,4 грн/рік.

Даний дипломний проект був виконаний з врахуванням вимог щодо охорони праці та екологічної безпеки.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		93

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Архангельский И. В. Низкотемпературные топливные элементы с протонопроводящей полимерной мембраной: теоретические основы, материалы и конструкции [Текст] : науч.пос. / И. В. Архангельский, Ю. А. Добровольский, Т. Н. Смирнова и др.; За общ. ред В. В. Авдеева, И. Б. Лазоряка, В. В. Теплякова – М.: Московский Государственный Университет имени М. В. Ломоносова, 2007 г. – 84 с. – Библиогр.: с. 82. – 28 пр.

2. Gas diffusion electrode manufacture and MEA fabrication / Michael W. Ball, Justin Fischer, Mark E. Fejer / Qinbal Fan, Chicago, IL (US); Slem Le, Chicago, IL (US) – 2003. – US 6,627,035 B2.

3. Чоркендорф И. Современный катализ и химическая кинетика [Текст] : науч. изд. / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт. – Д. : Издательский Дом «Интеллект», – 2010 – 504 с. : ил. – Библиогр.: с. 492. – 19 пр. – ISBN 978-966-622-287-2.

4. Пахомов Н. А. Научные основы приготовления катализаторов: введение в теорию и практику [Текст] : науч. изд. / Н. А. Пахомов ; под общ. ред В. А. Садыкова. – Н.:СО РАН, – 2011 – 262 с. : ил. – Библиогр.: с. 242–258. – 260 пр. – ISBN 978-5-7692-1185-0.

5. ГОСТ 10007-80. Фторопласт-4. Технические условия [Текст]. – Действителен от 01.07.1981. – М.: Стандартиформ, 2008. – 16 с. : ил.

6. ГОСТ Р 56358-2015. Уголь активированный АГ-2. Технические условия [Текст]. – Действителен от 01.07.2016. – М.: Стандартиформ, 2016. – 8 с. : ил.

7. Журавлёв Г. И. Химия и технология ферритов [Текст] : научн. пос. / Журавлёв Г. И. – Л.: «Химия», 1970. – 192 с. : ил. – Библиогр.: с. 187–189. – 36 пр.

8. Федорченко И.М. Энциклопедия неорганических материалов [Текст] : науч. изд. / И.М. Федорченко ; под общ. ред. И.М. Федорченка. — К., 1977. — 1070 с. : ил. – Библиогр.: с. 1056–1060. – 84 пр.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		94

9. Ситидзе Ю. Ферриты [Текст] : науч. изд. / Ю. Ситидзе ; под общ. ред Ю.Ситидзе — М.: Мир, 1964. - 408 с.: ил. – Библиогр.: с. 402–403. – 56 пр.

10. Тарасевич М.Р. Мембранно-электродный блок (МЭБ) для кислородно (воздушно) – водородного топливного элемента и способ его изготовления [Текст] RU2007108663 / М. Р. Тарасевич, В. В. Емец, В. А. Богдановская ; заявитель ООО «Национальная инновационная компания «Новые энергетические проекты» – RU2007108663 ; заявл. 09.03.07 ; опубл. 20.02.2008 – 17 с. : ил.

11. Барон Н.М. Краткий справочник физико-химических величин. [Текст]: изд 8-е, перераб. / Н. М. Барон, А. М. Пономарева, А. А. Равдель и др.; Под ред. А. А. Равделя и А. М. Пономаревой. – Л.: Химия, 1983 г. – 232 с. – Библиогр.: с. 221. – 91 пр. – ISBN 5-86457-116-4.

12. Краснов К.С. Физическая химия [Текст]: науч.изд.: В 2 кн. / К. С. Краснов, Н. К. Воробьев, И. Н. Годнев и др.; Под ред. К. С. Краснова – М.: Высш. шк., 2001 г. – Ч. 1. Строение вещества. Термодинамика: Учеб. Для вузов – 512 с. – ISBN 5-06-004025-9.

13. Иоффе И.Л. Проектирование процессов аппаратов химической технологии [Текст] : науч. изд. / И. Л. Иоффе. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.

14. Лукінюк М.В. Технологічні вимірювання та прилади [Текст]: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КП», 2007. – 436 с. : іл. – Бібліогр.: с. 427-428. – 200 пр. –ISBN 978-966-622-247-6.

15. ГОСТ 12.1.038-82. «Электробезопасность».

16. ДСН 3.3.6.037-99. «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

17. ДСН 3.3.6.039-99. «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

18. ДБН 2.5.-28-2006. «Природне і штучне освітлення».

19. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		95

20. Круш П.В. Економіка підприємства [Текст]: навч. посіб. / за заг. ред. П.В. Круша, В.І. Подвігіної, Б.М. Сердюка. – К.: Ельга-Н, КНТ, 2007. – 780 с. – Бібліогр.: с 44-46. – 1000 пр. – ISBN 966-373-205-9.

21. Підлісна О.А. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів для студ. хіміко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання / Уклад.: О.А. Підлісна, В.В. Янковий, М.П. Дорошенко. – К.: ІВЦ „Видавництво „Політехніка”, 2002 – 28 с. – Бібліогр. с. 25-27. – 300 пр.

					ДП ХН 3104 1440 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		96