

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	11
Вступ.....	12
1 Обґрунтування та вибір способу виробництва	14
2 Характеристика продукції, сировини, матеріалів, енергетичних носіїв ...	16
3 Характеристика прийнятого методу виробництва, хімізм, теоретичні основи і обґрунтування норм технологічних режимів.....	21
4 Технологічна схема виробництва.....	27
5 Визначення витратних коефіцієнтів з сировини, напівпродуктів, допоміжних матеріалів та енергетичних носіїв	30
5.1 Розрахунок матеріального балансу виробництва	30
5.2 Розрахунок енергетичного (теплого) балансу виробництва.....	35
5.3 розрахунок витратних коефіцієнтів	38
6 Характеристика технологічного обладнання	40
6.1 Розрахунок та вибір основних реакторів.....	40
6.2 Розрахунок та вибір допоміжного технологічного обладнання.....	42
6.3Програмування розрахунків на персональних комп'ютерах	44
7 Автоматичний контроль та керування виробництвом	47
7.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації та обґрунтування задач автоматизації	48
7.2 Опис розробленої схеми автоматизації відділу кальцинації гідрокарбонату натрію у виробництві кальцинованої соди	49
8 Економіко-організаційні розрахунки	51
8.1 Організаційна структура підприємства.....	51
8.2 Рух предметів праці	57

					ХН 3103 1440 001 ПЗ						
		№ докум.	Підпис								
Розроб.	Брянцева М.Є.				Реконструкція відділення кальцинації виробництва кальцинованої соди				Лім.	Арк.	Арку
Перевір.	Прокоф'єва										
Реценз.											
Н. Контр.	Супрунчук В.І.										
Затверд.	Толстопалова										
					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ХТФ, ар. ХН-31						

8.3	Режим роботи відділу	559
8.4	Кадрові показники	57
8.5	Матеріальний баланс оборотних засобів підприємства.....	59
8.6	Контроль виробництва	61
8.7	Основні фонди виробництва.....	64
9	Охорона праці	67
9.1	Виявлення та аналіз ШНВФ на проектному об'єкті.....	67
9.1.1	Повітря робочої зони	67
9.1.2	Виробниче освітлення	71
9.1.3	Захист від виробничого шуму та вібрацій.....	72
9.1.4	Електробезпека.....	72
9.1.5	Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання.....	73
9.2	Пожежна безпека.....	74
10	Екологічна безпека виробництва.....	78
10.1	Аналіз джерел та розрахунків кількості відходів, що утворюються ..	78
10.2	Можливі варіанти екологізації виробництва	80
10.3	Розрахунки та підбір обладнання за обраним рішенням	83
10.4	Екологічний моніторинг.....	84
	Висновки	85
	Перелік посилань.....	87

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

РХУ – редуційна холодильна установка

ПК – паровий кальцинатор

ХК – холодильник -конденсатор

КВОУ – комплексна воздухоочистная установка

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Содопродукти – кальцинована сода, важка сода, каустична сода, гідрокарбонат натрію та кристалічна сода відносяться до найважливіших видів продукції основної хімічної промисловості.

Сьогодні найбільшими споживачами соди є хімічна, металургійна та інші галузі народного господарства. В хімічній промисловості сода використовується для отримання каустичної соди хімічними методами, гідрокарбонату натрію, миючих засобів, сполук хрому, сульфідів та фторидів, фосфатів, нітрату натрію, натрієвої селітри та ін., а також витрачається для виробництва листових, прокатних, світлотехнічного скла, силікатної глиби, пляшок, кришталю, сортової посуду. Велика кількість карбонату натрію використовується в кольоровій металургії та, здебільшого, при виробництві глинозему з бокситів методом спікання, при переробці свинцево-цинкових, кобальто-нікелевих, а також вольфрам-молібденових руд. Велике використання сода знаходить у нафтохімічній та нафтопереробній промисловості при виробництві синтетичних жирних кислот, а також при переробці нафти та в інших процесах. У чорній металургії карбонат натрію використовується для видалення сірки й фосфору із чугуна й добування ряду хімічних продуктів з смол, що утворюються в коксохімічній промисловості. В медичній промисловості сода необхідна для виробництва медикаментів, а в електронній промисловості – для отримання електровакуумного скла [1].

Враховуючи дуже широкий перелік галузей використання карбонату натрію стає зрозумілим постійне збільшення потреб в соді та содопродуктах.

В останні роки розвиток виробництв кальцинованої соди безпосередньо пов'язаний з покращенням методів і засобів управління технологічними процесами, з удосконаленням обладнання, а також з розробкою безаміачних екологічно чистих способів виробництва. Широке

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використання отримують виробництва соди з нефеліну та інших природних джерел, а також паралельне отримання кальцинованої соди та хлориду амонію.

Потужність більшості виробництв кальцинованої соди значно зросла завдяки використанню сучасних апаратів абсорбції, дистиляції й карбонізації: колони з провальними тарілками, пластинчасті теплообмінники зі спеціальним профілем поверхні, що передає тепло, замість трубчастих теплообмінників, використовуються більш потужні вакуум-фільтри разом з центрифугами для додаткової сушки осаду. Проектуються карбонізаційні колони, вапнякові шахтні печі, содові печі, парові кальцинатори великої одиничної потужності; широке використання отримують нові антикорозійні матеріали [1,2].

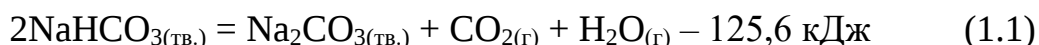
Істотну роль у використанні апаратів великої одиничної потужності належить впровадженню парових кальцинаторів, що забезпечує на ряду зі збільшенням потужності, в значній мірі, підвищення якості продукту, а також забезпечує ефективність роботи ведучих стадій виробництва кальцинованої соди та содопродуктів. Тому метою даної роботи є заміна вогневих печей на більш ефективні – парові кальцинатори.

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА

Кальцинація являється дуже важливою і кінцевою стадією у виробництві кальцинованої соди. Вона в значній мірі забезпечує отримання якісної продукції.

В основі процесу кальцинації лежить загальна хімічна схема [2]:



апаратурне оформлення якої має деякі відмінності, що відносяться в основному до схем живлення печей гідрокарбонатом (ретурне та безретурні розкладання) і способів підводу тепла (спалення різних видів палива або паровий обігрів).

Техніко-економічне порівняння ефективності різних схем процесу кальцинації можна здійснити на підставі показників їх роботи.

В основі безретурного методу лежить механізм термічного розкладення NaHCO_3 особливістю якого є змішування вологого гідрокарбонату з продукційної содою, що утворилась в кальцина торі. Перевагами цього способу є зменшення кількості обладнання (наприклад, змішувача та ін.) і зменшення транспортних засобів для переміщення ретуру. Проте є ряд серйозних недоліків: перемішування NaHCO_3 з ретурною содою у кальцинаторі є недостатнім, що призводить до комкування. Комкування призводить до неповноти розкладання, зменшення строку служби обладнання та збільшення енерговитрат.

Цих недоліків позбавлений ретурний спосіб кальцинації. Суть цього способу полягає в попередньому змішуванні гідрокарбонату натрію з вологістю 15% в окремому апараті з ретуром (частиною продукційної соди), що призводить до переводу вільної вологи в зв'язану у вигляді трони -

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ [1,2] і зменшення вологості суміші до 5-7%. В цьому способі досягається більш ефективне перемішування вологого NaHCO_3 з ретуром, що підвищує якість продукту та збільшує строк служби обладнання.

Тому найбільш поширеним способом розкладу гідрокарбонату натрію є ретурний, який і покладено в основу даного проекту.

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ

Продукцією цеху кальцинованої соди є сода кальцинована технічна, вимоги до якої регламентовані ГОСТ 5100-85.

Цей стандарт поширюється на технічну кальциновану соду (вуглекислий натрій), що призначений для хімічної, скляної, електронної, целюлозно-паперової та інших галузей промисловості і поставки на експорт.

Формула Na_2CO_3 .

Молекулярна маса (по міжнародним атомним масам 1971 р.) – 105,9890.

Технічна кальцинована сода повинна бути виготовлена у відповідності з вимогами ГОСТ 5100-85 по технічному регламенту, затвердженому у встановленому порядку.

В залежності від призначення технічна кальцинована сода повинна виготовлятися марок А і Б. Продукт марки А використовується для виробництва електровакуумного скла та інших цілей, а продукт марки Б використовується в хімічній, скляній та інших галузях промисловості.

По фізико-хімічним показникам технічна кальцинована сода повинна відповідати нормам, що вказані у таблиці 2.1.

Технічну кальциновану соду приймають партіями. Партією вважають продукт, однорідний за своїми показниками якості, в кількості, що не перевищує змінну виробітку, і що супроводжується документом про якість.

Документ про якість повинен містити:

- найменування підприємства, що виготовляє продукцію, і його товарний знак;
- найменування, марку і сорт продукту;
- номер партії;

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- дату виготовлення;
- масу нетто;
- позначення ГОСТ 5100-85;
- результати проведених аналізів або підтвердження про відповідність продукту вимогам ГОСТ 5100-85.

Таблиця 2.1 – Фізико-хімічні показники технічної кальцинованої соди по ГОСТ 5100-85

Найменування показника	Норма для марки і сорта					
	Марка А ОКП 21 3111 0200			Марка Б ОКП 21 3111 0100		
	Вищий сорт ОКП 21 3111 220	Перший сорт ОКП 21 3111 0230	Другий сорт ОКП 21 3111 0240	Вищий сорт ОКП 21 3111 0120	Перший сорт ОКП 21 3111 0130	Другий сорт ОКП 21 3111 0140
1. Зовнішній вигляд	Гранули білого кольору			Порошок білого кольору		
2. Масова доля вуглекислого натрію (Na ₂ CO ₃), %, не менш	99,4	99,0	98,5	99,4	99,0	9,0
3. Масова доля вуглекислого натрію (Na ₂ CO ₃) у перерахунку на непрокалений продукт, %, не менш	98,7	98,2	97,0	98,9	98,2	7,5
4. Масова доля втрат при прокалюванні (при 270-300 °C), %, не більше	0,7	0,8	1,5	0,5	0,8	0,5

Продовження таблиці 2.1

Найменування показника	Норма для марки і сорта					
	Марка А ОКП 21 3111 0200			Марка Б ОКП 21 3111 0100		
	Вищий сорт ОКП 21 3111 220	Перший сорт ОКП 21 3111 0230	Другий сорт ОКП 21 3111 0240	Вищий сорт ОКП 21 3111 0120	Перший сорт ОКП 21 3111 0130	Другий сорт ОКП 21 3111 140
5. Масова доля хлоридів у перерахунку на NaCl, %, не більше	0,2	0,5	0,8	0,4	0,5	0,8
6. Масова доля заліза у перерахунку на Fe ₂ O ₃ , %, не більше	0,003	0,005	0,008	0,003	0,003	0,008
7. Масова доля речовин, нерозчинних у воді, %, не більше	0,04	0,04	0,08	0,03	0,04	0,08
8. Масова доля сульфатів у перерахунку на Na ₂ SO ₄ , %, не більше	0,04	0,05	Не нормується	0,04	0,05	Не нормується
9. Насипна щільність, г/см ³ , не менше	1,1	0,9	0,9	Не нормується		
10. Гранулометричний склад:						

Продовження таблиці 2.1

Найменування показника	Норма для марки і сорта					
	Марка А ОКП 21 3111 0200			Марка Б ОКП 21 3111 0100		
	Вищий сорт ОКП 21 3111 0220	Перший сорт ОКП 21 3111 0230	Другий сорт ОКП 21 3111 0240	Вищий сорт ОКП 21 3111 0120	Перший сорт ОКП 21 3111 0130	Другий сорт ОКП 21 3111 0140
залишок на ситі із сіткою № 2К по ГОСТ 6613-86, %, не більше	Не нормується	5	5	Теж саме		
проходження через сито із сіткою № 25К по ГОСТ 6613-86	100	Не нормується				
залишок на ситі із сіткою № 1К по ГОСТ 6613-86, %, не більше	3	Не нормується				
проходження через сито із сіткою № 01К по ГОСТ 6613-86, %, не більше	7	15	25			
11.Магнітні включення розміром більше 0,25 мм	Відсутні	Не нормується		Теж саме		

Сировиною відділення кальцинації є напівпродуктом – технічний гідрокарбонат натрію, що поступає з відділення карбонізації. Його склад

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залежить від режиму роботи відділення карбонізації і фільтрації. Для отримання кальцинованої соди першого сорту марки А ОКП 21 3111 0230 технічний гідрокарбонат натрію повинен мати склад:

Таблиця 2.2 – Склад сирого гідрокарбонату

№ п/п	Компонент	Вміст, %	№ п/п	Компонент	Вміст, %
1	NaHCO_3	82,00	5	Na_2SO_4	0,02
2	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	1,14	6	NaCl	0,10
3	NaCOONH_2	3,10	7	NH_4HCO_3	5,20
4	NH_4Cl	0,10	8	H_2O	8,34

Для обігріву кальцинатора використовується пара високого тиску (температура 500°C і тиск 5 МПа), яка перед подачею у кальцинатор проходить редуційну охолоджуючу установку для зниження температури до 240°C і тиску до 1 МПа [2].

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

Процес кальцинації технічного гідрокарбонату натрію є заключною стадією виробництва кальцинованої соди і полягає в переробці отриманого на вакуум-фільтрах полупродукту – гідрокарбонату натрію в готовий продукт – кальциновану соду. Суть процесу полягає в розкладанні технічного гідрокарбонату натрію по реакції (1.1)

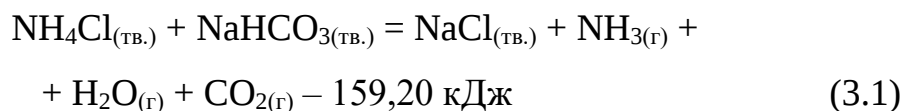
Для проведення цієї ендотермічної реакції необхідне підвід тепла ззовні. На сучасних содових заводах для проведення процесу кальцинації в великих масштабах і з найбільш економічними результатами використовуються апарати барабанного типу, що обертаються, різноманітних конструкцій з підводом тепла через стінку апарата шляхом спалення палива або конденсації пари високого тиску [2].

Технічний гідрокарбонат натрію має приблизно наступний склад: 77-84% NaHCO_3 , 0,6-0,8% NH_3 заг. (головним чином у вигляді карбонату натрію і в невеликих кількостях – у вигляді сесквікарбонату амонію), 2-3% Na_2CO_3 ; 0,2-0,4% NaCl (включаючи хлорид амонію, умовно перерахований в NaCl) і 13-19% води. Вологість технічного гідрокарбонату коливається в широких межах, що пов'язано перед усім з якістю кристалів NaHCO_3 . При крупнокристалічній структурі гідрокарбонату натрію вміст вологи в ньому становить 13-15% [2].

Вміст вологи в гідрокарбонаті залежить від гранулометричного складу твердої фази. Дрібнокристалічний гідрокарбонат натрію характеризується більшою кількістю кристалів, що погано промивається на фільтрах, має підвищену вологість і одночасно більший вміст хлориду натрію, тому кальцинація такого гідрокарбонату пов'язана з підвищенням витрат тепла, зменшенням продуктивності содових печей.

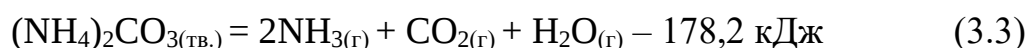
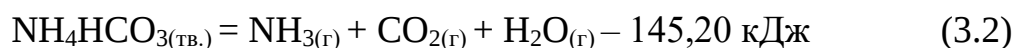
					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окрім основної реакції розкладення NaHCO_3 , при його кальцинації протікає ряд побічних реакцій. Домішок хлористого амонію взаємодіє з гідрокарбонатом натрію [2]:

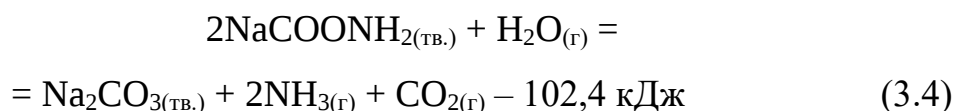


В результаті реакції (3.1) якість продукційної соди знижується внаслідок її збагачення хлористим натрієм.

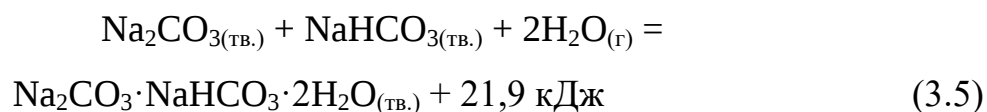
Відбувається також розкладення незначних домішок гідрокарбонатів та карбонатів амонію



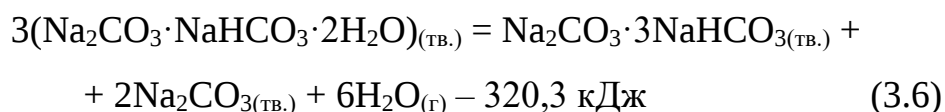
і протікає реакція розкладення карбамата натрію в присутності води:



Карбонат натрію, що міститься в технічному гідрокарбонаті, взаємодіє з NaHCO_3 з утворенням подвійної солі карбонату- та гідрокарбонату (трони):

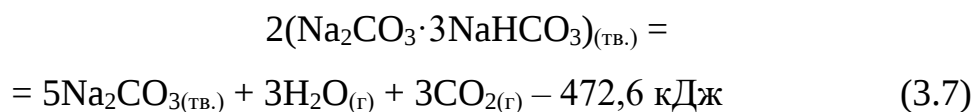


Згідно з термографічними дослідженнями, трона при нагріванні спочатку при температурі 111°C втрачає кристалізаційну воду [2]



					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а потім при температурі 127°C відбувається розкладення подвійної солі:



Остання реакція є найбільш повільною, тому вона лімітує процес кальцинації в цілому.

Як показали дослідження, сумарний рівноважний тиск $p_{\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}}$ (в мм. рт. ст.) над цією сіллю при 100°C дорівнює 182, при 115°C – 420 і при 120°C – 551. Цю залежність можна виразити рівнянням [3]

$$\lg p_{\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}} = 11,72 - 3525/T. \quad (3.8)$$

Розрахунки по цьому рівнянню показали, що тиск над подвійною сіллю, дорівнює 1 кгс/см² і досягається при 126°C, що близько до результатів досліджень.

Таким чином, на практиці процес кальцинації повинен проводитися при температурі не нижче 126°C. Для прискорення процесу кальцинації в умовах виробництва температуру збільшують до 140°C. Наведені у таблиці 3.1 дані ілюструють залежність часу повного розкладення гідрокарбонату натрію від температури [4].

В присутності надлишку вологи можуть утворюватися й інші проміжні сполуки, в тому числі гідрат соди $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Хімічним реакціям в процесі кальцинації попереджує сушка вологого гідрокарбонату натрію, що потребує також великої витрати тепла.

Таблиця 3.1 – Залежність часу повного розкладення гідрокарбонату натрію від температури

Температура, °C	140	160	175	190
Час повного розкладення, хв.	120	55	35	32

Особливістю промислової технології кальцинації, що впливає на її апаратурне оформлення, є здатність сирого гідрокарбонату натрію до комкування та спікання. В умовах процесу кальцинації в содових печах, що використовуються, ця властивість гідрокарбонату призводить до його налипання на нагріті металеві стінки та елементи обладнання з утворенням твердих нерівномірних нашарувань (кілець), що погіршує теплопередачу. Внаслідок цього стінки барабана можуть перегріватися та деформуватися, що зменшує термін його використання. Окрім цього спечені шматки маси, що кальцинується, містять не розкладений гідрокарбонат натрію, який переходить в склад готової продукції, знижуючи вміст Na_2CO_3 і, отже, погіршуючи його якість.

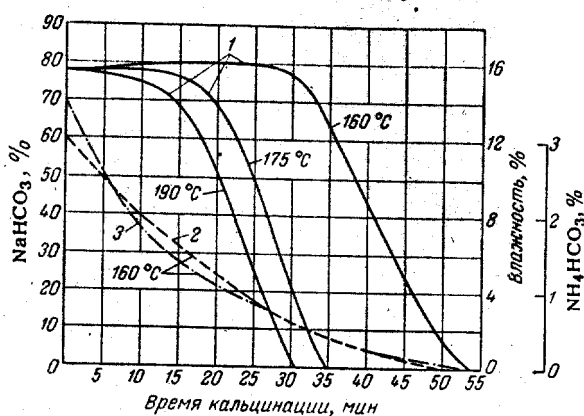
Причиною утворення грудок гідрокарбонату є присутність в ньому вільної води, в якій розчинені солі (Na_2CO_3 , NaHCO_3 , NaCl та ін.). по мірі випаровування води окремі кристали солей зрощуються між собою, утворюють грудки в об'ємі й відкладаються на нагрітій стінці барабану у вигляді корки. Для усунення або зменшення цих експлуатаційних недоліків содового виробництва вологість гідрокарбонату натрію знижують шляхом змішування вологого гідрокарбонату з гарячою продукційною содою в зоні кальцинатора, де ця сода вже утворилася. В результаті змішування гідрокарбонату з продукційною содою вміст вільної води знижується приблизно до 8% і утворюється сипучий продукт. Зменшення вологості суміші відбувається в результаті утворення трони по реакції (3.5).

Помітне розкладення гідрокарбонату натрію з утворенням Na_2CO_3 починається при температурі, дещо перевищуючій 90°C , однак в цих умовах для повного перетворення NaHCO_3 в соду необхідний досить тривалий час. Досліди показали, що розкладення гідрокарбонату натрію у відкритій ємності і при вільному видаленні газів і парів, що утворюються починаючи з 119°C і закінчується при 130°C . Промисловий процес кальцинації проводиться в

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

закритих, ізолюваних від атмосфери апаратах під тиском CO_2 і парів води, що виділяються; тиск відповідає температурі нагріву гідрокарбонату. Характер протікання процесу кальцинації (його кінетика і ступінь розкладення компонентів технічного гідрокарбонату) при різних температурах показаний на рисунку 3.1.

З рисунка 3.1 видно, що в продовж перших 10-15 хв. в процесі кальцинації відбувається в основному випаровування вологи, що міститься в гідрокарбонаті, і розкладення NH_4HCO_3 . Інтенсивне розкладення гідрокарбонату натрію при $t=160^\circ\text{C}$ починається лише через 30-35 хв., коли вміст NH_4HCO_3 і вологи знижується відповідно до 0,5 і 2% [2].



1, 2 – розкладення NaHCO_3 та NH_4HCO_3 відповідно; 3 – випаровування води; температура, $^\circ\text{C}$: 1'-160, 2'- 175, 3'- 190; 4',5'- 160

Рисунок 3.1 – Швидкість розкладення NaHCO_3 , NH_4HCO_3 і випаровування води при різних температурах кальцинації.

Найкращі показники процесу кальцинації досягаються при дотриманні норм технологічного режиму роботи відділення і забезпеченні його сирим гідрокарбонатом хорошої якості.

При переробці крупнокристалічного гідрокарбонату натрію вихід соди із нього (кількість Na_2CO_3 , що отримується при кальцинації технічного гідрокарбонату) дорівнює 52-54%.

Інтенсивність процесу розкладення NaHCO_3 визначається кількістю тепла, яка передається масі, що кальцинується. На стадії кальцинації необхідно забезпечити не тільки отримання якісної кальцинованої соди, але й отримати концентрований газ – оксид вуглецю (IV), необхідний для забезпечення роботи відділення карбонізації, де зниження концентрації CO_2 призводить до зменшення кристалів NaHCO_3 , що тягне за собою збільшення вологості NaHCO_3 . Тому для запобігання розбавлення CO_2 за рахунок підсосів повітря та димовими газами содові печі повинні бути герметичними, а їх обігрів повинен бути непрямим (через стінку). У відповідності з різницею режимів живлення сирим гідрокарбонатом натрію безрeturних та рeturних печей режим обігріву барабанів і, відповідно, топочної частини різні.

Показники теплового режиму процесу кальцинації гідрокарбонату у вогневих (ретурних та безретурних) содових печах та парових кальцинаторах різні. Витрати тепла на кальцинацію (у відповідних умовах) у розрахунку на 1 т товарної соди складають 1885,5 кДж при роботі без ретуру і 4081,06 кДж при роботі з ретуrom. Таким чином, у безретурному процесі витрати тепла зменшуються приблизно на 23%. Питомі витрати тепла при паровій кальцинації складають 3624,35 кДж на 1т соди, що на 11% менше, ніж при кальцинації в рeturній содовій печі,але якість зменшується. Крім того при паровій кальцинації значно покращуються умови праці та обслуговування апаратури і дещо збільшується насипна щільність соди [2].

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВИРОБНИЦТВА

Технологічна схема процесу кальцинації гідрокарбонату натрію включає паровий кальцинатор, що обертається, та систему фасовки готового продукту.

На кресленні ХН-3103 1440 000 ПЗ представлена технологічна схема процесу кальцинації гідрокарбонату натрію з використанням парового барабанного кальцинатора, перевага якого полягає у рівномірності температурного поля по перетину.

Відмитий на фільтрах вологий гідрокарбонат натрію із загального стрічкового транспортера 10 плужковим скидачем 7 подається в бункер 6 віброживлювача 5, далі звідки стрічковим транспортером 4 через комірковий живильник 3 подається у змішувач 2. В цей же змішувач подається ретурна сода та сода, що видаляється від газів кальцинації в циклонах 11.

Підготовлену в змішувачі содогідракарбонатну суміш (трону) направляють в міжтрубний простір барабана кальцинатора 1. Завдяки обертанню і нахилу барабана, суміш переміщається вздовж оребрених труб в сторону вивантаження, контактуючи з тепловіддаючою поверхнею. Тепло витрачається на випаровування води гідрокарбонату, хімічні реакції розкладу та нагрів продуктів реакції. В результаті теплової обробки трони отримують кальциновану соду і газ кальцинації (CO_2 , H_2O , NH_3). Кальцинована сода через комірковий живильник 15 виводиться з кальцинатора і поступає на систему транспортерів 8, 9, 16. З нахилоного транспортера 8 через живильник відбувається відбір соди в змішувач. Вся інша сода потрапляє в дозатор готової продукції, а з дозатора соду пакують у п'ятишарові паперові мішки марок ПМ, БМ (18) згідно з ГОСТ 2226-88 [5]. Мішки запаковують зашивочною машиною і транспортерами 9, 14 подають на склад готової продукції.

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гази кальцинації видаляються з кальцинатора через змішувач 2, в якому за допомогою компресора створюється вакуум. По дорозі до компресору гази проходять суху(гарячу) очистку в циклонах 11 і мокру – в цеховому колекторі газів кальцинації 12 і промивачі 22. Перед промивачем гази кальцинації охолоджуються в холодильнику 20.

На зрошення в колектор газів кальцинації подають так звану слабку рідину, утворену при конденсації водяної пари в холодильнику. Ця рідина при зустрічі з газом поглинає частково аміак і содовий пил, стікаючи після цього в збірник 19.

В холодильнику 20 газ проходить зверху вниз у міжтрубному просторі, а в трубках протитоком рухається охолоджена вода. Для попередження закристалізовування трубок холодильника і кращої промивки газу від содового пилу міжтрубний простір зрошується слабкою рідиною. В промивачі газ зрошується водою, при цьому він додатково охолоджується і повністю відмивається від соди та аміака.

Для обігріву кальцинатора подають водяну пару високого тиску. Перед подачою в кальцинатор вона проходить РХУ, де його температура знижується до 270°C, а тиск – до 3 МПа. В трубках кальцинатора пара конденсується, віддаючи тепло матеріалу, що кальцинується. Конденсат із кальцинатора виводиться в збірник конденсату 17 і далі в розширювач, де перетворюється в пару низького тиску.

Вміст води в гідрокарбонаті натрію після вакуум-фільтра складає 16-18%. При такій вологості до 40 % тепла, що витрачається на кальцинацію, розходується на випарювання цієї води, тому зменшення вмісту води в гідрокарбонаті натрію являється ефективним методом зниження енергозатрат на кальцинацію.

Суттєве зниження вологості гідрокарбонату натрію (до 4-8%) досягається при відділенні води на центрифугі. Відомо кілька варіантів

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обезводнення NaHCO_3 за допомогою центрифуги. Перспективним є поєднання апаратів фільтр-центрифуга з відмивкою або без відмивки гідрокарбонату натрія на фільтрі. Недоліком застосування центрифуги є великі втрати дрібнокристалічного гідрокарбонату з фільтровою рідиною, тому центрифуги застосовуються рідко.

Вміст Na_2CO_3 і домішок в соді залежить від складу вихідного гідрокарбонату натрію і температури процесу; остання зазвичай визначається температурою вивантаженої соди.

Температурний режим в печах обумовлення як умовами проведення процесу, так і тривалістю термообробки матеріалу в цих апаратах. При коефіцієнті заповнення барабану 0,3 перебування в паровому кальцинаторі складає 20-25 хвилин.

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ З СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ НОСІЇВ

5.1 Розрахунок матеріального балансу виробництва

Розрахунок матеріального балансу виконується у відповідності до закону збереження мас на 1т готової продукції.

В содову піч з відділення фільтрації поступає технічний гідрокарбонат складу (таблиця 2.1).

Розрахунок матеріального балансу ведемо по балансовим рівнянням (1.1), (3.1), (3.2), (3.3) і (3.4). У зв'язку з тим, що вміст у вихідній сировині $\text{NH}_4\text{Cl} < 0,1 \%$, реакцію (3.1) у розрахунках матеріального і теплового балансів не враховуємо.

Склад готової технічної соди першого сорту марки А ОКП 21 3111 0230 [5]:

Na_2CO_3 – не менше ніж 98,2 %;

NaHCO_3 – не більше ніж 0,8 %;

NaCl – не більше ніж 0,5 %;

Na_2SO_4 – не більше ніж 0,05 %.

Розрахунок матеріального балансу виконуємо на 1000 кг готової продукції, але з урахуванням механічних втрат кальцинованої соди – 0,2 % – це складе:

$$1000 \cdot \frac{(100 + 0,2)}{100} = 1002 \text{ кг.}$$

Для розрахунку приймемо, що вміст Na_2CO_3 у продукційній технічній кальцинованій соді складає 98,5 %, а вміст нерозкладеного NaHCO_3 – 0,7 %, що відповідає продукту першого сорту марки А ОКП 21 3111 0230. Тоді маси Na_2CO_3 і NaHCO_3 у 1002 кг готової продукції складатимуть:

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{98,5 \cdot 1002}{100} = 986,97 \text{ кг};$$

$$m(\text{NaHCO}_3) = \frac{0,7 \cdot 1002}{100} = 7,014 \text{ кг}.$$

Позначимо кількість Na_2CO_3 , що утворилася за реакцією (1.1) – x кг, тоді кількість соди, що утворилася за реакцією (3.4) становитиме $(986,97-x)$ кг. Для встановлення кількості NaHCO_3 , що витрачається по реакції (1.1) знайдемо співвідношення у вихідному технічному гідрокарбонаті кількості NaHCO_3 і NaCOONH_2 :

$$\frac{\omega(\text{NaHCO}_3)}{\omega(\text{NaCOONH}_2)} = \frac{82,00}{3,10} = 26,452.$$

Позначимо масу NaCOONH_2 – y кг, тоді маса NaHCO_3 (без урахування гідрокарбонату натрію, що не розкладеться в процесі кальцинації) складатиме $26,452 \cdot y$ кг.

Враховуючи стехіометричні співвідношення сполук в реакціях (1.1) і (3.4), складемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} 26,452 \cdot y \cdot 106 = x \cdot 2 \cdot 84 \\ y \cdot 106 = (986,97 - x) \cdot 2 \cdot 83 \end{cases}; \quad (5.1)$$

де 106, 84 і 83 – молярні маси Na_2CO_3 , NaHCO_3 і NaCOONH_2 відповідно.

Розв'язавши систему рівнянь (5.1), отримуємо такі значення: $x=950,601$; $y=56,941$. Тоді маса NaHCO_3 , що необхідна для одержання 986,97 кг Na_2CO_3 , складатиме $26,452 \cdot 56,941 = 1506,203$ кг. Враховуючи кількість NaHCO_3 , що не розкладеться в процесі кальцинації, отримаємо масу NaHCO_3 у вихідному технічному гідрокарбонаті:

$$1506,203 + 7,014 = 1513,217 \text{ кг}.$$

Розрахуємо маси домішок вихідного технічного гідрокарбонату:

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m(NH_4HCO_3) = \frac{1513217 \cdot 5,20}{82,00} = 95,960 \text{ кг};$$

$$m((NH_4)_2CO_3) = \frac{1513217 \cdot 1,14}{82,00} = 21,037 \text{ кг};$$

$$m(NaCOONH_2) = \frac{1513217 \cdot 3,10}{82,00} = 57,207 \text{ кг};$$

$$m(NH_4Cl) = \frac{1513217 \cdot 0,10}{82,00} = 1,845 \text{ кг};$$

$$m(Na_2SO_4) = \frac{1513217 \cdot 0,02}{82,00} = 0,369 \text{ кг};$$

$$m(NaCl) = \frac{1513217 \cdot 0,10}{82,00} = 1,845 \text{ кг};$$

$$m(H_2O) = \frac{1513217 \cdot 8,34}{82,00} = 153,905 \text{ кг}.$$

Тоді маса технічного гідрокарбонату, що подається у піч кальцинації для отримання 1002 кг технічної кальцинованої соди становитиме:

$$1513217 + 95,960 + 21,037 + 57,207 + 1,845 + 0,369 + 1,845 + 153,905 = 1845,385 \text{ кг}.$$

Кількість хлориду натрію у готовій продукції дорівнюватиме масі NaCl у вихідному гідрокарбонаті: 1,845 кг.

Кількість Na₂SO₄ не змінюється у процесі кальцинації, тобто у вихідній соді маса Na₂SO₄ становитиме 0,369 кг.

Розрахуємо кількість газів, що утворюється в процесі кальцинації.

Кількість CO₂ і водяної пари, що утворюється у результаті реакції (1.1):

$$m(CO_2)_{1.1} = \frac{1506217 \cdot 44}{2 \cdot 84} = 394,485 \text{ кг};$$

$$m(H_2O)_{1.1} = \frac{1506217 \cdot 18}{2 \cdot 84} = 161,380 \text{ кг}.$$

У результаті реакції (3.2) утворюється:

$$m(NH_3)_{3.2} = \frac{95,960 \cdot 17}{79} = 20,650 \text{ кг};$$

$$m(CO_2)_{3.2} = \frac{95,960 \cdot 44}{79} = 53,446 \text{ кг};$$

$$m(H_2O)_{3.2} = \frac{95,960 \cdot 18}{79} = 21,864 \text{ кг}.$$

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно реакції (3.3):

$$m(NH_3)_{3.3} = \frac{21,037 \cdot 2 \cdot 17}{84} = 8,515 \text{ кг};$$

$$m(CO_2)_{3.3} = \frac{21,037 \cdot 44}{84} = 11,019 \text{ кг};$$

$$m(H_2O)_{3.3} = \frac{21,037 \cdot 18}{84} = 4,509 \text{ кг}.$$

За реакцією (3.4):

$$m(NH_3)_{3.4} = \frac{57,207 \cdot 2 \cdot 17}{2 \cdot 83} = 11,717 \text{ кг};$$

$$m(CO_2)_{3.4} = \frac{57,207 \cdot 44}{2 \cdot 83} = 15,163 \text{ кг}.$$

Кількість води, що витрачається на реакцію (3.4):

$$m(H_2O)_{3.4} = \frac{57,207 \cdot 18}{2 \cdot 83} = 6,203 \text{ кг}.$$

Всього утворюється:

$$m(CO_2) = m(CO_2)_{1.1} + m(CO_2)_{3.2} + m(CO_2)_{3.3} + m(CO_2)_{3.4} = 394,485 + 53,446 + 11,019 + 15,163 = 474,113 \text{ кг};$$

$$m(H_2O) = m(H_2O)_{1.1} + m(H_2O)_{3.2} + m(H_2O)_{3.3} = 161,380 + 21,864 + 4,508 = 187,752 \text{ кг};$$

$$m(NH_3) = m(NH_3)_{3.2} + m(NH_3)_{3.3} + m(NH_3)_{3.4} = 20,650 + 8,515 + 11,717 = 40,882 \text{ кг}.$$

Кількість водяної пари, що утвориться у результаті проходження процесу кальцинації:

$$153,905 - 6,203 + 187,752 = 335,454 \text{ кг}.$$

Загальна маса продуктів процесу кальцинації становитиме:

$$986,970 + 1,845 + 0,369 + 7,014 + 40,882 + 474,133 + 335,454 = 1846,667 \text{ кг}.$$

Розрахуємо відсотковий склад продуктів процесу кальцинації:

$$\omega(Na_2CO_3) = \frac{986,970 \cdot 100}{1846,667} = 53,45\%;$$

$$\omega(NaCl) = \frac{1,845 \cdot 100}{1846,667} = 0,1\%;$$

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{0,369 \cdot 100}{1846,667} = 0,02\%;$$

$$\omega(\text{NaHCO}_3) = \frac{7,014 \cdot 100}{1846,667} = 0,38\%;$$

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{40,882 \cdot 100}{1846,667} = 2,21\%;$$

$$\omega(\text{CO}_2) = \frac{474,133 \cdot 100}{1846,667} = 25,67\%;$$

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{335,454 \cdot 100}{1846,667} = 18,17\%.$$

Розрахуємо масу ретурної соди:

$$R = \frac{\omega_{\text{вол.г.}}}{\omega_{\text{см}}} = \frac{8,34}{7} = 119,14_{\text{кг}} / 1\text{мNaHCO}_3. \quad (5.2)$$

Отримані результати узагальнюємо в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Матеріальний баланс процесу кальцинації

Статті приходу			Статті витрат		
Компонент	м, кг	%	Компонент	м, кг	%
NaHCO ₃	1513,217	82,00	Технологічна кальцинована сода, в т.ч.	996,198	53,95
NH ₄ HCO ₃	95,960	5,20	Na ₂ CO ₃	986,970	53,45
(NH ₄) ₂ CO ₃	21,037	1,14	NaCl	1,845	0,10
NaCOONH ₂	57,207	3,10	Na ₂ SO ₄	0,369	0,02
NH ₄ Cl	1,845	0,10	NaHCO ₃	7,014	0,38
Na ₂ SO ₄	0,369	0,02	Гази кальцинації, в т.ч.	850,469	46,05
NaCl	1,845	0,10	NH ₃	40,882	2,21
H ₂ O	153,905	7	CO ₂	474,133	25,67
Ретур	119,14		H ₂ O	335,454	18,17
			Ретур	119,14	
Всього	1845,385	100	Всього	1846,667	100

Розрахуємо розбаланс:

$$\frac{1846,667 - 1845,385}{1846,667} \cdot 100 = 0,069\%.$$

Розбаланс знаходиться у межах допустимої похибки.

5.2 Розрахунок енергетичного (теплового) балансу виробництва

Метою розрахунку теплового балансу процесу кальцинації є визначення кількості пари необхідної для обігріву парового кальцинатора.

Позначимо кількість тепла, що надходить із граючою парою у кальцинатор для отримання 986,184 кг продукційної соди – x МДж.

Тепло, що надходить у піч-кальцинатор разом із технічним гідрокарбонатом натрію, складає:

$$Q_1 = 1845,385 \cdot 1,59 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 58,68 \text{ МДж},$$

де 1845,385 кг – кількість NaHCO_3 з таблиці 5.1;

1,59 кДж/(кг·°C) – середня теплоємність технічного гідрокарбонату натрію;

20°C – температура гідрокарбонату, що надходить до парового кальцинатора [4].

Розрахуємо витрати тепла у процесі кальцинації. Із продукційної содою відходить тепло:

$$Q_2 = 996,198 \cdot 1,09 \cdot 220 \cdot 10^{-3} = 237,206 \text{ МДж},$$

де 996,198 кг – кількість продукційної соди (таблиця 5.1);

1,09 кДж/(кг·°C) – середня теплоємність продукційної соди;

220°C – температура соди, що виходить з кальцинатора [4].

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарна кількість тепла, що відходить разом з газом кальцинації становить:

$$Q_3 = (40,882 \cdot 2,14 \cdot 120 + 474,133 \cdot 0,90 \cdot 120 + 335,454 \cdot 2700) \cdot 10^{-3} = 967,431 \text{ МДж},$$

де 40,882, 474,133, 335,454 кг – розраховані у матеріальному балансі (таблиця 5.1) маси NH_3 , CO_2 і H_2O відповідно;

2,14, 0,90 кДж/(кг·°C) – теплоємкості NH_3 , CO_2 відповідно [4];

2700 кДж/кг – тепловміст водяної пари [4]; 120°C – температура газу кальцинації.

Прийmemo, що підсос повітря із зовні складає 10 кг [4], тоді тепло, що відходить із повітрям дорівнюватиме:

$$Q_4 = 10 \cdot 1,04 \cdot 120 \cdot 10^{-3} = 1,25 \text{ МДж},$$

де 1,04 кДж/(кг·°C) – теплоємкість повітря.

Розрахуємо кількість тепла, необхідну для покриття ендотермічних ефектів реакцій (1.1), (3.2), (3.3) та (3.3).

Для протікання реакції (1.1) необхідна кількість тепла становитиме:

$$Q_5 = \frac{125,6 \cdot 1000 \cdot 1506,217}{2 \cdot 84} \cdot 10^{-3} = 1126,077 \text{ МДж},$$

де 125,6 кДж – ендотермічний ефект реакції (1.1) [3];

1506,217 кг – маса NaHCO_3 , розрахована у матеріальному балансі, що використовується для протікання реакції (1.1);

84 – молярна маса NaHCO_3 .

Кількість тепла необхідна для протікання реакції (3.2):

$$Q_6 = \frac{145,20 \cdot 1000 \cdot 95,960}{79} \cdot 10^{-3} = 176,372 \text{ МДж},$$

де 145,20 кДж – ендотермічний ефект реакції (3.2) [3];

95,960 кг – маса NH_4HCO_3 у вихідному технічному гідрокарбонаті натрію (таблиця 5.1);

79 – молярна маса NH_4HCO_3 .

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При протіканні реакції (3.3) поглинається тепла:

$$Q_7 = \frac{178,2 \cdot 1000 \cdot 21,037}{84} \cdot 10^{-3} = 44,628 \text{ МДж},$$

де 178,9 кДж – ефект реакції (3.3) [3];

21,037 кг – маса $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ за матеріальним балансом (таблиця 5.1);

84 – молярна маса $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

Кількість тепла, що використовується при протіканні реакції (3.4):

$$Q_8 = \frac{102,4 \cdot 1000 \cdot 57,207}{2 \cdot 83} \cdot 10^{-3} = 0,011 \text{ МДж},$$

де 102,4 кДж – ендотермічний ефект реакції (3.4) [3];

57,207 кг – маса NaCOONH_2 у вихідній сировині (таблиця 5.1);

83 – молярна маса NaCOONH_2 .

Тоді сумарна кількість тепла необхідна на покриття ендотермічного ефекту реакції складає:

$$1126,077 + 176,372 + 44,628 + 0,011 = 1347,088 \text{ МДж}.$$

Втрати тепла у навколишнє середовище складають 10% [4], тобто $0,1 \cdot x$ МДж.

Результати розрахунків занесемо до таблиці 5.2.

За даними таблиці 5.2 складемо рівняння:

$$58,68 + x = 2552,975 + 0,1 \cdot x. \quad (5.3)$$

Тоді рішенням рівняння (5.2) буде кількість тепла, що надходить із гріючою парою у паровий кальцинатор. Вона складає 2771,439 МДж.

Враховуючи, що тепловміст водяної пари 2700 кДж/кг, необхідно подати до печі кальцинації:

$$\frac{2771,439 \cdot 10^6}{2700 \cdot 10^3} = 1026,459 \text{ кг}.$$

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.2 – Тепловий баланс кальцинатора, МДж/ т соди

Прихід		Витрати	
Тепловий потік	МДж	Тепловий потік	МДж
Із гріючою парою	2771,439	Із продукційної содою	237,206
З технічним гідрокарбонатом натрію	58,68	З газом кальцинації	967,431
		З повітрям, що підсасується	1,25
		На покриття ендотермічних ефектів реакцій	1347,088
		Втрати у навколишнє середовище	277,144
Всього	2828,119	Всього	2830,118

5.3 Розрахунок витратних коефіцієнтів

Розрахуємо витратні коефіцієнти технічного гідрокарбонату і водяної пари на 1 т продукційної соди першого сорту марки А ОКП 21 3111 0230.

Враховуючи, що матеріальний і тепловий баланси розраховані на 996,198 кг продукційної соди, зробимо перерахунок на 1000 кг соди.

Витратний коефіцієнт технічного гідрокарбонату натрію становитиме:

$$\frac{1845385 \cdot 1000}{996,198} = 1852,428 \text{ кг} / \text{т} \text{Na}_2\text{CO}_3,$$

де 1513,217 кг – розрахована у матеріальному балансі маса технічного гідрокарбонату натрію, що необхідна для отримання 996,198 кг кальцинованої соди (таблиця 5.1).

Витратний коефіцієнт водяної пари, що йде на обігрів парового кальцинатора для отримання 1000 кг кальцинованої соди:

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{1026,459 \cdot 1000}{996,198} = 1030,376 \text{ кг} / mNa_2CO_3,$$

де 1030,805 кг – маса водяної пари, яку необхідно подати для обігріву парового кальцинатора для отримання 996,198 кг карбонату натрію.

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

6.1 Розрахунок та вибір основних реакторів

Заміна вогневі печей кальцинації на парові кальцинатори є один із перспективних шляхів в інтенсифікації содових, що дозволяє збільшити поверхню теплообміну, а також вирівняти температурне поле по поперечному перерізу кальцинатора, і завдяки цьому майже в 2 рази збільшується питома продуктивність кальцинатора та збільшити коефіцієнт використання тепла і знизити експлуатаційні витрати.

Паровий кальцинатор являє собою циліндричний горизонтальний апарат, що обертається. Він забезпечений двома вбудованими трубчатими теплообмінниками, які обігріваються паром високого тиску. Ззовні барабан кальцинатора обладнаний теплоізоляцією.

Технічна характеристика деяких типів парових кальцинаторів приведена в таблиці 6.1 [4].

Для визначення кількості парових кальцинаторів, які необхідні для роботи відділення ретурної кальцинації цеху кальцинованої соди необхідно врахувати його потужність, що складає в даному проекті 400000 т/рік.

З урахуванням зупинки парових кальцинаторів на капітальний та технічний ремонті число робочих днів у році складе 302 дня. Тоді добова потужність цеху кальцинації становитиме:

$$W = \frac{400000}{302} = 1324,503 \text{ т/доб.} \quad (6.1)$$

Обираємо кальцинатори потужністю 600 т/доб. Діаметр барабану – 3000 мм, довжина – 30000 мм, маса апарату – 210 т, матеріал з якого виготовлено кальцинатор – Х18Н9Т.

Розрахуємо необхідну кількість кальцинаторів потужністю 600 т/доб:

$$n = \frac{1324,503}{600} = 2,21 \approx 3. \quad (6.2)$$

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1 – Технічна характеристика парових кальцинаторів

Показник	Кальцинатори			
	ГДР		“Полімекс”, ПНР	“Кребс”, Франція
Тип змішувача	одновальний	двохвальний	двохвальний	двохвальний
Продуктивність по соді, т/доб	300	600	600	600
Діаметр барабану, м	2,6	3,0	3,0	3,6
Довжина барабану, м	20	30	33	36
Поверхня нагріву, м ²	1280	2780	2820	3120
Число рядів гріючих труб	3	3	3	3
Параметри пари:				
тиск, $\cdot 10^5$, Па	32	31	35	32 – 35
температура, °C	240	260	270	270
Потужність головного приводу, кВт	75	132	160	180
Витрати пари, т/т соди	1,7	1,54	1,5	1,4(W=16%)
Частота обертання барабану, об/хв.	7	7	5,3 - 6,7	2,86
Температура соди на виході, °C	180-220	180-220	-	200 - 220
Вміст CO ₂ в газі кальцинації, % об	93	93	-	97
Потужність приводу, кВт:				
змішувача	22	25	40	50
допоміжного		15	13	15
Маса кальцинатора, т	163	210	160	310

Таким чином для забезпечення потужності відділення кальцинації 400000 т/рік необхідно встановити 3 кальцинаторів.

До основного обладнання відділення кальцинації також відносяться холодильник і промивач газу кальцинації. Холодильник газу кальцинації складається із скріплених між собою холодильних бочок.

Промивач газу кальцинації представляє собою насадковий апарат, заповнений дерев'яною хордовою насадкою або керамічними кільцями Рашига і зрошуваний водою. Висота шару насадки – 7 м.

6.2 Розрахунок та вибір допоміжного технологічного обладнання

До допоміжного устаткування відділення кальцинації відносяться бункери, насоси, стрічкові транспортери, циклони, паперові фільтри.

Розрахуємо ємність конденсату. Кількість конденсату дорівнює 1% від кількості водяної пари. Розрахуємо кількість конденсату одного парового кальцинатора за добу, враховуючи, що добова продуктивність відділення кальцинації 1324,503 т/доб, кількість кальцинаторів – 3, а витратний коефіцієнт водяної пари дорівнює 1034,739 кг/т соди, густина води – 1000 кг/м³:

$$V_k = 0,01 \cdot \frac{1324,503}{3} \cdot \frac{1034,739}{1000} = 4,6 \text{ м}^3 / \text{доб.} \quad (6.3)$$

Загальний об'єм баку-збірника конденсату дорівнює:

$$V_{\text{заг}} = 1,3 \cdot 0,8 \cdot 4,6 = 4,78 \text{ м}^3 / \text{доб.}, \quad (6.4)$$

де 1,3 – коефіцієнт запасу,

0,8 – коефіцієнт заповнення баку.

Враховуючи, що

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} h, \quad (6.5)$$

$$h = \frac{2}{3} D, \quad (6.6)$$

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де D – діаметр баку, м;

h – висота баку, м.

Знайдемо діаметр і висоту баку-збірника конденсату:

$$D = \sqrt[3]{\frac{8V}{3\pi}} = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 4,78}{3 \cdot 3,14}} = 2,01 \text{ м}, \quad (6.7)$$

$$h = \frac{3}{2} D = \frac{3}{2} \cdot 2,01 = 3,02 \text{ м}. \quad (6.8)$$

Розрахунок насосів для подачі слабкої рідини на мокру очистку газів кальцинації у колектор проводився по потужності двигуна, яка визначалась по витраті слабкої рідини, яка складала $350 \text{ м}^3/\text{год}$ та з врахуванням напору для геометричної висоти підйому рідини – 20 м по рівнянню [7]:

$$N = QH\rho_p / (102\eta), \quad (6.9)$$

де Q – подача, $\text{м}^3/\text{год}$;

H – напір, м;

ρ_p – густина рідини, $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$;

η – коефіцієнт корисної дії насоса, $0,8$ [7].

Напір визначали з урахуванням геометричної висоти підйому слабкої рідини [7]:

$$H = 1,25 \cdot 20 = 25 \text{ м}.$$

$$N = 350 \cdot 25 \cdot 1000 / (102 \cdot 0,8 \cdot 1000) = 107,23 \text{ кВт}.$$

Вибираємо насос марки 9ПХП-9К-7: подача – $350 \text{ м}^3/\text{год}$, напір – 25 м , кавітаційний запас – $6,0 \text{ м}$, потужність на валу двигуна – 108 кВт , частота обертання робочого колеса – 735 хв^{-1} [7].

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.3 Програмування розрахунків на персональних комп'ютерах

При програмуванні технологічних розрахунків на персональному комп'ютері було використано середовище MS Excel. За допомогою даних програм можна з надійністю проводити багатоваріантні розрахунки задаючи потрібні вихідні дані.

У середовищі MS Excel багатоваріантний розрахунок – дослідження впливу вологи у вхідному гідрокарбонаті натрію на витрату ретуру; вплив надлишкової вологи на кількість теплоти яку, потрібно затрати на її випаровування. Результати багатоваріантного розрахунку наведено у таблиці 7.1 та 7.2, а графіки які показують ці залежності – на рисунок 7.1 та на рисунок 7.2.

Таблиця 6.2 – Залежність витрати маси ретуру від кількості вологи у вхідному гідрокарбонаті натрію

Маса ретуру, кг	Вміст вологи у вхідному NaHCO_3 , %
114,29	8,00
119,14	8,34
142,86	10,00
200,00	14,00

Можна побачити, що зі збільшенням вмісту вологи у вхідному NaHCO_3 збільшується витрата ретуру. Максимальне значення вологи, з якою вхідний NaHCO_3 може поступити в кальцинатор, становить 7 %. Якщо вміст вологи менше семи ретур не добавляється.

Розрахункові дані вказані в таблиці 7.1 взяті з матеріального балансу ПЗ.

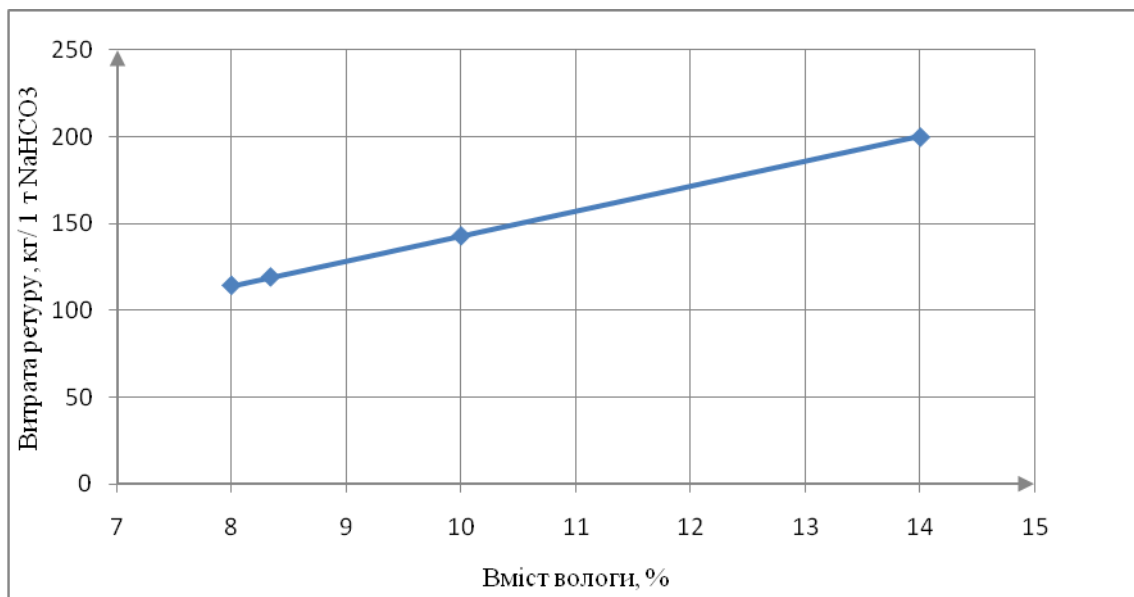


Рисунок 6.1 – Залежність витрати ретуру від вмісту вологи у вхідному гідрокарбонаті натрію.

Таблиця 6.3 – Залежність витрати теплоти від кількості надлишкової ВОЛОГИ

Маса надлишкової вологи, кг/1 т NaHCO ₃	Кількість теплоти, кДж/1 т NaHCO ₃
70	117075
13,4	22411,5
0	0

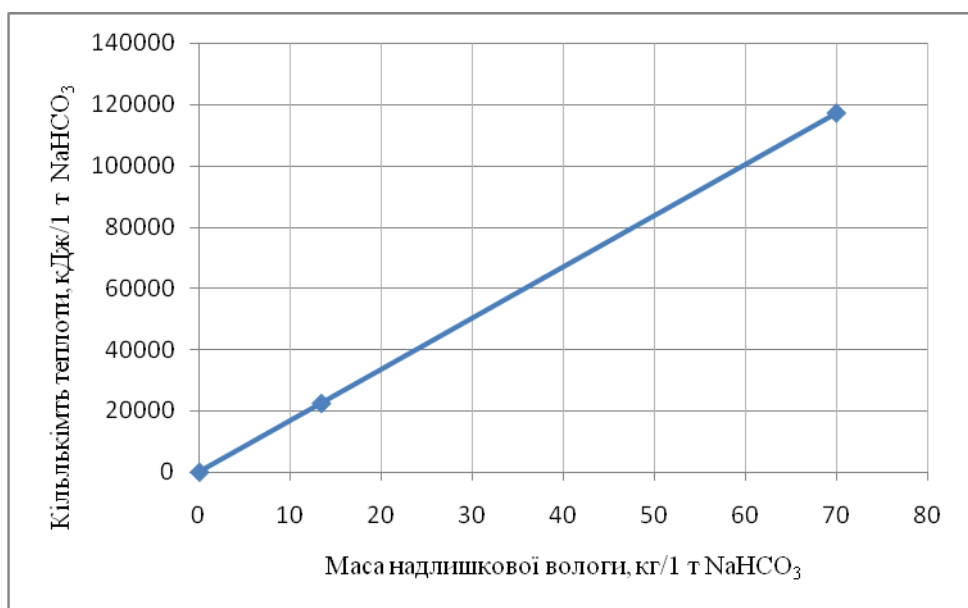


Рисунок 6.2 – Залежність витрати теплоти від кількості надлишкової вологи.

Зі збільшенням надлишкової вологи у NaHCO_3 збільшується і кількість теплоти, яку необхідно затрати на її випаровування і витрата ретуру.

7 АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ

Обмежені можливості людського організму (стомлюваність, недостатня швидкість реакції на зміну навколишнього оточення й на велику кількість інформації, що одночасно надходить, суб'єктивність в оцінці обстановки й т.ін.) є перешкодою для подальшої інтенсифікації виробництва. Наступає новий етап машинного виробництва, коли людина звільняється від особистої участі у виробництві, а функції керування технологічними й виробничими процесами передаються автоматичним пристроям. Автоматизація приводить до поліпшення головних показників ефективності виробництва: збільшенню кількості, поліпшенню якості й зниженню собівартості продукції, що випускається. Впровадження автоматичних пристроїв забезпечує високу якість продукції, скорочення браків і відходів, зменшення витрат сировини й енергії, зменшення чисельності основних робітників, зниження капітальних витрат на будівництво будівель, подовження міжремонтних строків експлуатації устаткування.

Впровадження спеціальних автоматичних пристроїв сприяє безаварійній роботі устаткування, виключає випадки травматизму.

У хімічній промисловості питанням автоматизації приділяється особлива увага. Це пояснюється складністю й великою швидкістю протікання технологічних процесів, високою чутливістю їх до порушення режиму, шкідливістю умов роботи, вибухонебезпечністю й пожежо-небезпекою речовин, що переробляють, і т.ін.

Як засоби вимірів використовуються пневматичні та електронні технічні засоби автоматизації.

Живлення пневматичних приладів здійснюється стисненим повітрям від окремої магістралі підприємства тиском 0,5...0,7 МПа через буферні

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ємності (ресивери). Живлення електроенергією здійснюється від щита станції керування ЩСК.

Живлення здійснюється перемінною напругою 220 В. Схема живильної мережі прийнята радіальною із двостороннім живленням, тобто для автоматичного включення резерву передбачені контактори типу КТ-7012.

Як засоби захисту електроприймачів та їх вимикання застосовуються плавкі запобіжники типу ПР і ПТ, а також двополюсні пакетні вимикачі типу ПВ.

Для попередження технологічного персоналу про відхилення параметрів від норми, стан технологічного устаткування передбачена система попереджувальної сигналізації, а для захисту устаткування від аварійних ситуацій - система блокувань.

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

Автоматизація виробничого процесу відділення кальцинації цеху кальцинованої соди містить в собі наступні види контролю та керування технологічним процесом:

- контроль, регулювання подачі пари до парового кальцинатора;
- контроль температури у паровому кальцинаторі;
- контроль тиску у трубопроводі газів кальцинації;
- контроль рівня.

Параметри регулювання та контролю представимо у вигляді таблиці 7.1.

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.1 – Параметри регулювання та контролю виробництва

№ п/п	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Трубопровід подачі пари	Витрата	До 21,25 м³/год	Контроль, регулювання
2	Паровий кальцинатор	Температура	270 °С	Контроль, регулювання,
3	Збірник конденсату	Рівень	230 мм	Контроль, регулювання
4	Трубопровід газу кальцинації	Тиск	3 МПа	Контроль

7.2 Опис розробленої схеми автоматизації відділу кальцинації гідрокарбонату натрію у виробництві кальцинованої соди

Контур 1 забезпечує регулювання витрати соди і включає в себе дозатор для гранул поз. (1-1), перетворювач нормувальний (1-2), автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад, з пристроєм сигналізації (1-3).

Контур 2 дозволяє регулювати температуру перегрітої у трубопроводі 32, він складається з термоперетворювача опору платинового, призначеного для рідких та газоподібних середовищ (2-1), автоматичного показувального і реєструвального вторинного приладу з пристроєм сигналізації 2-2.

Контур 3, що відповідає за регулювання тиску у трубопроводі 2 і включає такі засоби автоматизації: диференціальні манометри для промислового застосування (3-1), вимірювальний перетворювач (3-2) і

автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм сигналізації (3-3).

Контур 4 забезпечую вимірювання вакууму в змішувачі 2, включає вакуумметр з вакуумним датчиком Пірані (4-1), перетворювач пневмoeлектричний (4-2) і автоматичний показувальний та реєструвальний вторинний прилад (4-3).

Контур 5 відповідає за вимірювання температури газу кальцинації у трубопроводі 32, він складається з термoперетворювача опору платиного з уніфікованим вихідним сигналом (5-1) і автоматичного показувального та реєструвального вторинного приладу (5-2).

Контури 6 та 7, що відповідають за регулювання швидкості обертання в циклоні 11 та віброживильному пристрої включають в себе такі апарати: 6-1, 7-1 первинний вимірювальний прилад, 6-2, 7-2 вторинний перетворювач, 6-3, 7-3 показувальний і реєструвальний прилад.

Контури 8, 9 та 10 забезпечують вимірювання тиску (на виході) відцентрових насосів 18, включають у себе 8-1, 9-1, 10-1 первинний вимірювальний прилад, 8-2, 9-2, 10-2 вторинний перетворювач, , 8-3, 9-3, 10-3 показувальний і реєструвальний прилад.

Специфікацію на використанні технічні засоби автоматизації наведено у додатку А.

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

8.1 Організаційна структура підприємства

Класифікаційні ознаки:

- за формою власності – державне підприємство;
- за формою реєстрації – юридична особа;
- за організаційно-правовою структурою – господарське товариство;
- за спеціалізацією – вузькоспеціалізоване;
- за масштабом виробництва: масове, виробляється великий обсяг води з постійним складом;
- за ресурсами, що споживаються – енерго- та матеріаломістке;
- за потужністю – середнє;
- за чисельністю персоналу – мале;
- за вартістю власного майна – мале;
- За режимом роботи протягом року – поза сезонне.
- Вид діяльності за КВЕД:

Секція С- Переробна промисловість.

Розділ 20- Виробництво хімічних речовин і хімічної продукції.

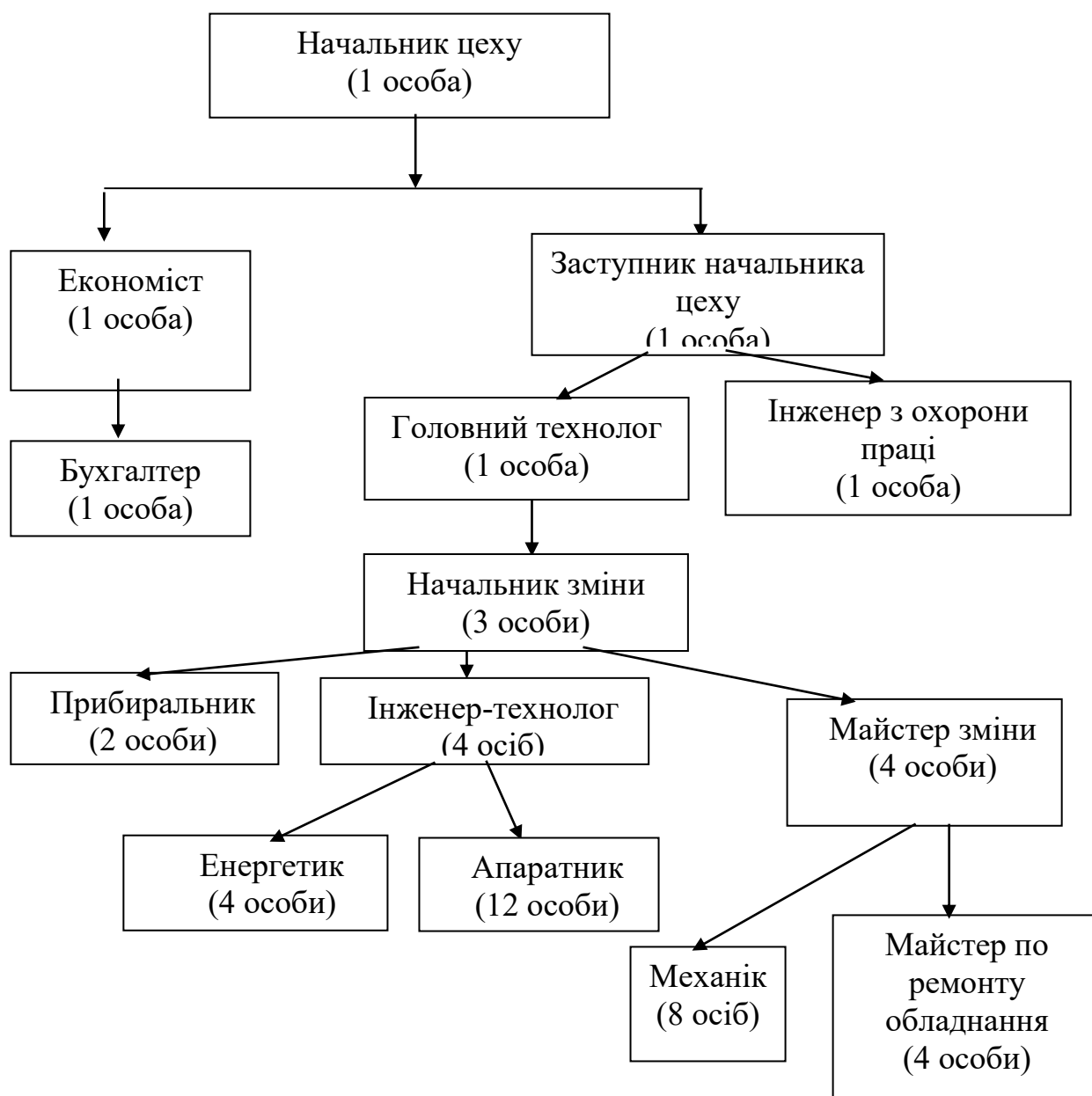
Мета діяльності цеху: здобуття певної кількості кальцинованої соди як безперервного матеріального потоку.

Основні завдання підприємства:

1. виробляти кальциновану соду, яка буде максимально задовільняти вимоги споживача;
2. максимальне задоволення потреб споживачів;
3. Використання сучасного обладнання;

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схема організаційної структури підрозділу



1 – Головний технолог - проводить роботу з удосконалення організації виробництва, його технології, механізації та автоматизації виробничих процесів, відповідає за якість продукції, що випускається.

2 - Начальник цеху - здійснює керівництво виробничо-господарською діяльністю цеху, забезпечує організацію виробництва, дотримання технології, координує дії трудового колективу.

3 – Інженер-технолог — інженер, який займається розробкою, організацією виробничого процесу.

4 – Інженер з охорони праці – здійснює контроль за дотриманням законодавчих та інших нормативних актів з охорони праці.

5 – Апаратник – контролює та регулює технологічний процес.

6 – Майстер зміни – контроль за дотриманням підлеглим ремонтним персоналом правил внутрішнього трудового розпорядку, нормативно-правових актів(НПА) з охорони праці(ОП); видача завдання підлеглому ремонтному персоналу, проведення цільового інструктажу згідно вимог НПА з охорони праці та допуск до виконання завдання ремонтного персоналу; контроль за проведенням якісного, правильного ремонту технологічного устаткування(ТУ).

7 – Майстер по ремонту обладнання – здійснює ремонтні роботи в цеху (аварійні і планові), заміну одиниць обладнання або його частини.

8 – Енергетик – організовує електропостачання цеху; організовує ремонт та технічне обслуговування електрообладнання; займається обліком і контролем за раціональним використанням електроенергії.

9 – Механік – організація технічної підготовки виробництва; забезпечення безперебійної роботи технологічного обладнання.

10 – Бухгалтер – веде облікову роботу по витратах цеху, контролює законність фінансових операцій.

11 – Економіст – здійснює підготовку договорів підряду із замовниками та субпідрядними організаціями, перевірку кошторисної документації на будівництво об'єктів, розрахунок вартості, облік виконаних робіт і оформлення актів.

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.2 Визначення оптимального виду руху предметів праці

Виробничий процес – складний комплекс первинних процесів: основних, допоміжних і обслуговуючих підрозділів підприємства, що забезпечують своєчасний випуск заданої продукції.

Основні процеси - це процеси, що перетворюють сировину і матеріали в готову продукцію, яка визначає профіль та спеціалізацію підприємства.

Допоміжні процеси - це процеси, які не мають безпосереднього відношення до виробництва, але створюють умови (з технічного, енергетичного, інструментального обслуговування) для нормального і безперервного перебігу технологічного процесу.

Підсобні процеси - це процеси, що створюють умови для успішного виконання основних та допоміжних виробничих процесів, а також забезпечують виготовлення продукції, без якої неможливий випуск основної.

Ці процеси поділяються на основні, допоміжні та підсобні наступним чином (таблиця 8.1):

Таблиця 8.1 – Класифікація виробничих процесів цеху на основні, допоміжні, бічні і підсобні

Основні	1. Нагрівання і розкладання NaHCO_3 . 2. Суха і мокра очистка газів кальцинації. 3. Контроль виробництва.
Допоміжні	1. Підготовка вологого гідрокарбонату натрію. 2. Підготовка ретурної соди. 3. Підготовка содогідрокарбонатної суміші(трони). 4. Вивантаження готового продукту з кальцнатора.
Підсобні	1. Ремонт обладнання.
Бічні	1. Прибирання виробничого приміщення.

Весь цикл можна розбити на такі основні стадії:

1. Підготовка вологого гідрокарбонату натрію (20 хвилин).
2. Транспортування ретурної соди (10 хвилин).
3. Нагрівання і розкладання NaHCO_3 (30 хвилин).
4. Суха і мокра очистка газів (15 хвилин).
5. Вивантаження готового продукту (5 хвилин).

Річний випуск кальцинованої соди складає 400000 т/рік.

$$\sum_{i=1}^n t_i = 20 + 10 + 30 + 15 + 5 = 80 \text{ хв.}$$

1. Послідовний рух предметів праці - це такий рух, під час якого обробка продукції проводиться послідовно на кожній стадії з наступною передачею на чергову стадію цієї партії предметів, що обслуговується.

Тривалість зміни = 8 години. Кількість партій за зміну $(60 \cdot 8) / 80 = 6$

$$T_{\text{вц}} = m \cdot \sum_{i=1}^n t_i = 6(20 + 10 + 30 + 15 + 5) = 480 \text{ хв}$$

2. Паралельний рух предметів праці використовується безпосередньо в безперервних процесах при масовому виробництві продукції. Продукція передається з попередньої на наступну операцію, не очікуючи закінчення обробки всієї партії.

$$T_{\text{вц}} = \sum_{i=1}^n t_i + (m - 1) \cdot t_{\text{max}} = 80 + (6 - 1) \cdot 30 = 230 \text{ хв}$$

3. Синхронізований рух. В цьому випадку вироби передаються з однієї стадії на іншу за певним законом.

Час найкоротшої операції дорівнює 5 хв., отже задаємося ритмом 5 хв.

$$T_{\text{вц}} = \sum_{i=1}^n t_i + (m - 1) \cdot R = 80 + (6 - 1) \cdot 5 = 105 \text{ хв}$$

Оскільки загрузка всіх компонентів у кальцинатор має здійснитися в один час, тому потрібно підготовку компонентів завершити одночасно.

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналогічно відділення продуктів з реактора має здійснюватися одночасно. Тому для забезпечення правильної роботи лінії потрібно застосувати змішаний ВРПП ($T_{вц}=75 \times \text{хв}=1,08 \text{ год}$). Але таким чином потужність підприємства не буде реалізована, тому потрібно поставити 3 лінії.

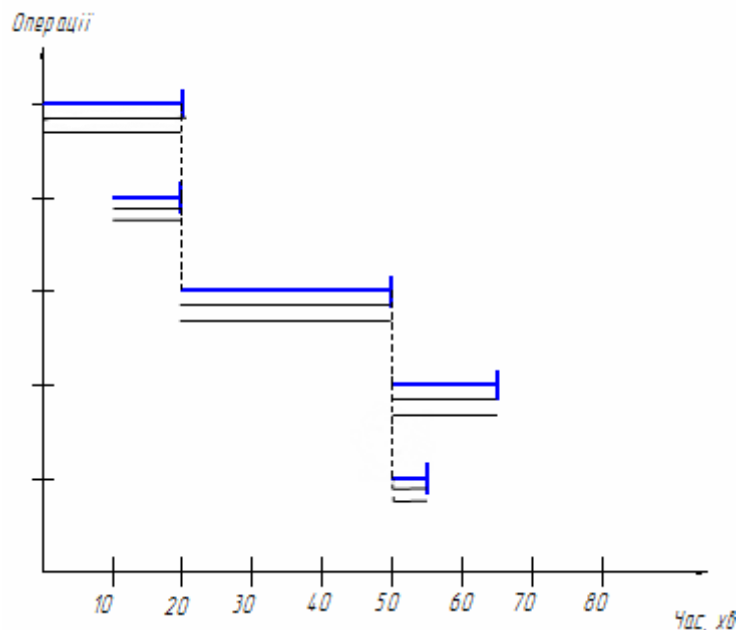


Рисунок 8.1 – ВРПП змішаного типу.

8.3 Режим роботи відділу

У хімічній промисловості найчастіше використовується безперервний процес виробництва. Режим роботи даного підприємства безперервний, тривалість зміни 8 годин. Підприємство працює 7 днів на тиждень. Кількість днів у році 365.

Таблиця 8.2 – Тривалість роботи обладнання.

Показники	Час, год
1. Календарний фонд часу	8760
2. Технологічний простій	120
3. Зупинки на ремонт	300
3. Ефективний фонд часу	8340

$$T_{\text{эф}} = 8760 - 120 - 300 = 8340 \text{ год}; \quad (8.1)$$

$$N_{\text{ц}} = 3 \cdot 8340 / 1,08 = 38611 \text{ одиниць}; \quad (8.2)$$

$$B_{\text{рік}} = 38611 \cdot 10,5 = 404169 \text{ т}, \quad (8.3)$$

де 3 – кількість ліній;

10,5 – випуск продукту за один цикл;

1,08 – тривалість виробничого циклу, год.

Враховуючи втрати продукту на відбір проб та на брак, на продаж надходитиме 400 000 т.

8.4 Кадрові показники

Явочна чисельність – максимально допустима чисельність працівників, необхідна для виконання відповідного об'єму робіт та для повної комплектації робочих місць у кожному структурному підрозділі підприємства, протягом робочої зміни. Режим роботи тризмінний, тривалість зміни 8 годин для робочого персоналу та спеціалістів. Для керуючого персоналу та фахівців робочий тиждень має вигляд: 5 днів на тиждень, режим роботи однозмінний тривалість робочої зміни 8 годин.

Чисельність за списком – потреба підприємства в кадрах. Крім явочної чисельності включає додатково необхідну для заміщення тих, хто у відпустці, хворіють або відсутні з інших поважних причин; також сюди включають консультантів, сумісників і т.д.

Таблиця 8.3 – Кількість персоналу

Посада	Кількість
Начальник цеху	1
Зступник начальника цеху	1
Начальник зміни	4
Головний технолог	1
Інженер – технолог	4
Інженер з охорони праці	1
Механік	8
Енергетик	4
Майстер зміни	4
Прибиральник	2
Апаратник	12
Майстер по ремонту обладнання	4
Бухгалтер	1
Економіст	1

$\text{Ч}_{\text{яв}}=17$ людей;

$\text{Ч}_{\text{сп}} = 48$ людей.

Щоб забезпечити безперервний процес роботи підприємства потрібно 4 бригади.

Графік змінності робочого персоналу

Графік змін на підприємстві: 1-а зміна: 00.00 – 08.00 год;

2-а зміна: 08.00 – 16.00 год; 3-я зміна: 16.00 – 00.00 год.

Таблиця 8.4 – Графік змінності

Дні	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	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	в	2	2	2	2	В	3	3	3	3	в	в	1	1	1	1	в	2	2	2	2	В	3	3	3	3	в
2	В	2	2	2	2	в	3	3	3	3	В	в	1	1	1	1	в	2	2	2	2	в	3	3	3	3	в	в	1	1	1
3	2	в	3	3	3	3	в	в	1	1	1	1	в	2	2	2	2	в	3	3	3	3	в	в	1	1	1	1	в	2	2
4	3	3	в	в	1	1	1	1	в	2	2	2	2	в	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	в	2	2	2	2	в	3

Таблиця 8.5 - Графік змінності для керівництва:

Дні	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Нд
Зміна	1	1	1	1	1	В	В

8.5 Матеріальний баланс оборотних засобів підприємства

До оборотних засобів даного підприємства належать:

1. Сировина
2. Електроенергія.
3. Заробітна плата
4. Запасні частини та матеріали.

Сумарно на річний випуск продукції необхідно затратити на сировину:

Таблиця 8.6 – Витрати сировини

Сировина	Ціна	Кількість на рік, т	Вартість, грн./рік
Технічний гідрокарбонат натрію	890	412080	366946240
Водяна пара			90731610
Технічна вода			3400000
Витрати на запасні частини для обладнання			450000
Всього			461527850

Розрахунок вартості електроенергії:

Витрати електроенергії становлять 22157520 кВт/рік, або 2593 кВт/год. Оскільки потужність більше 27,5 кВт/год, маємо перший клас напруги. Ціна 1кВт =188,74 копійки. За двозонними коефіцієнтами в денний період (7:00-23:00) складає 3,39732 грн, в нічний період (23:00-7:00) – 0,66059. Підприємство працює 24 години на добу, 365 днів на рік:

$$E_e = (16 \cdot 3,39732 \cdot 2593 + 8 \cdot 0,66059 \cdot 2593) \cdot 365 = 56445735 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.7 – Кількість посад і заробітна плата працівників

Посада	Кількість	ЗП _{міс} , грн.
Начальник цеху	1	7000
Зступник начальника цеху	1	6000
Начальник зміни	4	5500
Головний технолог	1	5500
Інженер – технолог	4	5000
Інженер з охорони праці	1	4500
Механік	8	4000
Енергетик	4	4000
Майстер зміни	4	3800
Прибиральник	2	3200
Апаратник	12	3500
Майстер по ремонту обладнання	4	3500
Бухгалтер	1	3500
Економіст	1	4500
Всього	48	198600

$$\text{ЗП}_{\text{рік}} = 37400 \cdot 12 + 161200 \cdot 13 = 2\,544\,400 \text{ грн/рік}; \quad (8.8)$$

$$\text{ФОП} = \text{ЗП} \cdot \text{нарахування на з/п} = 2\,544\,400 \cdot 1,22 = 3\,104\,168 \text{ грн/рік}. \quad (8.9)$$

8.6 Контроль виробництва

На виробництві виконуються поточний та вихідний контролю. Всі види контролю якості проводять працівники відділу контролю якості.

Поточний контроль проводять після будь якого апарату. Проба відбирається з трубопроводу, або з самого апарату. Контроль проводять 1 раз на добу.

В відділенні кальцинації аналізуються такі речовини (поточний контроль):

- гідрокарбонат на вході;
- пара на підігрів кальцинатора;
- ретурна сода на вході;
- гази кальцинації на виході з колектора ;
- слабка рідина у колекторі;
- слабка рідина у збірнику;

Вихідний контроль:

- масова частка Na_2CO_3 у готовому продукті;
- вміст домішок;

Технологічне обладнання перевіряється на стадії його закупки.

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Паспорт якості на вид продукції:

Назва підприємства:

Адреса підприємства:

Цех «Відділення кальцинації»

Паспорт № ЧЧ.ЧЧЧ

Найменування продукту: Кальцинована сода

Об'єм однієї партії кальцинованої соди – 10 т.

Таблиця 8.8—Показники якості

№	Назва показника	Значення	Норма
1	Масова частка Na_2CO_3 , %		$99,0 \pm 0,1$
2	Насипна густина, г/см ³		0,9
3	Масова частка речовин, які нерозчинні у воді, %		0,04

Якість відповідає: ОКП 21 3111 0230

Дата виготовлення

Термін зберігання 1 рік.

Лаборант _____.

(підпис)

Головний технолог _____.

(підпис)

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.7 Основні фонди виробництва

Таблиця 8.9 – Розрахунок ОФ та ОБЗ

Показник	Сума грн.
Основні фонди, грн:	182000000
Нематеріальні активи	2 000 000
Будівля	20 000 000
Технологічне обладнання	160 000 000
Оборотні засоби, грн/рік:	521077753
Технічний гідрокарбонат натрію	366946240
Водяна пара	90731610
Технічна вода	3400000
Електроенергія	56445735
Фонд оплати праці	3104168
Витрати на ремонт обладнання, перевірку	450000

Таблиця 8.10 – Вартість обладнання

Обладнання	Кількість,од	Вартість, грн/од	Загальна вартість, грн
Паровий кальцинатор	3	250000	750000
Стрічковий транспортер	22	108000	2376000
Плужків скидач	3	183000	549000
Мішалка	3	70000	210000
Відцентровий насос	5	165000	825000

Продовження таблиці 8.10

Сепаратор	3	110000	330000
Живильний змішувач	3	168000	504000
Шнековий дозатор	3	125000	375000
Віброживлювач	3	98000	294000
Плужків скидач	3	189000	567000
Зашивочна машина	3	70000	210000
Труби та трубна арматура			5000000
Інше			2010000
Всього			160000000

Плановий термін експлуатації ОФ:

- будівлі – 20 років:

$$A = \Phi_{\text{пп}} / T_{\text{експ}} = 20000000 / 20 = 1000000 \text{ грн/рік}; \quad (8.10)$$

- нематеріальні активи – 12 років:

$$A = \Phi_{\text{пп}} / T_{\text{експ}} = 2000000 / 12 = 166666,7 \text{ грн/рік}; \quad (8.11)$$

- обладнання – 5 років:

$$A = (\Phi_{\text{пп}} + K) / T_{\text{експ}} = (160000000 + 450000) / 5 = 32090000 \text{ грн/рік}; \quad (8.12)$$

$$A_{\text{заг}} = 1000000 + 166666,7 + 32090000 = 33256666,7 \text{ грн/рік}. \quad (8.13)$$

Собівартість:

$$C = A + O\&3 = 33256666,7 + 521077753 = 554334419,7 \text{ грн/рік}. \quad (8.14)$$

Ринкова ціна 1 т технічної кальцинованої соди складає 1600 грн/т

Річний прибуток підприємства:

$$\Pi = 1600 \cdot 404169 - 554334419,7 = 92335980,3 \text{ грн/рік.} \quad (8.15)$$

Рентабельність:

$$P = \Pi / C \cdot 100\% = 92335980,3 / 554334419,7 \cdot 100\% = 16,7\%. \quad (8.16)$$

Термін повернення капіталовкладень:

$$K = OF + OBZ = 182000000 + 554334419,7 = 736334419,7 \text{ грн;} \quad (8.17)$$

$$T_{\text{пов.к}} = K / \Pi = 736334419,7 / 92335980,3 = 7,97 \text{ років.} \quad (8.18)$$

Ефективність підприємства:

$$E = \Pi / K = 0,125. \quad (8.19)$$

Фондовіддача:

$$FB = B / OF = 646670400 / 182000000 = 3,55 \text{ грн/грн.};$$

Фондоємність:

$$FE = 1 / FB = 1 / 3,55 = 0,28 \text{ грн/грн.}$$

Техніко-економічні показники:

Показник	Значення
Річний випуск продукції, грн.	$B = 646670400$
Чисельність персоналу за списком, чол.	$Ч_{\text{сп}} = 48$
Капіталовкладення, грн.	$K = 736334419,7$
Загальна собівартість продукції, грн/рік	$C = 554334419,7$
Відносний прибуток грн/рік	$\Pi = 92335980,3$
Рентабельність продукту, %	$P = 16,7$
Термін повернення капіталовкладень, років	$T_{\text{ок}} = 7,97$
Коефіцієнт економічної ефективності	$E = 0,125$
Вартість:	
- Основних фондів	$OF = 182000000$
- Оборотних коштів	$OBZ = 521077753$

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

Розглянувши технологічну схему відділення можна прийти до висновку, що на виробництві в обігу є шкідливі й небезпечні виробничі фактори, до складу яких входять: агресивні та токсичні речовини, пожежонебезпечні матеріали та речовини, електроенергія, механічна, теплова енергії, енергія стисненого газу та хімічних реакцій.

До небезпечного обладнання у відділенні можна віднести: апарати під тиском, обладнанні аерозолобами, електричні та механічної дії.

При проектуванні виробництва прийняті проектні рішення, які відповідають вимогам охорони праці та пожежної профілактики.

На базі аналізу шкідливих і небезпечних факторів розроблено заходи для створення у виробничих приміщеннях оптимальних умов праці та пожежної профілактики.

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

9.1.1 Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.6.042 – 99, роботи у цеху відносяться до категорії середньої важкості Пб. У таблиці 9.1 наведені оптимальні значення параметрів мікроклімату, прийняті проектом [16].

У відділенні кальцинації передбачається використання агресивних та шкідливих речовин, тому в додатку Б представлено коротку санітарну характеристику цеху згідно до ГОСТ 12.1.005-88.

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Деякі з цих речовин можуть бути у вигляді пилу. Шкідлива дія пилу може проявитися у вигляді механічних пошкоджень шкіри, слизової оболонки, дихальних шляхів, очей, легенів, а також у вигляді токсичної (отруйної) і хімічної дії.

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

Період року	Категорія робіт	Температура, °C	Відносна волога, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Середньої важкості ПБ	17 – 19	40 – 60	0.2
Теплий		20 – 22	40 – 60	0.3

Деякі з цих речовин можуть бути у вигляді пилу. Шкідлива дія пилу може проявитися у вигляді механічних пошкоджень шкіри, слизової оболонки, дихальних шляхів, очей, легенів, а також у вигляді токсичної (отруйної) і хімічної дії.

Для захисту персоналу від пилу введені індивідуальне захисне оснащення: застосування протипилового одягу, респіраторів, захисних окулярів, марлевих пов'язок, протигазів.

Для нормалізації повітря робочої зони проектом передбачено використання системи штучної вентиляції. Природний обмін повітря здійснюється за допомогою вікон.

Для нормалізації мікроклімату застосовуємо змішану загальнообмінну вентиляцію, для рівномірного повітрообміну. Місцева вентиляція служить для подачі свіжого повітря до робочого місця. Аерація - передбачена для видалення забрудненого повітря з місця його утворення.

Для підвищення ефективності вентиляційних систем передбачена герметизація всього технологічного обладнання та укриття місць пиловидалення із пристроєм місцевих відсмоктувачів.

Передбачено аварійну вентиляцію (тільки витяжна), призначена для швидкого видалення великих кількостей шкідливих та вибухонебезпечних речовин, а також забрудненого пилом повітря, що виникає при порушеннях технологічного процесу або аваріях технологічного обладнання.

Для контролю мікроклімату використовуються: термометри, психрометри.

Розрахунок аерації цеху

Конструкція стулки віконного прорізу - одинарна підвісна. Висота й довжина стулки рівні, кут відкриття стулки $\alpha = 45^\circ$. Ліхтар П-подібний із фрамугами на вертикальній осі з вітрозахисними панелями, які перебувають на відносній відстані $l/h = 1,5$, з кутом відкриття $\alpha = 90^\circ$. Визначаємо температуру повітря, що видаляється з верхньої частини приміщення:

$$t_{\text{вио}} = t_{\text{зовн}} + \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{рз}}}{m}, \text{ } ^\circ\text{C};$$

де $t_{\text{зовн}}$ - температура зовнішнього повітря, для Києва в теплий період $t=23,5^\circ$; $t_{\text{вн}}$ -температура внутрішнього повітря; $t_{\text{вн}}=22^\circ\text{C}$; $t_{\text{р.з.}}$ -температура повітря, що надходить до робочої зони. $t_{\text{р.з.}} = t_{\text{зовн}}$, $t_{\text{р.з.}} = 23,5^\circ\text{C}$;

m - коефіцієнт, приймаємо 0,53;

$$t_{\text{вио}} = 23,5 + \frac{22 - 23,5}{0,53} = 20,67, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Визначаємо питому вагу повітря:

$$\rho = \frac{353}{t + 273}, \text{ кг/м}^3;$$

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

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho_{\text{вид}} = \frac{353}{20,67 + 273} = 1,202, \text{ кг/м}^3.$$

Розподілений тиск визначаємо по формулі:

$$\Delta\rho_{1,2} = h * (\rho_{\text{зовн}} - \rho_{\text{вид}}), \text{ кг/м}^2;$$

де h - відстань між осями прорізів; $h=10$ метрів

$$\Delta\rho_{1,2} = 10 * (1,202 - 1,179) = 0,11, \text{ кг/м}^2.$$

Втрати тиску на прохід повітря через припливні прорізи можна визначити по формулі:

$$\Delta\rho_1 = \beta * \Delta\rho_{1,2}, \text{ кг/м}^2;$$

де β - різниця тисків, що використовується на прохід повітря через припливні прорізи, $\beta=0,4$,

$$\Delta\rho_1 = 0,4 * 0,11 = 0,044, \text{ кг/м}^2;$$

Втрати тиску на прохід повітря через ліхтар визначаємо по формулі:

$$\Delta\rho_2 = \Delta\rho_{1,2} - \Delta\rho_1, \text{ кг/м}^2;$$

$$\Delta\rho_2 = 0,11 - 0,044 = 0,066, \text{ кг/м}^2.$$

Визначаємо площу прорізів у стіні $F_{\text{припл}}$ і площа прорізів ліхтаря $F_{\text{л}}$:

$$F_{\text{припл}} = \frac{G_{\text{припл}}}{3600 \sqrt{\frac{2 * g * \rho_{\text{зовн}} * \Delta\rho_1}{\xi_1}}}, \text{ м}^2;$$

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

$$F_{\text{вид}} = \frac{G_{\text{вид}}}{3600 \sqrt{\frac{2 * 9,8 * 1,202}{4,1} * 0,096}}, \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{вид}} = \frac{G_{\text{вид}}}{3600 \sqrt{\frac{2 * 9,8 * 1,202}{4,1} * 0,096}} = 11,33, \text{ м}^2.$$

де $G_{\text{припл}}$ - кількість повітря, що повинна надходити в приміщення. $G_{\text{вид}}$ - кількість повітря, що видаляється.

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9.1.2 Виробниче освітлення

Згідно ДБН В.2.5-28-2006, у відділі виконуються роботи VIIIб розряду зорових умов.

В таблиці 9.2 представлені санітарні норми освітлення, наведені значення параметрів освітлення, прийняті проектом.

В проекті передбачено використання суміщеного освітлення – поєднання бічного двостороннього і штучного освітлення. До штучного відносяться: робоче, аварійне і ремонтне освітлення.

Система штучного освітлення – комбінована, на виробництві прийняті люмінесцентні лампи типу ЛД-80 з потужністю 80 Вт, та світловим потоком – 4200 Лм.

Таблиця 9.2 - Норми параметрів освітлення

Розряд зорових робіт	Характер зорових робіт	Освітленість при суміщеному освітленні, Е, ЛК	Значення КЕО, %		
			при природному освітленні	при сполученому освітленні	
			бокове	спеціальне	верхнє
VIIIб	Загальне періодичне спостереження при постійному перебуванні людей у приміщенні	100	0,3	0,2	0,7

Для аварійного й евакуаційного освітлення передбачене застосування ламп розжарювання, поміщених у світильник "Альфа", а також переносних світильників "Універсаль" УП-200, напругою 12В.

При відключенні робочого освітлення передбачена система аварійного освітлення. Світильники аварійного освітлення приєднуються до мережі робочого освітлення з автоматичним перемиканням на незалежне живлення.

9.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрацій

У відділенні основними джерелами шуму є насоси, барабанний кальцинатор, циклон, стрічкові транспортери. Джерелом шуму є електроприводи обладнання. Шум створює також матеріали (полістирол та іоніти), що завантажуються у фільтри. Згідно ДСН 3.3.6.037 - 99 допустимий рівень звуку у виробничих приміщеннях - 80 дБА. Фактичний рівень складає 73 дБА, що задовольняє вимогам.

Для боротьби із шумом передбачаються наступні заходи: відведені спеціальні звукоізолюючі кабінки; внутрішні поверхні облицьовані матеріалами які поглинають шум. Створюються малOSHUMні механічні передачі, розроблено способи зниження шуму в підшипникових вузлах, вентиляторах.

Мінімізовано контакт працівників з віброоб'єктами шляхом використання дистанційного керування, автоматичного контролю та сигналізації, а також застосування захисного огороження. Для зменшення вібрації використовується віброізоляція, шляхом застосування пружинних і гумових прокладок, спеціальних підкладок під устаткування.

9.1.4 Електробезпека

Проектом передбачено здійснювати живлення електроустаткування від трифазної 4-х провідної електричної мережі змінного струму промислової частоти із глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 В.

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно ГОСТ 12.1.038 - 82 допустимі рівні напруги дотику (U_d) і струму, що проходить через тіло людини (I_l) дорівнює: при нормальному режимі роботи електроустаткування $U_d = 2\text{В}$, а $I_l = 0.3\text{мА}$; при аварійному - відповідно 36В і 6мА . Припустимі значення струму й напруги:

- у нормальному режимі роботи

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

- в аварійному режимі роботи:

$I_l = 6\text{ ма}$ і $U_{пр} = 36\text{ В}$, при контакті більше 1 с.

Однофазний дотик зустрічається набагато частіше, ніж двофазний. Такий дотик менш небезпечний, тому що до тіла людини прикладається лінійна напруга.

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

$$I_l = \frac{U_\phi \cdot 10^3}{R_l + R_0}, \text{ мА}$$

де $U_\phi = 220\text{ В}$ – фазна напруга, В; $R_l = 2000\text{ Ом}$ – опір тіла людини, Ом; $R_0 = 30\text{ Ом}$ – опір нейтралі заземлення, Ом.

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

При цьому напруга дотику складе:

$$U_{дот} = I_l \cdot R_l = 0,1098 \cdot 2000 = 219,6\text{ В}$$

Висновок: розрахувавши струм, що проходить через людину і напругу дотику, і порівнявши їх з значеннями, що допустимі і нормовані за ГОСТ 12.1.038 – 82 ми бачимо, що експлуатація таких установок та порушення вимог ПУЕ є небезпечною для здоров'я і життя людини. Тому необхідно вжити таких заходів, щодо забезпечення електробезпеки.

Для захисту від електрики впроваджено такі заходи: занулення електроустаткування; захист електропроводки від механічних ушкоджень

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прокладкою проводів у металевих трубах, схованої, у металорукавах; установка електроустаткування відповідно до умов навколишнього середовища, закриті пилонепроникні електродвигуни та світильники; захисне відключення електроустаткування. Передбачене використання захисного одягу та пристроїв: діелектричні рукавички, інструменти з ізолюючими рукоятками, покажчики напруги, діелектричні калоші, що ізолюють підставки, тимчасові огороження, захисні окуляри, подвійна ізоляція, застосування малих напруг. Блокування в системах пуску і зупинки обладнання. Недоступність струмоведучих частин. Передбачений систематичний контроль ізоляції. До роботи з електрообладнанням допускаються особи, які мають на це дозвіл посадових осіб. Ремонт і обслуговування електроустаткування здійснюють не менше 2 осіб. Схема автоматизації передбачає блокування і можливість автоматичного, аварійного відключення устаткування, а також звукову та світлову сигналізацію.

9.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування обладнання

З боку технологічних процесів, на підприємстві є механізми, які зможуть завдати обслуговуючому персоналу травм:

- обертів деталі;
- апарати під тиском (до 0,6 МПа).

Можливі падіння людей з висоти 6м, тому вони огорожені перилами висотою до 1 м.

Аварійні ситуації можуть виникнути при порушенні технологічного режиму неправильної експлуатації обладнання, поломки обладнання можуть призвести до аварій, вибухів, пожеж.

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Головні причини аварійних ситуацій: порушення герметичності установок, прорив транспортних труб, припинення подачі технологічної води, захаращеність робочих місць, порушення технологічного режиму, відключення електроенергії, невиконання правил з техніки безпеки та інші.

9.2 Пожежна безпека

Причинами пожежі в цеху можуть бути:

- перенавантаження електрообладнання;
- теплова дія;
- механічне пошкодження електромережі;
- прямий удар блискавки в будівлю.

Протипожежними заходами є:

- встановлення плавких запобіжників;
- використання стержневих блискавковідводів.

Будівля корпусу хімічного цеху, де знаходиться відділення пом'якшення, збудована з негорючого матеріалу другого ступеня вогнестійкості. В якості сигналізації встановлені датчики типу ПОСТ 1 та телефонний зв'язок. З метою дотримання правил пожежної безпеки у проекті передбачено такі запобіжні заходи: розділення апаратів протипожежними перегородками на відсіки, обладнання протипожежних перешкод у вигляді гребенів, козирків, бортиків, протипожежний водопровід, ємності з піском і пожежні щити. Передбачається захист ізоляції від теплового впливу. Захист від прямих ударів блискавки забезпечується завдяки стержньовим блискавковідводам. В цеху для пригнічення пожежі передбачено сухий пісок, азбестові ковдри, порошкові вогнегасники, які є найбільш універсальними по області застосування й по робочому діапазоні температур. В приміщенні є

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

два евакуаційні виходи на випадок виникнення пожежі. Всі електроустановки захищені автоматичними пристроями від струмів короткого замикання.

Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів наведені в таблиці 9.3

Таблиця 9.3 - Показники пожежо- та вибухонебезпечності речовин та матеріалів

Реагенти що використовують у ви- робництві	Агрегатний стан речовини за н.у.	Показники пожежо- та вибухонебезпеки			Вогне- гасні засоби	Катего- рія примі- щення за ОНТП 24 - 86	Клас примі- щення (зони) і зовніш- ніх уста- новок за ПУЕ	Категорія об'єкту і тип зони за устро- єм бли- скавко- захисту згідно СН 305 - 77
		Горю- чість	Темпера- тура спалаху- вання, °С	Темпе- рату- ра са- моспалах- ування, °С				
Машинне масло (насос)	Р	Горить	180	380	Поро- шок ПСБ і СН-2	Д	П – Па	Ша
Гума (ізоляція, одяг)	Тв	Горить	220	400	ОХП – 10			

У даному розділі розроблено заходи, які направлені на створення здорових та безпечних умов праці та пожежної безпеки відповідно до санітарних норм і правил. Під час розробки проекту:

- наведено оптимальні та допустимі параметри мікроклімату в робочій зоні виробничого приміщення;

- створено сприятливу для роботи систему освітлення, а також проведено розрахунок системи загального електричного освітлення цеху методом коефіцієнта використання світлового потоку;
- передбачено застосування засобів захисту від виробничого шуму та вібрацій;
- наведено перелік електрозахисних засобів колективного та індивідуального захисту;
- вжито всіх можливих заходів щодо безпеки технологічних процесів та обслуговування обладнання;
- з метою дотримання правил пожежної безпеки проведено ряд заходів відповідного захисту.

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА

З точки зору екологічної безпеки виробництва відділення кальцинації виробництва кальцинованої соди являється маловідходним.

Метою даного розділу є аналіз джерел та кількості відходів, а також знайдення оптимальних шляхів екологізації даного відділу.

10.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються

Сировиною відділення кальцинації є напівпродукт – технічний гідрокарбонат натрію, що поступає з відділення карбонізації. Продукцією цеху є сода кальцинована технічна, вимоги до якої регламентовані ГОСТ 5100-85.

В процесі кальцинації технічного гідрокарбонату натрію окрім продукційної соди утворюються гази кальцинації, у склад яких входить аміак, вуглекислий газ і пари води. Приблизний склад газу кальцинації наведено у таблиці 10.1.

Таблиця 10.1 – Приблизний склад газу кальцинації

№ п/п	Компонент	Відсотковий склад, %
1	NH ₃	4,80
2	CO ₂	91
3	H ₂ O	4,20

Розрахункові дані вказані в таблицях 10.2, 10.3, 10.4 взяті з матеріального балансу ПЗ.

Таблиця 10.2 – Характеристика сировини та продукції виробництва

№	Відділення кальцинації виробництва	Властивості	Проблеми	Кількість сировини, напівпродуктів, кг	
				На 1 т готової продукції	за рік
1	NaHCO_3	Нетоксичний, розчинний	Наявність домішків хлоридів та сульфатів	1845,428	738171,2
2	Na_2CO_3	Нетоксичний, добре розчинний	-	1000	400000

Таблиця 10.3 – Характеристика твердих відходів та газових викидів виробництва

№	Відділення очищення стічних вод від барвників	Кількість відходів, викидів та стоків, кг		Метод очищення	Ступінь очищення, %
		На 1 т готової продукції	За рік		
1	Пил	20	7964,7	Осадження в циклоні та фільтрі	99,68 %
2	Аміак	40,882	16352,8	Поступає на стадію карбонізації	99,00 %
3	Вуглекислий газ	474,113	189645,2	Поступає на стадію карбонізації	99,00 %

Як видно з отриманих даних, дане підприємство є маловідходним, а речовини, які являються відходами не відносяться до небезпечних (токсичних).

Екологічний стан виробництва описується в таблиці 10.4. З неї випливає, що дане підприємство не є екологічно шкідливим. Всі відходи, отримувані в результаті роботи відділення або відповідають вимогам (ГДК), або взагалі не нормуються.

Таблиця 10.4 – Екологічний стан виробництва

№	Відділення кальцинації виробництва кальцинованої соди	Кількість відходів, викидів та стоків, кг		Концентрація забруднювача, мг/м ³	ГДК забруднювача, мг/м ³	Відповідність нормі
		На 1т готової продукції	За рік			
1	Вуглекислий газ	474,113	16352,8	8457	9000	Відповідає
2	Аміак	40,882	189645,2	16	20	Відповідає
3	Пил	20	7964,7	4	5	Відповідає

10.2 Можливі варіанти екологізації виробництва

В Україні уже давно працюють підприємства, які мають в основі описану схему. Тому описаний метод забезпечує екологічно безпечну організацію виробництва.

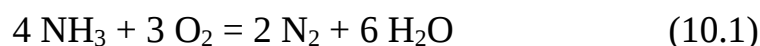
Аналіз роботи відділення ретурної кальцинації цеху кальцинованої соди показав, що підвищення концентрації газів, що складають газ кальцинації (NH₃, CO₂) може відбутися у разі негерметичності обладнання і трубопроводів газів кальцинації. Через небезпеку перевищення ГДК NH₃ і CO₂ у відділенні кальцинації вакуум у обладнанні підтримується

компресором, що розташований після сухої очистки газів кальцинації. Крім того проводиться постійний нагляд обладнання і трубопроводів, чим зменшується ризик раптової зупинки обладнання (і тим самим різкого підвищення концентрації NH_3 , CO_2 у повітрі робочої зони).

При підвищенні концентрації аміаку і вуглекислого газу в приміщенні автоматично включаються газодувки, при цьому відбувається зменшення NH_3 , CO_2 до встановлених норм. Одним з методів нейтралізації аварійних викидів NH_3 є метод окислення аміаку киснем, а нейтралізації викидів CO_2 є поглинання вуглекислого газу МЕА, що є досить дешево.

Проведемо розрахунок нейтралізації аварійних викидів.

Очистка газу від NH_3 :



Умови проведення очистки: 1000 м^3 газу, 1% забруднювача, 99% повітря. Температура проведення процесу – 1000°C . Тоді об'єм аміаку у газі буде 10 м^3 , а враховуючи те, що газ кальцинації містить 4,8% аміаку, на очистку подається $10 \cdot 100 / 4,8 = 208,3 \text{ м}^3$ газу кальцинації і $1000 - 208,3 = 791,7 \text{ м}^3$ повітря. Матеріальний баланс газу, який поступає на очистку наведено у таблиці 10.6.

Розрахунок ступеня очищення:

$$x = 100 \cdot x' \quad (10.1)$$

Приймаємо $x' = 0.99$.

$$x = 100 \cdot 0.99 = 99\%.$$

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 10.5 – Матеріальний баланс газу, який поступає на очистку

Компонент	м ³	%
Газ кальцинації, у т.ч.:	208,3	100
NH ₃	10	4,8
CO ₂	116,1	55,74
H ₂ O	82,2	39,46
Повітря, у т.ч.:	791,7	100
N ₂	617,5	78
O ₂	174,2	21
Всього	1000	100

Матеріальний розрахунок газу після очищення:

$$C_{NH_3} = C_{NH_3}^0 \cdot (1 - x) = 1 \cdot (1 - 0.99) = 0.01\%, \quad (10.2)$$

де $C_{NH_3}^0$ - початкова концентрація NH₃.Об'єм NH₃ :

$$V_{NH_3} = V_{NH_3}^0 \cdot (1 - x) = 10 \cdot (1 - 0.98) = 0.1 \text{ м}^3. \quad (10.3)$$

Таблиця 10.6 – Склад очищеного газу

Компонент	м ³	%
NH ₃	0,1	0,0099
CO ₂	116,1	11,58
H ₂ O	97,05	9,68
N ₂	622,45	62,09
O ₂	166,775	16,64
Всього	1002,475	100

ГДК = 20 мг/ м³.

Витрата реагентів:

маса 10 м³ NH₃ :

$$m_{NH_3} = 4 \cdot V \cdot M_{NH_3} / V_m = 4 \cdot 10 \cdot 17 / 22.4 = 30.357 \text{ кг}, \quad (10.4)$$

де V_m - молярний об'єм газу ($V_m = 22.4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$),

M_{NH_3} - молярна маса, кг/кмоль;

маса O_2 :

$$m_{O_2} = 3 \cdot m_{NH_3} \cdot M_{O_2} / M_{NH_3} = 30.357 \cdot 3 \cdot 32 / 17 = 171,4286 \text{ кг.} \quad (10.5)$$

Пил, який осідає в робочих приміщеннях, змивають водою в каналізацію так як він не несе загрози водоймам.

10.3 Розрахунки та підбір обладнання за обраним рішенням

В таблиці 10.7 представлені технічні характеристики КВОУ (комплексна повітря-очисна установка), яка знижує запиленість газів кальцинації. Ефективність очистки становить 99,68 %. КВОУ оснащена фільтрами поверхневого типу, які виготовлені з вітчизняного фільтруючого матеріалу. Тип газотурбінного двигуна – ДН-80.

Антикорозійне покриття металоконструкцій забезпечує захист КВОУ від корозії протягом 10 років.

Таблиця 10.7 – Технічні характеристики КВОУ

№ п/п	Назва та розмірність параметра	ДН-80
1	Потужність, МВт	25
2	Витрата циклового повітря, кг/с	85,0
3	Вага КВОУ, т	26,0
4	Кількість фільтрів, шт.	108
5	Тип фільтра	ФЕЦ-1,0
6	Система очистки фільтра	Імпульсна очистка
7	Рівень шуму в районі забору повітря, дБ (А)	Не більше 80
8	Термін служби КВОУ, год	100 000

10.4 Екологічний моніторинг

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. Штрафи за перевищення норм ГДК не розраховуємо, оскільки концентрації шкідливих речовин відповідають допустимим значенням (табл. 10.4).

Як зазначено в таблиці 10.3, в даному підприємстві чітко нормуються лише 3 види забруднювачів: пил, аміак та вуглекислий газ. Причому останній два є складовими газу кальцинації, який поступає на стадію карбонізації. Пил просто фіксується оскільки чітких значень ГДК немає.

Проведено аналіз джерел забруднення, якими являються пил та газ кальцинації. Оскільки газ кальцинації поступають на попередню стадію, стадію карбонізації, з допустимим значеннями концентрації забруднювача (аміак – 16 мг/м³, вуглекислий газ – 8457 мг/м³), а концентрація пилу становить 4 мг/м³, що не перевищує ГДК (5 мг/м³), можна зробити висновок, що дане відділення є маловідходним і не є екологічно небезпечним, що обумовлює відсутність екологічних платежів.

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Наведені галузі застосування кальцинованої соди в різних сферах промисловості. Проведено критичний аналіз існуючих способів кальцинації технічного гідрокарбонату натрію і обґрунтовано вибір найбільш ефективного способу виробництва кальцинованої соди – ретурного.

2. Розглянуто фізико-хімічні основи процесу ретурної кальцинації, обґрунтовано оптимальний технологічний режим процесу.

3. Дано характеристику сировини, енергетичних носіїв, наведено технічні вимоги до готового продукту – кальцинованої соди.

4. Описано технологічну схему відділення кальцинації. Обґрунтовано заміну вогневих содових печей на більш ефективні парові кальцинатори, що дозволяє збільшити продуктивність содового виробництва, поліпшити якість продукції та збільшити термін використання обладнання. Показано необхідність додаткової очистки газу кальцинації від содового пилу у паперових фільтрах вітчизняного виробництва.

5. Розраховано матеріальний і тепловий баланси і витратні коефіцієнти для отримання технічної кальцинованої соди першого сорту марки А ОКП 21 3111 0230.

6. За допомогою персонального комп'ютера у середовищі Microsoft Excel виконано багатоваріантний розрахунок, побудовано графіки залежності теплоти та ретуру на проведення процесу від вологості вхідного гідрокарбонату.

7. В технологічній схемі передбачено автоматичний контроль та регулювання основних параметрів технологічного режиму.

8. В екологічній частині проведено аналіз джерел забруднення. Передбачено заходи з екологічної безпеки організації відділення.

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Дипломний проект виконано з урахуванням вимог охорони праці. Після аналізу шкідливих та небезпечних виробничих факторів передбачено заходи для створення на об'єкті безпечних умов праці.

10. Наведені економіко-організаційні розрахунки, які свідчать про економічну доцільність виконаного проекту.

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кожухар, В. Я. Сода [Текст]: навч. посіб. для студ. Хіміко-технологічних спеціальностей/В. Я. Кожухар, В. Г. Рябих, В. В. Брем – О.: Екологія, 2005. – 155 с.
2. Зайцев, И.Д. Производство соды [Текст] /И. Д Зайцев, Г. А. Ткач, Н. Д. Стоев ; - М. : Химия, 1986. - 312 с. : рис.
3. Шокин, И. Н. Технология соды [Текст]: учебник для хим.-технол. спец. вузов /И. Н. Шокин, С. А. Крашенинников ; - М. : Химия, 1975. - 288 с.
4. Ткач , Г.А. Производство соды по малоотходной технологии: Монография /Г. А. Ткач, В. П. Шапорев, В. М. Титов ; - Х. : ХГПУ, 1998. - 429 с.
5. ГОСТ 5100-85. Сода кальцинированная техническая. Технические условия.
6. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии [Текст] / Касаткин А.Г. – М.: Госхимиздат, 1960. – 783 с.
7. Хуснутдинов, В. А. Оборудование производств неорганических веществ: Учеб. пособие для вузов./ В.А. Хуснутдинов, Р. С. Сайфуллин , И. Г. Хабибуллин – Л.: Химия, 1987. – 248 с.
8. Жаворонков, Н. М. Справочник азотчика: В 2 ч. / под ред. Н. М. Жаворонкова. - М.: Химия, 1986. – Ч. 1. - 512 с.
9. Лукінюк, М. В. Контроль та керування хіміко-технологічними процесами: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації у 2-х томах [Текст]: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Хімічна технологія та інженерія» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 335 с. – ISBN 978-966-622-520-0.
10. Бабіченко, А. К. Промислові засоби автоматизації [Текст]: навч. посіб.: У 2 ч. / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський, В. С. Михайлов та ін.; за

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заг. ред. А. К. Бабіченка. – Х.: НТУ «ХПІ», 2003. – Ч. 1. Вимірювальні пристрої. – 470 с. : іл. – Бібліогр.: с. 467. – 500 пр. – ISBN 966-593-232-2.

11. Бабіченко ,А. К. Промислові засоби автоматизації [Текст]: навч. посіб.: У 2 ч. / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський, В. С. Михайлов та ін.; За заг. ред. А. К. Бабіченка. – Х.: НТУ «ХПІ», 2003 р. – Ч. 2. Регулювальні і виконавчі пристрої. – 658 с. : іл. – Бібліогр.: с. 644–645. – 500 пр. – ISBN 966-593-292-6.

12. Підлісна, О.А. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проєктів 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.

13. Запольский, А.К. Основы экологии: підручник / А.К. Запольский , А.І. Салюк. – К.: Вища школа, 2001. – 358 с. – ISBN 966-642-059-7

14. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». <http://zakon.rada.gov.ua> (меню Законодавство України)

15. Макаров, Г.В. Охрана труда в химической промышленности. / Г. В. Макаров, А. Я. Васин, Л. К. Маринина и др. – М.: Химия, 1989. – 496 с.: ил. – ISBN 5-7245-0246-1.

16. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

17. ДБН В.1.1.7–2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва

18. Орленко, А.Т. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в проєктах і роботах для студентів хім.-техн. факультету / Орленко. - Київ: КПІ, 2011 - 33с.

19. Ткачук, К. Н. Безопасность труда в промышленности. / К. Н. Ткачук, П. Я. Галушко, Р. В. Сабарно и др. – К.: Техніка, 1982. – 231 с.

					ХН 3103 1440 000 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		