

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок
та косметичних засобів**

«До захисту в ЕК»
Директор інституту ННІХТ
Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«__» червня 2023 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри ТЖХТ
Тамара НОСЕНКО
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«__» червня 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми Хімічна технологія
на тему: Удосконалення виробництва кальцинованої соди аміачним способом

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ХТ-4-13

Ткалич Євгеній Миколайович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Керівник Бойчук Тетяна Михайлівна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти Ігор ЖИТНЕЦЬКИЙ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Рецензент Ольга КОЗАРЕНКО
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач(ка) _____
(підпис)

Київ – 2023 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Хімічна технологія

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЖХТ

Тамара НОСЕНКО

“ ” 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ткалич Євгеній Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення виробництва кальцинованої соди аміачним способом

керівник роботи Бойчук Тетяна Михайлівна, к.х.н. доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “28” 03 2023 року № 196 -КС

2. Строк подання здобувачем роботи 23.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи Продуктивність 1000 кг на добу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, аналітичний огляд науково-технічної літератури, технологічна частина, техніко-економічне обґрунтування, організація контролю якості продукції, екологічна безпека, охорона праці, висновки, список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1. Принципова-технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 2. Апаратурно-технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 3. Барабанний вакуум-фільтр загальний вигляд, формат аркушу А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічна частина	Житнецький І.В. к.т.н., доцент кафедри МАХтаФВ	15. 05.2023	09.06.2023

7. Дата видачі завдання _____ 15 травня 2023 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП	10.05.2023	
2	РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	15.05.2023-19. 05.2023	
3	РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	18. 05.2023-24. 05.2022	
4	РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	24. 05.2023-28. 05.2023	
5	РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	29. 05.2023-30. 05.2023	
6	РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	31.05.2023-02.06.2023	
7	РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ	02.06.2023-04.06.2023	
8	ВИСНОВКИ	04.06.2023-05. 06.2023	
9	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	15. 05.2023-05. 06.2023	
10	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. ПРИНЦИПОВА-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	15. 05.2023-30. 05.2023	
11	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	18. 05.2023-31. 05.2023	
12	ПЕРЕДЗАХИСТ, ПЕРЕВІРКА НА АКАДЕМПЛАГІАТ, РЕЦЕНЗУВАННЯ КР	05.06.2023-16.06.2023	

Здобувач _____
(підпис)

Сьгеній ТКАЛИЧ _____
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи _____
(підпис)

Тетяна БОЙЧУК _____
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ЗАПИСКА ПОЯСНЮВАЛЬНА 80 С., 7 РИС., 16 ТАБЛ., 20 ДЖЕРЕЛ.

У даному дипломному проекті проведено оптимальну схему виробництва кальцинованої соди аміачним способом.

У проекті проведено аналіз, щодо властивостей, сфер застосування.

Проаналізовано сировинну базу, розроблено принципово- технологічну та апаратурно-технологічну схему виробництва кальцинованої соди, проведено розрахунок матеріального балансу.

Описано можливі методи виробництва соди.

Проведено удосконалення виробництва кальцинованої соди аміачним способом

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СОДА, СОДА КАЛЬЦИНОВАНА, ХАРЧОВА ДОБАВКА, ОБЛАДНАННЯ, РОЗРАХУНКИ.

ABSTRACT

EXPLANATORY NOTE 80 p., 7 FIGURES, 16 TABLES, 20 SOURCES.

In this diploma project, an optimal scheme for the production of soda ash by the ammonia method was carried out.

The project carried out an analysis of properties and areas of application.

The raw material base was analyzed, the principle-technological and equipment-technological scheme of soda ash production was developed, and the material balance was calculated.

Possible methods of soda production are described.

The production of soda ash by the ammonia method has been improved

KEY WORDS: SODA, SODA FOOD SUPPLEMENT, EQUIPMENT, CALCULATIONS

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ I АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1 Загальні відомості про кальциновану соду.....	9
1.2 Застосування кальцинованої соди.....	10
1.3 Сода як харчова добавка E500.....	11
1.4 Аналіз існуючих содових підприємств України.....	11
1.5 Існуючі способи отримання соди.....	13
1.5.1 Виробництво кальцинованої соди аміачним способом.....	13
1.5.2 Процес виробництва з природних матеріалів.....	15
1.5.3 Виробництво кальцинованої соди з нефеліну.....	17
1.5.4 Виробництво каустичної соди вапняним способом.....	20
1.6 Удосконалення технології виробництва кальцинованої соди аміачним способом.....	22
РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	24
2.1 Характеристика вихідної сировини.....	24
2.2 Особливості технології виробництва кальцинованої соди аміачним способом.....	25
2.3 Розрахунок матеріального виробництва соди.....	32
2.4 Розрахунок теплового балансу стадії кальцинації.....	45
2.5 Підбір обладнання.....	49
2.6 Технологічний розрахунок апарату – барабанний вакуум фільтр.....	53
2.7 Опис апаратурнотехнологічної схеми.....	59
РОЗДІЛ III ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	62
РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ.....	67
РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.....	71
ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	78

					ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.006.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата				
Розроб.	Ткалич Є.М.				ЗМІСТ	Літ.	Арк.	Аркушіє
Перевір.	Бойчук Т.М.					6		
Н. Контр..	Подобій О.В.				НУХТ Каф. ТЖХТ			
Затверд.	Носенко Т.Т.							

ВСТУП

Сода є традиційним продуктом, що має багаторічну історію виробництва і споживання. Вона широко використовується у багатьох галузях сучасної промисловості: хімічній, металургійній, скляній, нафтовій, харчовій, лакофарбовій та інш. В теперішній час у світі нараховується більше 75 содових підприємств, які виробляють 30-35 млн. т соди за рік. Серед існуючих методів виробництва кальцинованої соди найбільше розповсюдження (65-70 %) одержав аміачний спосіб. Аміачний спосіб добре вивчений, технологічні процеси налагоджені. Сировина є недорога, широко розповсюджена та легко видобувається. Реакції здійснюються при невисоких температурах та атмосферному тиску. Отримана кальцинована сода має високу якість при відносно низькій собівартості. Однак, незважаючи на значні переваги методу Сольве, його найголовнішим недоліком є низька ступінь використання вихідної сировини, що призводить до утворення великої кількості високомінералізованого водного розчину – дистилерної суспензії. Вона утворюється в об'ємі від 8 м³ – 10 м³ на 1 т продукту [2].

Головним виробником кальцинованої соди в Україні є ПАТ «Кримський содовий завод», розташований у м. Красноперекопськ (АР Крим). Це велике хімічне підприємство, яке виробляє близько 2 % світового об'єму соди і забезпечує 100 % потреби внутрішнього ринку [6].

Аміачний спосіб добре вивчений, технологічні процеси налагоджені. Сировина є недорога, широко розповсюджена та легко видобувається. Реакції здійснюються при невисоких температурах та атмосферному тиску. Отримана кальцинована сода має високу якість при відносно низькій собівартості.

Однак, незважаючи на значні переваги методу Сольве, його найголовнішим недоліком є низька ступінь використання вихідної сировини,

					<i>ННХТ.ХТ-4-4.022.161.007.КР.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Ткалич Є.М.			ВСТУП	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Бойчук Т.М.					7	
<i>Н. Контр.</i>		Подобій О.В.				<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
<i>Затверд.</i>		Носенко Т.Т.						

що призводить до утворення великої кількості високомінералізованого водного розчину – дистилерної суспензії. Вона утворюється в об'ємі від 8 м³– 10 м³ на 1 т продукту, і масова частка компонентів в ній складає: від 10 % до 14 % CaCl₂, від 5 % до 7 % NaCl та 0,2 % інших домішок. Тому в цій дипломній роботі ми будемо розглядати саме екологічну частину удосконалення технології виробництва.

Об'єкт дослідження: удосконалення технології отримання кальцинованої соди аміачним способом.

Предмет дослідження: кальцинована сода.

Мета роботи: на основі аналізу літературних джерел ознайомитися з властивостями, сферами застосування та варіантами удосконалення технології виробництва кальцинованої соди.

Завдання дослідження:

- описати фізико-хімічну характеристику сировини та цільового продукту;
- охарактеризувати технологію виробництва кальцинованої соди;
- провести удосконалення технології виробництва кальцинованої соди аміачним способом;
- накреслити принципово технологічну схему виробництва;
- накреслити апаратурно-технологічну схему виробництва;
- провести підбір основного обладнання;
- провести економічні розрахунки;
- розрахувати матеріальний баланс;
- розрахувати тепловий баланс;
- описати роботу основних апаратів;
- проаналізувати вплив харчової добавки E500 на організм людини.

Наукова новизна одержаних результатів: проаналізовано останні джерела отримання кальцинованої соди аміачним способом, а також розглянуто метод удосконалення виробництва

					ВСТУП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

РОЗДІЛ І АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Загальні відомості про кальциновану соду

Кальцинована сода, також відома як гідрокарбонат кальцію або кальційна сода, є хімічною сполукою, яка отримується шляхом обробки соди негашеної (натрій карбонат) високотемпературним нагріванням. Процес кальцинації призводить до розкладу негашеної соди на карбонат кальцію (кальційний карбонат) і вуглекислий газ.[1]

Основні властивості кальцинованої соди:

1. Форма: Кальцинована сода зазвичай представлена у вигляді білого порошку або кристалів.
2. Хімічна формула: Хімічна формула кальцинованої соди – Na_2CO_3 .
3. Використання: Кальцинована сода має широкий спектр використання у різних галузях. Вона застосовується у виробництві скла, вапна, цегли, кераміки та інших будівельних матеріалів. Також вона використовується у харчовій промисловості для регулювання рівня рН, як компонент у деяких порошках для випічки та як джерело кальцію у харчових добавках.
4. Реакції: Кальцинована сода є лужною речовиною і може реагувати з кислотами, утворюючи солі. Вона також може взаємодіяти з вуглекислим газом, утворюючи карбонат кальцію і воду.[4]
5. Осадження: Кальцинована сода може відкладатися у водних середовищах, особливо при підвищених рівнях кальцію та вуглекислоти.

					ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.009.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ткалич Є.М.			АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Літ.	Арк.	Аркушіє
Перевір.		Бойчук Т.М.					9	
Н. Контр.		Подобій О.В.				<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
Затверд.		Носенко Т.Т.						

Важливо відзначити, що кальцинована сода не є тим же самим, що й гашена сода (натрій гідроксид). Вони мають різні хімічні властивості і застосовуються у різних галузях промисловості. [1]

1.2 Застосування кальцинованої соди

Кальцинована сода знаходить широке застосування у різних галузях промисловості через свої хімічні властивості. Ось деякі з них:

1. Виробництво скла: Кальцинована сода використовується як основна сировина у виробництві скляних виробів. Вона допомагає знизити температуру плавлення скляної маси і покращує механічні властивості скла.

2. Виробництво вапна: У виробництві вапна кальцинована сода використовується для видалення вуглекислого газу з сировини, такої як вапняк, у процесі приготування вапна. Вона сприяє утворенню чистого кальцію оксиду (вапна).

3. Виробництво цегли і кераміки: Кальцинована сода використовується у виробництві цегли і керамічних виробів як добавка, що поліпшує їхні фізичні властивості та стабільність при випалюванні.

4. Харчова промисловість: У харчовій промисловості кальцинована сода використовується як регулятор рівня рН. Вона може бути додана до продуктів, таких як сир, кетчуп, соуси та напої, для регулювання кислотності і збереження стабільного рівня рН.

5. Будівельна промисловість: Кальцинована сода може використовуватися в будівельній промисловості як добавка для стабілізації ґрунту та поліпшення його властивостей перед будівництвом фундаментів і доріг.

6. Лужні очищувачі: Кальцинована сода використовується у виробництві лужних очищувачів і миючих засобів. Вона може ефективно видаляти жир, бруд і запахи з різних поверхонь.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Фармацевтична промисловість: У фармацевтичній промисловості кальцинована сода може використовуватися як компонент у деяких медичних препаратах та харчових добавках, які містять кальцій.[7]

1.3 Сода як харчова добавка E500

Сода: безбарвна кристалічна речовина без запаху, розчинна у воді. Хімічна формула - Na_2CO_3 (карбонат натрію). Кристали легко вбирають вологу та запахи.

Добове споживання добавки E 500 необмежене. Мір при цьому дотримуватися необхідно. Продукт відноситься до 3-го класу небезпеки (помірно небезпечний).

Сфера застосування: основний споживач – скляна промисловість. Для виготовлення особливого типу скла (пляшок, склянок, кришталю, віконного, оптичного та медичного скла) застосовують соду найвищого ґатунку марки «А» ДСТУ 5100-85. ДСТУ суворо регламентує механічний розмір кристалів такої соди. Сода марки «Б» має аналогічний склад, та її розмір не регламентується ДСТУ. Вона є складовим компонентом пральних порошків, відбілюючих та інших миючих засобів. Крім цього, її використовують у хімічній промисловості для виготовлення гліцеринів, низки спиртів, у створенні фарби, паперу, целюлози, а також для потреб нафтопереробної галузі. [11]

1.4 Аналіз існуючих содових підприємств України

Історія ПАТ «Кримський содовий завод» веде свій початок з 1967 р. — дати початку його будівництва. У музеї підприємства зберігаються матеріали про вчених — дослідників Перекопських соляних озер і Сиваша академіків Курнакова Н. С., Каблукова А. І. та ін, вчених — конструкторах, що спроектували завод, про будівельників, що забили перший кілочок, про фахівців і робітників, які брали участь у випуску першої тонни продукції, про директора споруджуваного заводу і всіх, хто очолював його в наступні роки,

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

про славні трудові династії, про встановленні трудові колективи і його традиції.

Введено в дію в 1973 році

Проектна потужність — 698 тис. тонн/рік;

Забезпечує близько 80% потреби внутрішнього ринку України й 2,5% — світового ринку кальцинованої соди;

Виробництво кальцинованої соди здійснюється за аміачним способом;

ПАТ «Кримський содовий завод» входить до групи «Ostchem Holding», яка консолідує всі хімічні активи «Group DF»;

Чистий прибуток в 2011 р.: — 46,4 млн гривень; [3]

Факторів, які могли вплинути на місце побудування:

Розташування близько до природних ресурсів: Крим має багаті природні ресурси, такі як солоні озера та пісок, які є важливими компонентами у виробництві соди. Розташування заводу близько до цих ресурсів може знизити витрати на їх доставку та забезпечити стабільний постачання сировини.

Близькість до ринків споживання: Крим знаходиться в стратегічному географічному положенні, близько до ринків споживання в Україні та на багато інших територіях. Це може забезпечити зручний доступ до потенційних клієнтів і зменшити витрати на транспортування кінцевої продукції. [3]

Економічні переваги: Будівництво содового заводу в Криму може бути сприяло розвитку місцевої економіки та забезпечило робочі місця для місцевого населення. Крім того, можливі економічні пільги або фінансова підтримка від уряду можуть бути надані для залучення інвестицій у регіон. [3]

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

1.5 Існуючі способи отримання соди

Натуральна сода видобувається з мінералу трона (єгипетської солі), а також з вод содового озера. Однак через вкрай дефіцитні поклади трона на планеті та наявність лише кількох содових озер, то обсяг видобутку соди не може навіть наполовину покрити потреби населення і промисловості. Для забезпечення необхідної кількості соди працюють спеціальні содові заводи. У 1793 році Леблан створив першу синтетичну соду. [11]

Проте звичайна харчова сода не була отримана до 1861 року. Але у 19 столітті штучну соду почали виробляти за методом Леблана, суть якого полягає в наступному: з кухонної солі в присутності сірчаної кислоти утворювався сульфат натрію, який далі піддавали сплавленню при високій температурі з вуглекислим кальцієм і вугіллям. [11]

В даний час виробництво соди в світі базується на чотирьох методах виробництва:

1. Виробництво аміачним способом
2. Виробництво з природних матеріалів
3. Виробництво соди з нефелінової сировини
4. Виробництво каустичної соди вапняним способом

Розглянемо більш детально наведені способи:

1.5.1 Виробництво кальцинованої соди аміачним способом

Аміачний метод отримання соди був запропонований ще 1838-1840 британськими інженерами-хіміками Г.Грей-Дьюаром та Д.Хеммінгом. Вони пропускали через воду газоподібні аміаку NH_3 і діоксид вуглецю CO_2 , які при взаємодії дають розчин гідрокарбонату амонію NH_4HCO_3 : $\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{HCO}_3$, а потім додавали до цього розчину натрію хлорид NaCl , щоб виділити малорозчинний Na_3NaCl . Гідрокарбонат натрію відфільтровували і нагріванням перетворювали на соду: $2\text{NaHCO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. [18]

Діоксид вуглецю CO_2 , необхідний для проведення процесу, отримували з карбонату кальцію CaCO_3 - крейди або вапняку - при прожарюванні: CaCO_3

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

= CaO + CO₂, а оксид кальцію CaO, який при цьому виходив, після обробки водою давав гідроксид кальцію Ca(OH)₂: CaO + H₂O = Ca(OH)₂, необхідний для одержання аміаку NH₃ з хлориду аммонію NH₄Cl: 2NH₄Cl + Ca(OH)₂ = 2NH₃ + CaCl₂ + 2H₂O. [18]

Таким чином, аміак постійно перебував у обігу і не витрачався, відходом виробництва залишався лише хлорид кальцію CaCl₂.

Виробництво кальцинованої соди аміачним способом

Виробництво кальцинованої соди за аміачним способом включає вісім основних переділів (цехів або відділень):

1. Одержання карбонатної сировини: видобування, дроблення, сортування та транспортування.

2. Перероблення карбонатної сировини: обпалювання, охолодження та очищення вуглецю (IV) оксиду, гасіння вапна з отриманням вапняної суспензії.

3. Очищення розсолу: взаємодія сирого розсолу з реагентами в реакторах і відстоювання розсолу.

4. Абсорбція: відмивання в відмивниках газів, що виділяються на других стадіях, від аміаку, двохстадійне насичення розчину натрію хлориду аміаком і частково вуглецю (IV) оксидом, що потрапляють зі стадії дистиляції, охолодження амонізованого розсолу.

5. Карбонізація: відмивання від аміаку газу, що відходить зі стадії карбонізації (супроводжується уловлюванням невеликих кількостей вуглецю (IV) оксиду), попередня карбонізація, карбонізація з виділенням натрію гідрокарбонату в осаджувальних колонах, компримінування (перед подачею в карбонізаційні колони) вуглецю (IV) оксиду, що потрапляє зі стадій перероблення карбонатної сировини і кальцинації.

6. Фільтрація: відділення натрію гідрокарбонату на фільтрах та відсмоктування повітря вакуум-насосами.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Кальцинація: Зневоднення і розкладення натрію гідрокарбонату в содових печах, охолодження і очищення вуглецю (IV) оксиду після содових печей.

8. Регенерація аміаку (дистиляція): попереднє підігрівання і дисоціація в конденсаторі та теплообміннику дистиляції амонію карбонатів і гідрокарбонатів, що містяться в фільтровій рідині, змішання і взаємодія нагрітої рідини з вапняною суспензією в змішувачі та відгонка аміаку в дистилері. [18]

Виробництво кальцинованої соди аміачним способом включає ряд стадій, кожна з яких може мати вплив на навколишнє середовище.

Використання сировини: Перша стадія виробництва соди вимагає великої кількості лугів та вапняку, що може призвести до високого рівня виділення вуглекислого газу та інших шкідливих газів.

Спалювання палива: Використовуючи газовий турбінний двигун для виробництва пари, виробництво соди може випускати в атмосферу великі об'єми вуглекислого газу та інших викидів.

Видалення аміаку: Цей процес може призвести до викиду аміаку в атмосферу, який може шкодити дихальним органам та навколишньому середовищу.

Використання води: Цей процес також вимагає значних об'ємів води, що може призвести до надмірного використання водних ресурсів.

Відходи: Виробництво соди може створювати значну кількість твердих відходів, які необхідно безпечно утилізувати. [18]

1.5.2 Процес виробництва з природних матеріалів

Оскільки існують країни, багаті мінералами, до складу яких входить речовина, що нас цікавить (наприклад, США, Уганда, Туреччина, Мексика),

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

то відомий і більш простий спосіб виробництва соди з мінералів нахколіту і трону. З них можна зробити кальцинований содовий порошок, а потім перетворити його на харчовий.

Трон добувають різними способами:

Вирізають підземні кімнати, що підтримуються спеціальними пристроями. Мінерал беруть на стінах кімнат, а потім конвеєром переміщують нагору.

Під землю заливається гаряча вода, щоби розчинити мінерал. Викачують рідину випарюють і отримані демінералізовані кристали обробляють.

Кристали дроблять, нагрівають, щоби видалити непотрібні гази, і перетворюють мінерал на содовий порошок. Але в ньому ще багато домішок, які видаляють шляхом додавання води та подальшим фільтруванням. Отриману речовину просушують, просіюють і вже на підприємстві фасують у підготовлену тару. [11]

Виробництво кальцинованої соди з природних матеріалів (наприклад, трона, натуральна сода) теж може мати вплив на навколишнє середовище:

Видобуток: Перший крок у виробництві кальцинованої соди з природних матеріалів - це видобуток сировини, що може призвести до знищення природного середовища, ерозії ґрунту та інших проблем.

Спалювання палива: У процесі виробництва потрібно багато енергії для нагрівання та кальцинації сировини, що призводить до викидів вуглекислого газу та інших забруднювачів.

Видалення: В процесі переробки сировини у соду відбувається викид вуглекислого газу та інших забруднювачів.

Використання води: Також для виробництва соди потрібно багато води, що може призвести до надмірного використання водних ресурсів.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Відходи: Цей процес може створювати відходи, такі як шлам та непотрібний вапняк, які необхідно утилізувати відповідно.

Так само як і з виробництвом соди аміачним способом, промисловість постійно шукає способи зменшити вплив цих процесів на навколишнє середовище, впроваджуючи більш ефективні технології, рециклінг відходів, застосовуючи мінімізацію використання води та інших ресурсів.

1.5.3 Виробництво кальцінованої соди з нефеліну

В даний час у нашій країні велике значення для виробництва соди набули руди, що містять нефелін формули $3\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 4\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 9\text{SiO}_2$. При комплексній переробці нефеліну на глинозем та цемент одержують розчин, що містить Na_2CO_3 і K_2CO_3 , що використовується для отримання соди та поташу. [11]

Нефелін часто зустрічається у природі. Найбільші його поклади перебувають у Хибінах (Кольський півострів). При переробці цих порід одержують апатитовий та нефеліновий концентрати; в останньому міститься близько 30% Al_2O_3 та 20% ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$). Співвідношення $\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$ в нефеліновому концентраті приблизно 2:1. [11]

Нефелінові сієніти, родовища яких є в Сибіру, відрізняються підвищеним вмістом SiO_2 і меншим вмістом Al_2O_3 та лужних оксидів. Поклади нефелінових руд є також на Уралі, в Середній Азії, Казахстані, Кемеровській області, в Україні, у Вірменії. В даний час на декількох заводах освоєно ефективний спосіб комплексної переробки нефелінів та нефелінових апатитів з одночасним отриманням глинозему, цементу, соди та поташу.

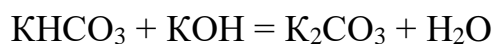
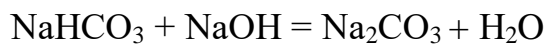
Технологічний процес переробки содопоташних розчинів, отриманих при комплексній переробці нефелінової сировини, складається з наступних стадій:

1. Нейтралізація карбонатних розчинів.

Карбонатні розчини незалежно від сировини, що переробляється, містять лужний метал у вигляді бікарбонатів NaHCO_3 і KHCO_3 . Для

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

запобігання корозії апаратури ці солі переводять у карбонати шляхом обробки розчину лугами:



Подальша переробка карбонатних лугів заснована на політермічному поділі солей, що містяться в них, з проміжним їх охолодженням.

2. Попереднє випарювання розчину та розчинення в ким подвійній солі. При попередньому випарюванні розчину видаляють зайву воду без виділення твердої фази. Випарений розчин щільністю 1360 кг/м³ направляють на розчинення подвійної солі $\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3$.

3. Перша стадія виділення соди полягає в подальшому упарюванні розчину при 93-97 ° С і зниженні тиску до 0,06-0,07 МПа. На цій стадії процесу найбільше економічно застосовувати випарні апарати з примусовою циркуляцією суспензії. Виділення соди - 1 проводять у такому режимі, при якому вона кристалізується у вигляді моногідрату $\text{Na}_2\text{CO}_3 \times \text{H}_2\text{O}$. Вміст вологи в осаді моногідратної соди 16-20%. Осад сушать в аерофонтаяній сушарці.

4. Виділення сульфату калію здійснюють шляхом охолодження маткового розчину від першої стадії виділення соди або суміші маткових розчинів першої та другої стадій виділення соди. Для отримання сульфату калію хорошої якості змішаний розчин додають воду в кількості, необхідному для зниження лужності розчину. Температура охолодження зазвичай становить близько 30-35 °.

5. Друга стадія виділення соди полягає в упарюванні маткового розчину сульфату калію в «безводному» режимі. При цьому сода кристалізується як Na_2CO_3 . Вологість осаду соди після центрифуг 3-4%. Осад сушать у барабанних або аерофонтанних сушарках. Продукційна сода містить 4-5% поташу і до 1,0% сульфату калію. Насипна густина 1200-1300 кг/м³.

6. Виділення подвійної солі. Маточний розчин після другої стадії виділення соди містить 10-12% Na_2CO_3 і 33-35% K_2CO_3 . Його не можна безпосередньо переробити на поташ, так як при упарюванні в тверду фазу

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

виділятиметься спочатку сода, що містить до 10% K_2CO_3 , а потім подвійна сіль $Na_2CO_3 \cdot K_2CO_3$. Тому перед отриманням поташу при упарюванні виділяють подвійну сіль, що повертається в процес перед першою стадією виділення соди.

В результаті комплексної переробки нефелінових руд на 1 мас, частина глинозему отримують приблизно 1 мас, частина суми соди та поташу та 8-9 мас, частин цементу. Сода, що виділяється, менш чиста, ніж аміачна, і містить деяку кількість поташу і сульфату калію. [11]

Виробництво кальцинованої соди з нефеліну має свої особливості, що впливають на навколишнє середовище.

Видобуток: Нефелін є природним матеріалом, який необхідно добувати. Процес видобутку може впливати на навколишнє середовище, пошкоджуючи землю, викликаючи ерозію ґрунту та втручаючись в екосистеми.

Спалювання палива: Нагрівання нефеліну для виробництва соди вимагає великої кількості енергії, що може призвести до викидів парникових газів.

Викиди: Виробництво соди з нефеліну може випускати шкідливі гази, включаючи вуглекислий газ.

Використання води: Процес також вимагає великої кількості води, що може впливати на локальні водні ресурси.

Відходи: Після процесу виробництва залишаються відходи, включаючи відпрацьований нефелін та інші матеріали. Якщо вони не утилізуються належним чином, вони можуть негативно вплинути на навколишнє середовище.

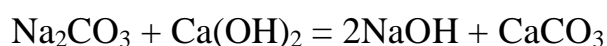
Незважаючи на це, виробництво соди з нефеліну може бути більш екологічним порівняно з іншими методами, оскільки відходи можуть бути використані для виробництва інших продуктів, таких як кераміка або

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

будівельні матеріали. Проте, це залежить від конкретного методу виробництва та ступеня використання відходів. [11]

1.5.4 Виробництво каустичної соди вапняним способом

На початку XIX ст. розвиток виробництва каустичної соди (NaOH) був тісно пов'язаний з розвитком виробництва кальцинованої соди. Цей взаємозв'язок зумовлений тим, що сировиною для хімічного способу отримання NaOH служила кальцинована сода, яка у вигляді содового розчину каустифікувалася вапняним молоком. У 1882 р. було розроблено та здійснено у промисловості феритний спосіб отримання, також заснований на використанні кальцинованої соди. На сьогодні феритний спосіб фактично не використовується через технологічну складність та великі витрати ручної праці. [11]



Одночасно у кінці XIX ст. стали швидко розвиватись електрохімічні методи отримання NaOH електролізом водних розчинів NaCl. Під час електрохімічного способу одночасно з NaOH отримують хлор, який знайшов широке використання в промисловості важкого органічного синтезу та в інших галузях промисловості, що й пояснює швидкий розвиток електрохімічного виробництва NaOH. Доля їдкого натру, який виготовляють методом електролізу, у світовому виробництві NaOH складає біля 98 %, а їдкого натру, отриманого хімічними методами, – 2 %. Чистий натрію гідроксид NaOH представляє собою білу непрозору масу, що жадібно поглинає з повітря водяні пари та CO₂, є їдкою речовиною, внаслідок потрапляння на шкіру викликає сильні опіки. [11]

Гранично допустима концентрація аерозолу їдкого натру у повітрі виробничих приміщень 0,5 мг/м³. Існують дві модифікації безводного їдкого натру – α-NaOH з ромбічною формою кристалів та β-NaOH – з кристалами кубічної форми. Відносна молекулярна маса NaOH 39,97, густина 2130 кг/м³, теплота утворення з простих речовин 427 кДж, температура плавлення 328 °С.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

З водою їдкий натр утворює ряд кристалогідратів. За 28 °С з водних розчинів, які містять 19,1 % (мас.) NaOH, кристалізується гептагідрат – NaOH·7H₂O, за 20 °С та вмісту у розчині 2,5% NaOH із розчину випадає NaOH·0,5H₂O. Безводний NaOH випадає з водного 75 % розчину за 80 °С. Теплоємність безводного їдкого натру у межах 25 – 227 °С складає 1,61, у межах температур 25 – 427 °С вона збільшується до 2,63 та потім у межах 25 – 827 °С стає рівною 2,32 Дж/(г · °С). В'язкість розплавленого їдкого натру за 350 °С складає 4,0, а за температури 500 °С близько 1,8 10⁻³ Па·с. Температура кипіння розплаву NaOH – 1388 °С. Їдкий натр широко використовується у багатьох галузях народного господарства. Їдкий натр випускають у твердому та рідкому вигляді. [11]

Таким чином, серед існуючих способів виробництва, найбільш поширеним у хімічній технології є виробництво соди амічним способом.

Виробництво каустичної соди вапняним способом включає декілька процесів, які можуть негативно впливати на навколишнє середовище.

Видобуток і використання сировини: Використовуються великі об'єми сірої солі, вапна та вуглецю, що включає в себе видобуток та транспортування цих ресурсів, а також викиди, що виникають внаслідок цього.

Спалювання палива: Спалювання палива для виробництва пари та нагрівання може випускати вуглекислий газ (CO₂) та інші шкідливі гази в атмосферу.

Викиди: Виробництво каустичної соди може призвести до викиду аміаку та вуглекислого газу в атмосферу, а також до стоку засолених стічних вод, що можуть шкодити водним екосистемам.

Використання води: Виробництво каустичної соди вимагає значних об'ємів води, яка використовується для виробництва пари, охолодження та

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

розчинення речовин. Це може призвести до надмірного використання водних ресурсів та вплинути на доступність води в регіоні.

Відходи: Виробництво каустичної соди вапняним способом призводить до виникнення відходів у вигляді ненужних розчинів та відпрацьованого вапна. Якщо вони не утилізуються належним чином, вони можуть вплинути на землю та водні екосистеми.

Важливо зазначити, що багато сучасних заводів з виробництва каустичної соди працюють над зменшенням свого впливу на довкілля, впроваджуючи енергоефективні технології, покращуючи управління відходами та стоками, а також використовуючи альтернативні джерела енергії.[11]

1.6 Удосконалення технології виробництва кальцинованої соди аміачним способом

Серед існуючих способів виробництва, найбільш поширеним у хімічній технології є виробництво соди аміачним способом, адже має значні переваги:

Переваги аміачного способу:

1. відносна дешевизна
2. широка поширеність
3. доступність вилучення необхідної сировини
4. достатня налагодженість способу виробництва соди
5. низька собівартість кальцинованої соди

Недоліки:

1. Викиди: Виробництво кальцинованої соди аміачним способом може призвести до значного викиду вуглекислого газу та аміаку, що є шкідливим для навколишнього середовища.
2. Використання води: Цей процес вимагає значних об'ємів води, що може впливати на місцеві водні ресурси.

3. Відходи: Аміачно-вуглецевий процес створює значну кількість відходів, які потребують відповідної утилізації.

Однак, незважаючи на значні переваги методу Сольве, його найголовнішим недоліком є низька ступінь використання вихідної сировини, що призводить до утворення великої кількості високомінералізованого водного розчину – дистилерної суспензії. Вона утворюється в об'ємі від 8 м³–10 м³ на 1 т продукту, і масова частка компонентів в ній складає: від 10% до 14% CaCl₂, від 5% до 7% NaCl та 0,2% інших домішок.[19]

У теперішній час існуючі технології утилізації і використання дистилерної рідини вирішують проблему тільки частково, враховуючі велику кількість відходів, що утворюються. Внаслідок цього, в основному, відбувається накопичення відходів у шламонакопичувачах (ставках-відстійниках) або здійснюється їх скидання до водойм, які розташовані поблизу діючих виробництв. Накопичення дистилерної рідини у відстійниках породжує проблему поглинання нових земельних ділянок під секції шламонакопичувача не лише при збільшенні потужності виробництва, але, навіть, для підтримки діючих потужностей. Скидання дистилерної рідини, незважаючи на високу концентрацію розчинених солей, призводить до значної мінералізації природних водойм, підвищуючи жорсткість води і вміст в ній хлоридів. Внаслідок цього відбувається істотна зміна і погіршення екологічної картини водойми. [19]

У якості рішення проблеми пропонується удосконалення виробництва шляхом зменшення відходів до мінімуму за допомогою відфільтровування дистилерної суміші на фільтр-пресі та використання залишків на інших виробництвах.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика вихідної сировини

Сировиною для отримання для отримання Na_2CO_3 можуть бути природні речовини, які містять іони Na^+ та CO_3^- .

Натрію хлорид (кухонна сіль). Кухонна сіль широко поширена в природі як у твердому вигляді (пласти кам'яної солі, самосадна сіль соляних озер), так і у вигляді розчинів (морська вода, соляні озера, соляні джерела). З родовищ кухонної солі, які були в наявності на території колишнього СРСР, в теперішній час використовуються Артемівсько-Слов'янське в Україні. В Україні використовується також соленосний водний басейн Криму: затока Сиваш-Азовського моря площею 2500 км². Пласти кухонної солі залягають поміж осадових порід різноманітних геологічних методів. Глибина залягання коливається приблизно від 200 до 1000 м, наявність NaCl в пластах у межах 70 – 90 % (решта домішки).

В аміачному способі виробництва соди застосовують не тверду сіль, а розсіл, що є великою перевагою, оскільки добування розсолу шляхом підземного вилуговування солі водою значно дешевше добування твердої солі звичайним шахтним способом. Використання для приготування розсолу твердої солі, піднятої на поверхню, допустиме лише в тих випадках, коли кухонна сіль є відходом виробництва (наприклад, в процесі отримання KCl з сильвініту). Отриманий будь-яким способом розсіл повинен мати за можливістю високу концентрацію NaCl . [20]

Карбонатна сировина. Для отримання вуглецю (IV) оксиду та вапна на содових заводах застосовують вапняк або крейду, які називаються карбонатною сировиною. Більшу перевагу надають вапняку. Крейда, яка є

					ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.024.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ткалич Є.М.			ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бойчук Т.М.					24	
Н. Контр.		Подобій О.В.				<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
Затверд.		Носенко Т.Т.						

пористою породою (густина 1800 – 2000 кг/м³), легко вбирає вологу (до 20%), на випаровування якої у вапняній печі додатково витрачається паливо, що призводить до зниження концентрації CO₂ у пічному газі за розрахунок додаткової подачі повітря.[11]

Вода. На содових заводах вода споживається в основному для охолодження рідини й газів. Порівняно менше її витрачається на технологічні потреби, наприклад, на приготування розсолу, вапняного молока і т. д. У теперішній час на заводах прагнуть використовувати так звану оборотну воду, отриману охолодженням уже використаної у холодильниках води, в спеціальних установках – градирнях. Потрібно зазначити, що відхід содових заводів CaCl₂ сприяє підвищенню жорсткості води у розташованих поблизу водоймах і робить її непридатною для використання.[11]

2.2 Особливості технології виробництва кальцинованої соди аміачним способом

Суть аміачного способу виробництва соди полягає в тому, що розчин NaCl (розсіл), насичений аміаком, обробляють вуглекислим газом. При цьому утворюється і випадає в тверду фазу натрію гідрокарбонат, а сама стадія процесу називається карбонізацією. Після відокремлення від розчину і прожарювання осаду NaHCO₃ він розкладається з утворенням Na₂CO₃. Ця стадія процесу, що супроводиться виділенням парів води і вуглекислого газу, називається кальцинацією. [19]

Вуглекислий газ, потрібний для стадії карбонізації, одержують з вапняку випалюванням у печах за температури 1000 °С. Випалювальний газ містить до 40 об.% CO₂ і перед карбонізацією ретельно відмивається водою від домішок. Для карбонізації використовується також і той вуглекислий газ, що утворюється під час перебігу реакції кальцинації.

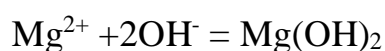
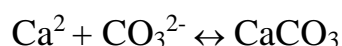
За аміачним методом одержання соди утворюється побічний продукт - амонію хлорид NH₄Cl. Проте його розкладають, вивільняючи з нього аміак, який знову використовується у виробництві. Розклад NH₄Cl відбувається під дією вапняного молока Ca(OH)₂, яке виготовляють гасінням вапна,

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

одержаного внаслідок випалювання вапняку. Аміак, що виділився, повертається в процес — на стадію амонізації розсолу. Отже, аміак циркулює у виробництві, виконуючи роль відбирача хлорид-іонів від натрію хлориду і забезпечуючи тим самим утворення натрію гідрокарбонату. Відходом виробництва в аміачному методі одержання соди є розчин кальцію хлориду та натрій хлориду.

Отже, хімічну модель (схему) виробництва кальцинованої соди можна зобразити такими реакціями:

1) На содових заводах сирій розсіл очищають від домішок вапняно содовим способом. У цьому випадку для осадження солей кальцію використовують соду, для осадження солей магнію – вапняну суспензію. В основі вапняно- содового способу лежать реакції іонного обміну, що приводять до утворення важкорозчинних кальцію карбонату і магнію гідроксиду за реакціями:



Підвищення температури розсолу, що очищується, прискорює процеси іонного обміну й дегідратації і зменшує тривалість очищення. З підвищенням температури зменшується в'язкість розсолу, збільшується швидкість осадження й ущільнення суспензії. Однак надмірне збільшення температури розсолу може негативно впливати на наступні стадії виробництва (наприклад, на абсорбцію аміаку). Тому в процесі очищення температуру розсолу підтримують у межах 12 – 20 °С. Чим більше в розсолі солей магнію, тим повільніше відбувається осадження. Тому у випадку великого вмісту іонів Mg^{2+} очищення розсолу ведуть за температури 20 °С, а у випадку малого – за 12 °С.

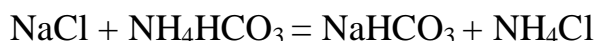
Розсіл одержують підземним вилуговуванням шарів кам'яної солі водою. У бурову свердловину завглибшки до 700 м вводяться дві концентрично вставлені одна в одну труби: внутрішньою - подається вода під тиском, а зовнішньою витискується утворений внаслідок розчинення шару солі розсіл.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Останній донасичується кам'яною сіллю до концентрації 305...310 г/л NaCl. [1]

2) У содовому виробництві розсіл перед насиченням вуглецю (IV) оксидом в карбонізаційних колонах направляється у відділення абсорбції для поглинання аміаку і частково вуглецю (IV) оксиду з парогазової суміші відділень дистиляції, карбонізації, а також з газоповітряної суміші вакуум фільтрів. Основне призначення відділення абсорбції полягає в отриманні певної кількості амонізованого розсолу у вигляді безперервного матеріального потоку, що передається у відділення карбонізації. При цьому відділення абсорбції повинно забезпечувати поглинання аміаку з вихлопних газів содового виробництва з доведенням концентрації аміаку в них до санітарних норм.

Аміак у виробництві соди служить для накопичення в розсолі іонів HCO_3^- в вигляді NH_4HCO_3 і для зв'язування іона хлору у вигляді NH_4Cl за реакцією:



Аміак не входить до складу кінцевого продукту (соди) і після регенерації з амонію хлориду повертається знову на амонізацію розсолу. Основний потік аміаку, який складає приблизно 460 кг/т соди, надходить до станції амонізації з відділення дистиляції, де проводиться розкладення амонію хлориду і вуглеамонійних солей, які містяться у маточній рідині після фільтрів і в слабкій рідині.

Менша кількість аміаку (75 кг/т) надходить до станції амонізації з газамиз відділення карбонізації і близько 4 кг/т з повітрям відсмоктується з барабанних вакуум-фільтрів. Усі ці потоки газу містять крім аміаку вуглецю (IV) оксид (CO_2) і водяну пару (H_2O). Так із газами дистиляції на 1 т соди надходить приблизно 260 кг CO_2 і 140 кг водяної пари, із газами карбонізації 70 кг CO_2 і 40 кг H_2O .

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

3) Процес карбонізації (насичення амонізованого розчину вуглецю (IV) оксидом), в результаті якого утворюється натрію гідрокарбонат, є основним процесом содового виробництва. У відділенні карбонізації отримують задану кількість суспензії, що містить натрію гідрокарбонат, у вигляді безперервного матеріального потоку, який передається у відділення фільтрації. Процес, що протікає в карбонізаційній колоні, дуже складний, тому, отримавши на виході з апарату суспензію не можна однозначно визначити її якість. Якість суспензії визначається якістю продукту, що в ній міститься – натрію гідрокарбонату (NaHCO₃). На стадії карбонізації проходить абсорбція вуглецю (IV) оксиду амонізованим розсолом та осадження натрію гідрокарбонату, який утворюється. У загальному виді цей хімічний процес (хемосорбційний) можна описати такою реакцією:



4) На стадії фільтрування осад натрію гідрокарбонату відділяється на вакуум-фільтрах від маточного розчину, що містить розчинені солі NH₄Cl і непрореаговані NaCl, NH₄HCO₃, NaHCO₃. При фільтрації на вакуум-фільтрах—NaHCO₃ містить до 14-15% вологи. При фільтрації на центрифугах—NaHCO₃ містить 7-8% вологи. Тому спочатку проводять фільтрацію на вакуум-фільтрах, а потім на центрифугах в результаті чого досягають вологості – до 4%. Це значно полегшує роботу содових печей, але у цьому випадку збільшується розхід енергії. [8]

5) Кальцинація. Кальцинація – це термічне розкладення натрію гідрокарбонату. Основним призначенням відділення кальцинації є отримання певної кількості кальцинованої соди у вигляді безперервного матеріального потоку з такими показниками:

- вміст натрію карбонату – не менш 99,2 %;
- вміст хлоридів в перерахунку на NaCl – не більш 0,5 %;
- насипна густина – 0,5 – 0,55 т/м³;
- температура (у печах з ретуром) – 140 – 160 °С.

Відфільтрований і відмитий вологий натрію гідрокарбонат потрапляє в відділення кальцинації. Дослід показує, що аміак не можна відмити в процесі промивання осаду, його не вдається повністю видалити навіть під час нагрівання до 100 °С. За допомогою хімічного аналізу встановлено, що аміак у технічному гідрокарбонаті перебуває у вигляді натрію карбамату.

Сухий натрію гідрокарбонат розкладається за реакцією:



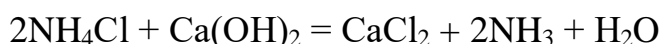
б) Регенерація. Процес регенерації аміаку і вуглецю (IV) оксиду, що містяться в маточній рідині (фільтрова рідина) у вигляді розчинених солей амонію хлориду, карбонату і гідрокарбонату, а також натрію гідрокарбонату називають дистиляцією.

Основним призначенням відділення дистиляції виробництва соди є практично повна відгонка вуглецю (IV) оксиду і аміаку з маточної рідини і формування безперервного матеріального потоку парогазової суміші, що направляється у відділення абсорбції.

У відділенні дистиляції крім маточної рідини (близько 80 % навантаження відділення) переробляються також флегма конденсатора-холодильника газу дистиляції та рідини, що утворюється в результаті промивання газів і апаратів, а також рідина зі збірних аміачних канав і аміачна вода в разі її подачі в апарати дистиляції для поповнення втрат аміаку. При цьому відбуваються реакції розкладу амонієвмісних солей за реакціями:



Для регенерації аміаку з амонію хлориду необхідна дія сильнішої луги, яка змогла б витиснути іон NH_4^+ із хлориду. У содовому виробництві для цього використовують вапняне молоко. В процесі додання вапняного молока протікає реакція:



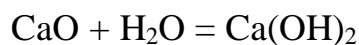
Рідина, яка містить непрореагований NaCl і утворений CaCl_2 , відправляється далі на фільтрування у фільтр-прес, а газу, що містять NH_3 і CO_2 подаються на амонізацію. [1]

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

7) Випалювання вапняку - допоміжна стадія, метою якої є одержання вапна і вуглекислого газу. Ця стадія здійснюється в шахтних паливних печах прямого нагрівання за температури 1100...1200 °С, що і забезпечує термічний розклад вапняку. Необхідну для розкладу теплоту одержують спалюванням коксу, який служить паливом і входить до складу шихти. Пічний (або випалювальний) газ містить 35-40 об.% CO₂ і після очищення від захопленого пилу подається на карбонізацію. [1]

8) Гасіння вапна здійснюється в горизонтальних обертових барабанах підігрітою водою за температури 90...95 °С. При цьому одержують вапняне молоко, яке містить 280 г/л Ca(OH)₂.

Процес гасіння полягає у взаємодії кальцію оксиду з водою за реакцією:



9) Фільтрування на мембранном фільтр-пресі. Після дистиляції дистилерна суспензія що містить непрореагований NaCl і утворений CaCl₂ зазвичай скидається у вапняні озера. Але завдяки удосконаленню виробництва під дією тиску рідина просочується через мембрани, які виступають як фільтри. Мембрани затримують тверді частинки, утворюючи твердий торт, тоді як прозора рідина, відома як фільтрат, проходить через мембрани та виходить з фільтр-пресу.[19]

Після завершення фільтрації твердий торт, який накопичився на мембранах, може бути стиснутий за допомогою додаткового тиску або гідравлічної системи, щоб видалити залишкову рідину з торта. Цей процес дозволяє покращити виходжуваність рідини та зменшити вологість торта.

Після компресії твердий торт може бути видалений з фільтр-пресу. Зазвичай це виконується за допомогою механізму автоматичного видалення торта або вручну зняттям мембран та очищенням торта

Принципово технологічна схема наведена на рисунку 2.1.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

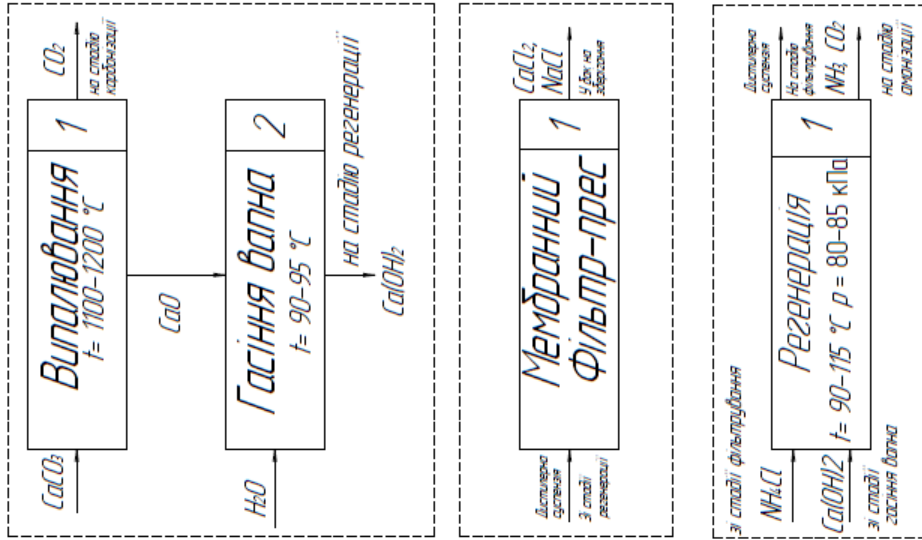
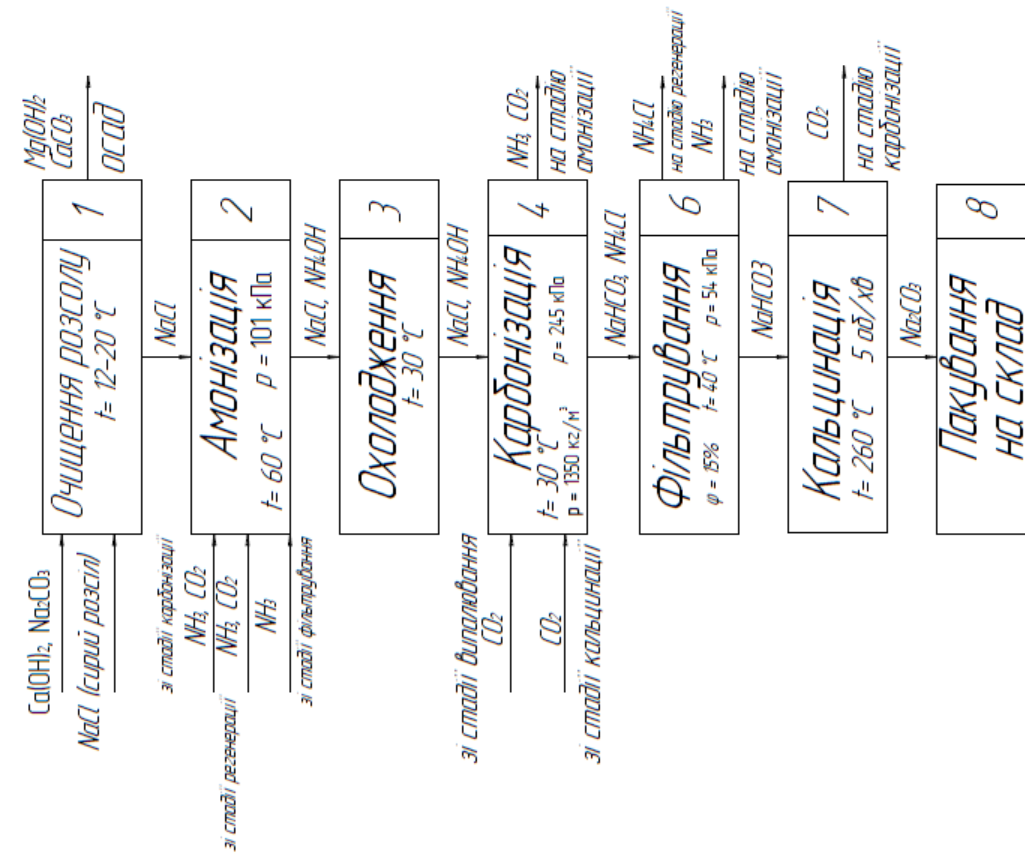


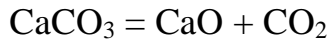
Рисунок 2.1 – Принципово-технологічна схема виробництва кальцинованої соди аміачним способом

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

2.3 Розрахунок матеріального виробництва соди

Матеріальний баланс стадії випалювання вапняку

1) Дана стадія відбувається за реакцією



$$M = 100 \text{ г/моль}$$

$$M = 56 \text{ г/моль}$$

$$M = 44 \text{ г/моль}$$

1) За вихідними даними задано масу CO_2 829,7 кг, розрахуємо кількість речовини

$$v = m/Mr$$

$$v(\text{CO}_2) = 829,7 * 1000/44 = 18856,81$$

2) За стехеометричним рівнянням розраховуємо кількість молів CaCO_3

$$x/1 = 18856,81$$

$$x = 18856,81 \text{ моль}$$

3) За стехеометричним рівнянням розраховуємо кількість молів CaO

$$y/1 = 18856,81$$

$$y = 18856,81 \text{ моль}$$

4) Розраховуємо масу CaCO_3

$$m = v * Mr$$

$$m(\text{CaCO}_3) = 18856,81 * 100 = 1885681 \text{ г} = 1885,6 \text{ кг}$$

5) Розраховуємо масу CaO

$$m(\text{CaO}) = 18856,81 * 56 = 1055981 \text{ г} = 1055,9 \text{ кг}$$

6) Перевірка балансу

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$1885,6 = 1055,9 + 829,7$$

Отримані дані зводимо в таблицю 2.1

Матеріальний баланс стадії випалювання вапняку

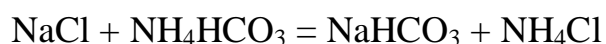
Таблиця 2.1

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
CaCO ₃	1885,6	CaO	1055,9
		CO ₂	829,7
Разом	1885,6	Разом	1885,6

Матеріальний баланс стадії амонізації

Матеріальний баланс першої стадії амонізації

1) Дана стадія відбувається за реакцією



$$M(\text{NaCl}) = 58 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 79 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{NaHCO}_3) = 84 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{NH}_4\text{Cl}) = 53 \text{ г/моль}$$

2) За вихідними даними задано масу NH₄HCO₃ 1489,7 кг, розрахуємо кількість речовини

$$v = m/Mr$$

$$v(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = (1489,7 \cdot 1000) / 79 = 18857 \text{ г/моль}$$

3) За стехеометричним рівнянням розраховуємо кількість молів NaCl

$$x/1 = 18857/1$$

$$x = 18857 \text{ моль}$$

4) Розраховуємо масу NaCl $m = v \cdot Mr$

$$m(\text{NaCl}) = 18857 * 58 = 1093706 \text{ г}$$

Переведемо в кілограми $1093706 \text{ г} = 1093,7 \text{ кг}$

5) За стехеометричним рівнянням розраховуємо кількість молів **NaHCO₃**

$$y/1 = 18857/1$$

$$y = 18857 \text{ моль}$$

6) Розраховуємо масу NaHCO₃ $m = v * M_r$

$$m(\text{NaHCO}_3) = 18857 * 84 = 1583988,78 \text{ г} = 1583,9 \text{ кг}$$

7) За стехеометричним рівнянням розраховуємо кількість молів **NH₄Cl**

$$z/1 = 18857/1$$

$$z = 18857 \text{ моль}$$

8) Розраховуємо масу NH₄Cl $m = v * M_r$

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = 18857 * 53 = 999421 \text{ г} = 999,4 \text{ кг}$$

9) Перевірка балансу

$$1093,7 + 1489,7 = 1583,9 + 999,4$$

$$2583,4 = 2583,4$$

Отримані дані зводимо в таблицю 2.2

Таблиця 2.2

Матеріальний баланс першої стадії амонізації

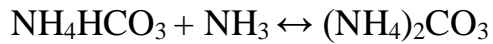
Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
NaCl	1093,7	NaHCO ₃	1583,9
NH ₄ HCO ₃	1489,7	NH ₄ Cl	999,4
Разом	2583,4	Разом	2583,4

Матеріальний баланс другої стадії амонізації

1) Дана стадія відбувається за реакцією

$$x \quad y \quad 1810,27$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$M(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 79 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{NH}_3) = 17 \text{ г/моль}$$

$$M((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 96 \text{ г/моль}$$

2) За вихідними даними задано масу $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 1810,27 кг, розрахуємо кількість речовини

$$v = m/Mr$$

$$v((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = (1810,27 \cdot 1000) / 96 = 18856,97 \text{ г/моль}$$

3) За стехеометричним рівнянням розраховуємо кількість молів **NH_4HCO_3**

$$x/1 = 18856,97$$

$$x = 18856,97 \text{ моль}$$

4) Розраховуємо масу NH_4HCO_3 $m = v \cdot Mr$

$$m(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 18856,97 \cdot 79 = 1489700 \text{ г} = 1489,7 \text{ кг}$$

5) За стехеометричним рівнянням розраховуємо кількість молів **NH_3**

$$y/1 = 18856,97$$

$$y = 18856,97 \text{ моль}$$

6) Розраховуємо масу NH_3 $m = v \cdot Mr$

$$m(\text{NH}_3) = 18856,97 \cdot 17 = 320568 \text{ г} = 320,56 \text{ кг}$$

7) Перевірка балансу

$$1489,7 + 320,56 = 1810,27$$

Отримані дані зводимо в таблицю 2.3

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

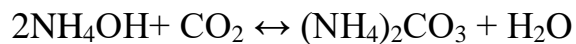
Матеріальний баланс другої стадії амонізації

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
NH ₄ НСО ₃	1489,7	(NH ₄) ₂ СО ₃	1810,27
NH ₃	320,56		
Разом	1810,27	Разом	1810,27

Матеріальний баланс стадії карбонізації

Матеріальний баланс першої стадії карбонізації

1) Даний технологічний процес відбувається за реакцією



$$M(\text{NH}_4\text{OH}) = 35 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль}$$

$$M((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 96 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}$$

2) За вихідними даними задано масу (NH₄)₂СО₃ 1810,27 кг, розрахуємо кількість речовини

$$v = m/Mr$$

$$v((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = (1810,27 \cdot 1000) / 96 = 18856,97 \text{ моль}$$

3) За стехеометричним рівнянням розраховуємо кількість молів **NH₄OH**

$$x/2 = 18856,97/1$$

$$x = 37713,94 \text{ моль}$$

Розраховуємо масу NH₄OH $m = v \cdot Mr$

$$M(\text{NH}_4\text{OH}) = 37713,94 \cdot 35 = 1319987,9 \text{ г}$$

Переведемо в кілограми 1319987,9 г = 1319,98 кг

4) За стехеометричним рівнянням розраховуємо кількість молів CO_2

$$y/1 = 18856,97/1$$

$$y = 18856,97 \text{ моль}$$

Розраховуємо масу CO_2 $m = v \cdot M_r$

$$m(\text{CO}_2) = 18856,97 \cdot 44 = 829706 \text{ г} = 829,70 \text{ кг}$$

5) За стехеометричним рівнянням розраховуємо кількість молів H_2O

$$z/1 = 18856,97/1$$

$$z = 18856,97 \text{ моль}$$

Розраховуємо масу H_2O $m = v \cdot M_r$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 18856,97 \cdot 18 = 339425,46 \text{ г} = 339,42 \text{ кг}$$

Перевірка балансу

$$1319,98 + 829,7 = 1810,27 + 339,42$$

Отримані дані зводимо в таблицю 2.4

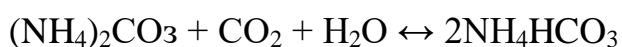
Таблиця 2.4

Матеріальний баланс першої стадії карбонізації

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
NH_4OH	1319,98	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	1810,27
CO_2	829,70	H_2O	339,42
Разом	2149	Разом	2149

Матеріальний баланс другої стадії карбонізації

Даний технологічний процес відбувається за реакцією



$$M((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 96 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}$$

$$M(2\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 79 \text{ г/моль}$$

1) За вихідними даними задано масу NH_4HCO_3 1489,71 кг, розрахуємо кількість речовини

$$v = m/Mr$$

$$v(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = (1489,71 * 1000) / 79 = 18857,08 \text{ моль}$$

2) За стехеометричним рівнянням розраховуємо кількість молів $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$

$$x/1 = 18857,08 / 1$$

$$x = 18857,08 \text{ моль}$$

Розраховуємо масу $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ $m = v * Mr$

$$m((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 18857,08 * 96 = 1810279,68 \text{ г}$$

Переведемо в кілограми 1810279,68 г = 1810,279 кг

3) За стехеометричним рівнянням розраховуємо кількість молів CO_2

$$y/1 = 18857,08 / 1$$

$$y = 18857,08 \text{ моль}$$

Розраховуємо масу CO_2

$$m(\text{CO}_2) = 18857,08 * 44 = 829711,52 \text{ г}$$

Переведемо в кілограми 829711,52 г = 829,711 кг

4) За стехеометричним рівнянням розраховуємо кількість молів H_2O

$$z/1 = 18857,08 / 1$$

$$z = 18857,08 \text{ моль}$$

Розраховуємо масу H_2O

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 18857,08 * 18 = 339427,44 \text{ г} = 339,427 \text{ кг}$$

Перевірка балансу

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$339,42 + 829,11 + 1810,27 = 2*1489,7 \text{ кг}$$

$$2978=2978 \text{ кг}$$

Отримані дані зводимо в таблицю 2.5

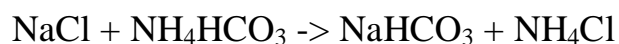
Таблиця 2.5

Матеріальний баланс другої стадії карбонізації

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
(NH ₄) ₂ CO ₃	1810,279	NH ₄ HCO ₃	2978
CO ₂	829,11		
H ₂ O	339,42		
Разом	2978	Разом	2978

Матеріальний баланс третьої стадії карбонізації

Даний технологічний процес відбувається за реакцією



$$M(\text{NaCl}) = 58 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 79 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{NaHCO}_3) = 84 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{NH}_4\text{Cl}) = 53 \text{ г/моль}$$

- 1) За вихідними даними задано масу NaHCO₃ 1584 кг, розрахуємо кількість речовини

$$v = m/Mr$$

$$v(\text{NaHCO}_3) = 1584*1000/84 = 18857,14 \text{ моль}$$

- 2) За стехеометричним рівнянням розраховуємо кількість молів NaCl

$$x/1 = 18857,14/1$$

$$x = 18857,14 \text{ моль}$$

$$\text{Розраховуємо масу NaCl } m = v*Mr$$

$$m(\text{NaCl}) = 18857,14 * 58 = 1093714.12 \text{ г}$$

Переведемо в кілограми $1093714.12 = 1093,71 \text{ кг}$

3) За стехеометричним рівнянням розраховуємо кількість молів NH_4HCO_3

$$y/1 = 18857,14/1$$

$$y = (18857,14 * 1)/1$$

$$y = 18857,14 \text{ моль}$$

Розраховуємо масу NH_4HCO_3

$$m(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 18857,14 * 79 = 1489714.06 \text{ г} = 1489,71 \text{ кг}$$

4) За стехеометричним рівнянням розраховуємо кількість молів NH_4Cl

$$z/1 = 18857,14/1$$

$$z = 18857,14$$

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = 18857,14 * 53 = 999428.42 \text{ г} = 999,42 \text{ кг}$$

Перевірка балансу

$$1093,71 + 1489,71 = 999,42 + 1584$$

$$2583,42 = 2583,42$$

Отримані дані зводимо в таблицю 2.6

Таблиця 2.6

Матеріальний баланс третьої стадії карбонізації

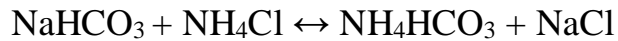
Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
NaCl	1093,71	NaHCO ₃	1584
NH ₄ HCO ₃	1489,71	NH ₄ Cl	999,42
Разом	2583,42	Разом	2583,42

Матеріальний баланс стадії фільтрування

Даний технологічний процес відбувається за реакцією

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

1584 x y z



$$M(\text{NaHCO}_3) = 84 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{NH}_4\text{Cl}) = 53 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 79 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{NaCl}) = 58 \text{ г/моль}$$

1) За вихідними даними задано масу NaHCO_3 1584 кг, розрахуємо кількість речовини

$$v = m/Mr$$

$$v(\text{NaHCO}_3) = (1584 \cdot 1000) / 84 = 18857,14 \text{ моль}$$

2) За стехеометричним рівнянням розрахуємо кількість молів NH_4Cl

$$x/1 = 18857,14 / 1$$

$$x = 18857,14 \text{ моль}$$

Розрахуємо масу NH_4Cl $m = v \cdot Mr$

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = 18857,14 \cdot 53 = 999428,42 \text{ г} = 999,42 \text{ кг}$$

3) За стехеометричним рівнянням розрахуємо кількість молів NH_4HCO_3

$$y/1 = 18857,14 / 1$$

$$y = 18857,14$$

Розрахуємо масу NH_4HCO_3

$$m(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 18857,14 \cdot 79 = 1489714,06 \text{ г} = 1489,71 \text{ кг}$$

4) За стехеометричним рівнянням розрахуємо кількість молів NaCl

$$z/1 = 18857,14 / 1$$

$$z = 18857,14 \text{ моль}$$

Розрахуємо масу NaCl

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 18857,08 * 58 = 1093714,12 \text{ г} = 1093,71 \text{ кг}$$

Перевірка балансу

$$1584 + 999,42 = 1489,71 + 1093,71$$

$$2583,42 = 2583,42$$

Отримані дані зводимо в таблицю 2.7

Таблиця 2.7

Матеріальний баланс стадії фільтрування

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
NaHCO ₃	1584	NH ₄ HCO ₃	1489,71
NH ₄ Cl	999,42	NaCl	1093,71
Разом	2583,42	Разом	2583,42

Матеріальний баланс стадії кальцинації

Даний технологічний процес відбувається за реакцією



$$M(\text{NaHCO}_3) = 84 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}$$

- 1) За вихідними даними задано масу **Na₂CO₃** 1000 кг, розрахуємо кількість речовини

$$v = m/Mr$$

$$v(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1000 * 1000 / 106 = 9433,96 \text{ моль}$$

- 2) За стехеометричним рівнянням розраховуємо кількість молів **NaHCO₃**

$$x/2 = 9433,96/1$$

$$x = (9433,96 * 2)/1$$

$$x = 18867,09 \text{ моль}$$

Розраховуємо масу NaHCO_3 $m = v * M_r$

$$m(\text{NaHCO}_3) = 18867,09 * 84 = 1584835,56 \text{ г}$$

Переведемо в кілограми $1584835,56 \text{ г} = 1584,3 \text{ кг}$

3) За стехеометричним рівнянням розраховуємо кількість молів CO_2

$$y/1 = 9433,96/1$$

$$y = (9433,96 * 1)/1$$

$$y = 9433,96 \text{ моль}$$

Розраховуємо масу CO_2 $m = v * M_r$

$$m(\text{CO}_2) = 9433,96 * 44 = 415094,2 \text{ г} = 415,81 \text{ кг}$$

4) За стехеометричним рівнянням розраховуємо кількість молів H_2O

$$z/1 = 9433,96/1$$

$$z = 9433,96 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 9433,96 * 18 = 169811,28 \text{ г} = 169,8 \text{ кг}$$

Перевірка балансу

$$1584 = 1000 + 169,8 + 415,81$$

$$1584 = 1584$$

Отримані дані зводимо в таблицю 2.8

Таблиця 2.8

Матеріальний баланс стадії кальцинації

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
NaHCO_3	1584	NaCO_3	1000
		CO_2	415,81
		H_2O	169,8
Разом	1584	Разом	1585

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Результати розрахунків матеріального балансу процесу виробництва кальцинованої соди аміачним способом наведено на таблиці 2.9

Таблиця 2.9

Матеріальний баланс виробництва кальцинованої соди

Прихід		Витрати	
Сировина	Маса, кг	Сировина	Маса, кг
Стадія випалювання вапняку			
CaCO ₃	1885,6	CaO	1055,9
		CO ₂	829,7
Разом	1885,6	Разом	1885,6
Матеріальний баланс першої стадії амонізації			
NaCl	1093,7	NaHCO ₃	1583,9
NH ₄ HCO ₃	1489,7	NH ₄ Cl	999,4
Разом	2583,4	Разом	2583,4
Матеріальний баланс другої стадії амонізації			
NH ₄ HCO ₃	1489,7	(NH ₄) ₂ CO ₃	1810,27
NH ₃	320,56		
Разом	1810,27	Разом	1810,27
Матеріальний баланс першої стадії карбонізації			
NH ₄ OH	1319,98	(NH ₄) ₂ CO ₃	1810,27
CO ₂	829,70	H ₂ O	339,42
Разом	2149	Разом	2149
Матеріальний баланс другої стадії карбонізації			
(NH ₄) ₂ CO ₃	1810,279	NH ₄ HCO ₃	2978
CO ₂	829,11		
H ₂ O	339,42		
Разом	2978	Разом	2978
Матеріальний баланс третьої стадії карбонізації			
NaCl	1093,71	NaHCO ₃	1584
NH ₄ HCO ₃	1489,71	NH ₄ Cl	999,42
Разом	2583,42	Разом	2583,42
Матеріальний баланс стадії фільтрування			
NaHCO ₃	1584	NH ₄ HCO ₃	1489,71
NH ₄ Cl	999,42	NaCl	1093,71
Разом	2583,42	Разом	2583,42
Матеріальний баланс стадії кальцинації			
NaHCO ₃	1584	NaCO ₃	1000
		CO ₂	415,81
		H ₂ O	169,8
Разом	1584	Разом	1585

2.4 Розрахунок теплового балансу стадії кальцинації

Кальцинація – це термічне розкладення натрію гідрокарбонату.

Схема теплових потоків наведено на рисунку 2.2

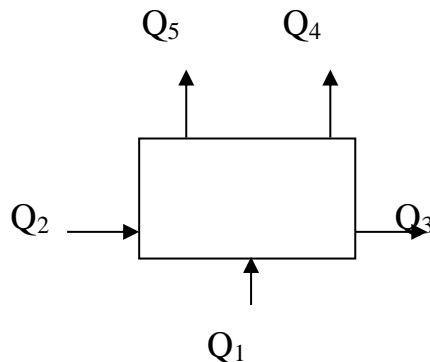


Рисунок 2.2 Схема теплових потоків. Q_1 – теплота, що надходить з паливом, кДж; Q_2 – теплота, що надходить із гідрокарбонатом натрію, кДж; Q_3 – теплота, що забирається кальцинованою содою, кДж; Q_4 – теплота, що забирається топковими газами, кДж;

Q_5 – теплота, що забирається газами содових печей, кДж

Вихідні дані для розрахунку:

- вихід соди з бікарбонату натрію – 63%;
- вологість бікарбонату натрію – 17%
- вміст NH_4HCO_3 у бікарбонаті натрію – 3,5%
- температури:
 - початкові: бікарбонату натрію, природного газу та повітря – 25 °С;
 - виходить із барабана соди – 140 °С;
 - що виходить з барабана газу – 140 °С;
 - паливних газів на виході з топки – 550 °С.
- теплота горіння природного газу – 51945 кДж/кг;
- питомі теплоємності:
 - природного газу – 0,84 кДж/(кг · К);
 - сирого бікарбонату – 1,84 кДж/(кг · К);
 - соди – 1,09 кДж/(кг · К);
 - повітря – 1,26 кДж/(кг · К);
 - топкового газу – 0,84 кДж/(кг · К);

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

– тепловтрати в докiлля складуть 25% вiд загальної кiлькостi теплоти, що витрачається;

– на згоряння 1 кг природного газу витрачається 17,68 кг повітря.

Хiмiзм процесу:



Загальне рiвняння теплового балансу розраховували по формулi:

$$\sum Q_{\text{прих}} = \sum Q_{\text{расх}},$$

де $\sum Q_{\text{прих}}$ – сума приходу тепла потокiв, кДж;

$\sum Q_{\text{расх}}$ – сума витрати тепла потокiв, Вт.

Сумарний прихiд тепла, $Q_{\text{прих}}$, Вт, розраховували за формулою:

$$\sum Q_{\text{прих}} = Q_1 + Q_2 + Q_{\text{р-цiii}},$$

де Q_1 – тепло, яке вносить паливо, кДж;

Q_2 – тепло, що вноситься гiдрокарбонатом натрiю, кДж;

$Q_{\text{р-цiii}}$ – тепло реакцiї, Вт.

Тепло, що вноситься в пiч з паливом, Q_1 , кДж, розраховували за формулою:

$$Q_1 = 51945x.$$

де 51945 – теплотворна здатнiсть палива, Дж/кг;

x – кiлькiсть палива для отримання 1000 кг соди, кг.

Тепло, що надходить з гiдрокарбонатом натрiю Q_2 , кДж, розраховували за формулою:

$$Q_2 = x \cdot 0,84 \cdot 25 = 21x.$$

Кiлькiсть теплоти, внесеної в топку з повітрям Q_3 , кДж, що подається для спалювання мазуту, розраховували за формулою:

$$Q_3 = 17,68x \cdot 1,26 \cdot 25 = 556x.$$

Кiлькiсть тепла, що надходить у топку з сирим бiкарбонатом, Q_4 , кДж, розраховували за формулою:

$$Q_4 = 1000 \cdot 1,84 \cdot 25 = 46000 \text{ кДж.}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді

$$Q_{\text{прих}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = \\ = 51945x + 21x + 46000 + 556x = 52522x + 46000 \text{ кДж.}$$

Витрата теплоти.

З готовою содою з печі кальцинації виносяться:

$$Q_1 = 1000 \cdot 0,825 \cdot 0,63 \cdot 1,09 \cdot 140 = 79313,85 \text{ кДж.}$$

де 0,825 – вміст бікарбонату в сирому напівпродукті, що надходить у піч кальцинації;

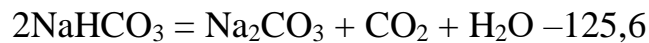
0,63 – вихід Na_2CO_2 з бікарбонату;

1,09 – теплоємність соди, кДж/(кг·К);

140 – температура соди, °С.

Кількість теплоти, що витрачається на розкладання, кДж:

– бікарбонату натрію згідно реакції:



$$Q_2 = \frac{1000 \cdot 0,825 \cdot 0,63 \cdot 125,6 \cdot 1000}{106} = 615854,7 \text{ кДж.}$$

– бікарбонату амонію згідно реакції:



$$Q_3 = \frac{0,036 \cdot 1000 \cdot 172 \cdot 1000}{79} = 76202,5 \text{кДж.}$$

Розраховали кількість теплоти, Q_4 , кДж, що втрачається з водяною парою, що міститься в газах, що відходять, при 140 °С. Для цього знайшли масу пари шляхом складання мас, кг:

– гігроскопічної вологи бікарбонату – 140;

– водяної пари, що виділяється при розкладанні NaHCO_3 ;

$$\frac{1000 \cdot 18 \cdot 0,825 \cdot 0,63}{106} = 88,2 \text{ кДж.}$$

– водяної пари, що утворюється при розкладанні NH_4HCO_3 :

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$\frac{18 \cdot 35}{79} = 8 \text{ кДж.}$$

– всього водяної пари:

$$140 + 88,2 + 8 = 236,2 \text{ кг.}$$

$$Q_4 = 236,2 \cdot 2750 = 649550 \text{ кДж.}$$

де 2750 – ентальпія пара, кДж / кг.

Тепловтрати:

– з топковими газами:

$$Q_5 = 18,5x \cdot 0,84 \cdot 550 = 8547x;$$

– в доквілля, вони становлять 25% від приходу теплоти

$$(52522x + 46000) \cdot 0,25 = 13130x + 11500.$$

Усього витрата теплоти:

$$Q_{\text{вир}} = 79313,8 + 615854,7 + 76202,5 + 649550 + 8547x + 13130x + 11500 = \\ = 1432421 + 21677x$$

Прирівнюючи $Q_{\text{прих}} = Q_{\text{расх}}$, знаходимо x :

$$52522x + 46000 = 1432421 + 21677x,$$

$$x = 44,9 \text{ кг.}$$

Витрата палива на кальцинацію 1000 кг сирого бікарбонату дорівнює 44,9 кг, що у перерахунку на 1000 кг соди складе:

$$\frac{44,9}{0,63} = 71,3 \text{ кг.}$$

Складаємо тепловий баланс кальцинації на 1000 кг бікарбонату натрію в таблиці 2.9

Таблиця 2.9

Приход	кДж	Витрати	кДж
1	2	3	4
За рахунок спалювання палива	2332330,5	Теплота, що виноситься з печі содою	79313,8
За рахунок ентальпії	942,9		

природного газу		Теплота, що витрачається	
Теплота, що внесена в	24964,4	на розкладання:	615854,7
топку повітрям	46000	На NH_4HCO_3	76202,5
Сирим бікарбонатом		HCO_3	
		Теплота, що втрачається з	649550
		Водяною парою	
		Тепловитрати:	383760,3
		з топковими газами	
		В навколишнє середовище	601037
Всього	2404237,8	Всього	2405718

Можна зробити висновок що для повної кальцинації 1000 кг соди потрібно 669 кіловат.

2.5 Підбір обладнання

Вапняно-випалювальна піч

Вапняно-випалювальна піч складається з трьох основних частин: шахти, завантажуючого та розвантажуючого механізмів. Вертикальна цегляна шахта може мати різні розміри: діаметр 2,3 – 8 м, висота 12 – 35 м. Форма шахти – циліндрична. Усередині шахта викладена вогнестійкою цеглою. Зовнішня частина шахти викладена звичайною (червоною) цеглою. Між кладками з вогнестійкої та червоної цегли є зазор шириною 25 мм, заповнений теплоізоляційним прошарком. Завдяки зазору вогнестійка кладка може вільно розширятися в процесі нагрівання, що запобігає утворенню тріщин. Шахту, як правило, оточує сталевий кожух товщиною 12 мм. Між кожухом і кладкою печі також залишено зазор шириною 60 мм, заповнений битою шамотною цеглою. Зазор також виконує роль теплоізолятора. Шахта печі опирається на чавунне кільце, розташоване на восьми мірних колонах, які стоять на бетонному фундаменті і приймають на себе все навантаження. Зверху шахта закрита залізобетонним зводом, до якого кріпиться завантажуючий пристрій.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для вивантаження вапна з печі є спеціальний пристрій у вигляді чавунної відмички з гвинтовою поверхнею, що обертається зі швидкістю 1 – 4 об/год і забезпечує видалення обпаленого вапна з печі до патрубку, сполученого зі спіральним лопатковим вивантажувачем.

Для нормальної роботи содового заводу необхідна якісна сировина (карбонатна), в якій повинно міститися 75 – 80 %CaO . Витрати палива 130 – 170 кг/т стандартного вапна. Вапняно-випалювальна піч зображена на рисунку 2.3

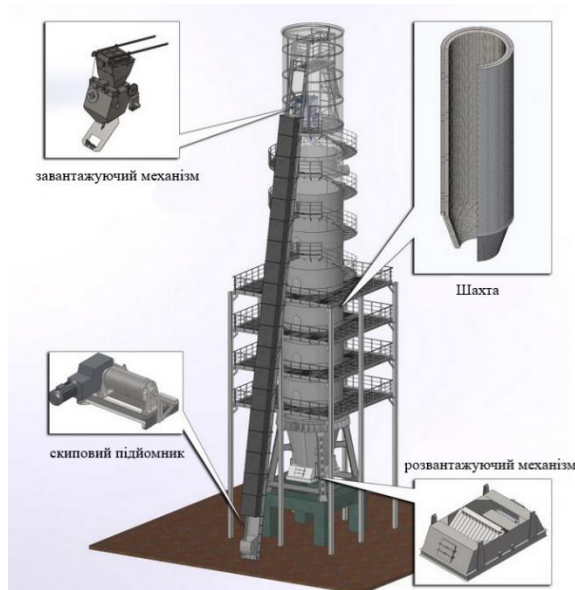


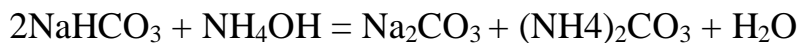
Рисунок 2.3 Схема пічі для випалення вапняку

Карбонізаційна колона

У процесі карбонізації внутрішні поверхні карбонізаційної колони поступово покриваються кіркою 3NaHCO_3 , що кристалізується з розчину. Кристали, що пристали до поверхні, полегшують наступне відкладення кристалічної маси. Тому шар осаду поступово збільшується, а вільний перетин для проходу рідини й газу зменшується. За сильного засмічення рух рідини через звужену ділянку може зовсім припинитися. Відкладення кристалів на охолодній поверхні знижує її теплопровідність. Нормальна робота колони порушується, тому її необхідно періодично промивати. Однак промивання не рекомендується проводити до повного розчинення осілої кірки NaHCO_3 внаслідок корозійного руйнування поверхні

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

заліза й забруднення соди заліза оксидом, що утворюється. Карбонізаційну колону промивають амонізованим розсолом, що надходить із відділення абсорбції. Цей розчин містить вільний аміак, що взаємодіє з осадженим на стінках колон натрію гідрокарбонатом за реакцією:



Без промивання колона працює 3 – 4 доби. Промивання триває 16 – 20 годин. Щоб забезпечити безперервність процесу карбонізації встановлюють декілька карбонізаційних колон (наприклад, 4 колони, у яких іде осадження й 1 промивна).

Відділення карбонізації комплектується серіями колон, при цьому продуктивність кожної серії дорівнює продуктивності абсорбційної колони. До складу серії входять осаджувальні карбоколони, перший промивач газу колон і теплообмінник. Періодично кожну з осаджувальних колон ставлять на промивку, тоді вона виконує функцію колони попередньої карбонізації 1. Карбонізаційні колони працюють серіями, щоб забезпечити безперервність потоку подаваем. Найбільшого поширення набули серії, що складаються з чотирьох карбонізацій колон, з яких три працюють як осаджувальні, а одна - як колона попередньої карбонізації.

В осаджувальних карбонізаційних колонах протікають два паралельні процеси: абсорбція діоксиду вуглецю і кристалізація гідрокарбонату натрію, причому на останніх стадіях ці процеси вимагають відведення тепла реакції. Виходячи з цього, карбоколонна має дві зони: абсорбційну та холодильну.

Карбонізаційна колона є циліндричною пустотілою ємністю діаметром до 3 м і висотою до 28 м, що складається з ряду царг (бочок). Зверху в колону надходить розчин з першого промивача газу колон, а царгу-базу 1 і абсорбційну царгу 3, розташовану над холодильною зоною, подається газ. Працюючи колона заповнена розчином до певного постійного рівня. Тому обсяг надходить у колону розчину відповідає обсягу відбирається з колони суспензії.

Для забезпечення повного поглинання діоксиду вуглецю газ і рідина рухаються в колоні протитечією. Для покращення процесу теплообміну та масопередачі між царгами встановлюють пасетні контактні елементи – тарілки 5. [12]

Схема карбонізаційної колони наведено на рисунку. 2.4

Для здійснення нормального технологічного процесу суспензію гідрокарбонату натрію поступово охолоджують під час її руху до виходу з апарату.

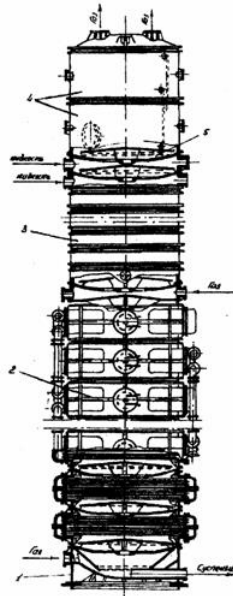


Рисунок 2.4 - Карбонізаційна осадна колона: 1 – царга-база; 2 – холодильна царга; 3 – абсорбційна царга; 4 – сепараційні царги; 5 – пасетна барботажна тарілка.

Барабанна піч для кальцинації

Технологічний процес не відрізняється особливою складністю. Щоб отримати кальциновану соду відфільтрований осад гідрокарбонату натрію подається на кальцинацію в содову піч горизонтальний барабан, що обертається і робить до 5 об/хв. У ньому натрію гідрокарбонат прожарюється за температури 260 °С за рахунок теплоти топкових газів або водяної пари, що подаються в обігрівальну оболонку ("сорочку") печі. Будова печі зображена на Рис. 2.6. [13]

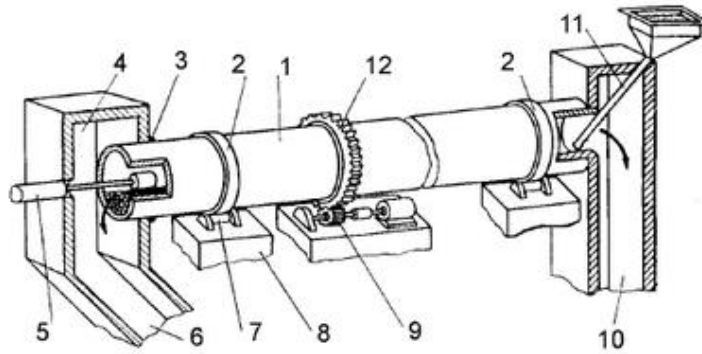


Рисунок 2.5 – схема будови барабанної печі для кальцинації

1 – барабан; 2 – бандажі; 3 – ущільнення; 4 – топкова камера; 5 – паливоспалючий пристрій; 6 – розвантажувальна течка; 7 – опорні ролики; 8 - фундамент; 9- привід барабана; 10 – газовідвідна камера; 11- завантажувальний пристрій; 12 – вінцева шестерня.

Обертання барабана забезпечується приводом, з'єднаним з вінцевою шестернею барабана. Барабан спирається через свої бандажі на опорні ролики, які беруть він все навантаження. Діаметр барабана 2,5-3,5 м, а довжина – 60-80 метрів. [13]

Значна витрата палива в випалювальній печі робить її привабливою для вдосконалення. Відомо, що близько 20-30% всієї споживаної теплоти йде з димовими газами. Тому можна запропонувати варіанти утилізації теплоти димових газів, у тому числі з використанням повітряних рекуператорів, що не корродують у присутності великої кількості пилоподібного вапна в димі. Але, мабуть, найперспективніше – це використання теплоти диму для підігріву сировини перед завантаженням у піч. [13]

2.6 Технологічний розрахунок апарату – барабанний вакуум фільтр

Розрахувати поверхню фільтрування, кількість барабанних вакуум-фільтрів, їхню продуктивність та розміри барабанного вакуум-фільтра. Добова продуктивність переробленої суспензії $\Pi = 2,5$ т/добу, вихід NaHCO_3 $V = 61\%$ до загальної суспензії

Розрахунок

Густина вологого осаду визначаємо за рівнянням:

$$\rho_0 = \frac{\rho_T \rho_{ж}}{\rho_{ж} + (\rho_T - \rho_{ж}) \omega_{ос}} = \frac{1115 \cdot 1005 \cdot 100}{1005 \cdot 100 + (1115 - 1005)52} = 1055 \text{ кг/м}^3$$

Відношення об'єму осаду до об'єму фільтрату розраховуємо за рівнянням:

$$x_0 = \frac{c \rho_{ж}}{\rho_0 (100 - (\omega_{ос} + c))} = \frac{36 \cdot 1005}{1055 (100 - (52 + 36))} = 2,86 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Питому продуктивність фільтра - об'єм фільтрату, що отримуємо з 1 м² поверхні барабана за товщини шару осаду 0,01 м, обчислюємо за рівнянням:

$$q = \frac{h_0}{x_0} = \frac{0,01}{2,86} = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Тривалість фільтрування знаходимо з рівняння, попередньо визначивши константи фільтрування

$$C = \frac{r_{ТК}}{r_c \cdot c}$$

$$C = \frac{11,43 \cdot 10^{10}}{43,21 \cdot 10^{10} \cdot 207,5} = 1,27 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^2$$

$$K = \frac{2\Delta p}{\mu c r}$$

$$K = \frac{2 \cdot 53329}{1,51 \cdot 10^{-3} \cdot 207,5 \cdot 43,21 \cdot 10^{10}} = 0,788 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

де r_c - середній питомий опір осаду; $r_c = 43,21 \cdot 10^{10}$ м/кг сухого осаду;

$r_{ТК}$ - питомий опір фільтруючої тканини; $r_{ТК} = 11,43 \cdot 10^{10}$ м/м²;

c - маса твердої речовини, що відкладається на фільтрі, при отриманні 1 м³ фільтрату $c = 207,5$ кг/м³;

Δp - вакуумний тиск в апараті, $\Delta p = 53329$ Па, або 400 мм.рт.ст.;

μ - динамічний коефіцієнт в'язкості фільтрату (при температурі фільтрування 50° $\mu = 1,51 \cdot 10^{-3}$ Па·с

$$\tau_{\phi} = \frac{q^2 + 2 \cdot q \cdot C}{K} = \frac{3,5^2 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 3,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,27 \cdot 10^{-3}}{0,788 \cdot 10^{-6}} = 26,8 \text{ с}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тривалість промивання за постійної товщини шару осаду визначаємо з рівняння. З урахуванням, що $q_{\text{пр}} = V_{\text{пр}}/F$, одержуємо

$$\tau_{\text{пр}} = \frac{q_{\text{пр}} \cdot \mu_{\text{пр}} \cdot (r_0 h_0 + R_{\text{п}})}{\Delta p}$$

Попередньо визначаємо питомі витрати промивної води. При розрахунку на 1 м^2 поверхні фільтрування об'єм осаду чисельно дорівнює його висоті h_0 , а маса становить $\rho_0 h_0$. Звідси питомі витрати води на промивання

$$q_{\text{пр}} = v'_{\text{пр}} \rho_0 h_0 = 4 \cdot 10^{-4} \cdot 1055 \cdot 0,01 = 4,22 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^2$$

де $v'_{\text{пр}}$ - об'єм промивної води на одиницю маси вологого осаду, $v'_{\text{пр}} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{кг}$.

Якщо $t_{\text{пр}} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, $\mu_{\text{пр}} = 0,412 \cdot 10^{-3} \text{ Па с}$, то

$$\tau'_{\text{пр}} = \frac{4,22 \cdot 10^{-3} \cdot 0,412 \cdot 10^{-3} \cdot (50 \cdot 10^{12} \cdot 0,01 + 11,43 \cdot 10^{10})}{53329} = 20 \text{ с.}$$

З урахуванням, що $a = 1,1$, тривалість промивання

$$\tau_{\text{пр}} = a \tau'_{\text{пр}} = 1,1 \cdot 20 = 22 \text{ с.}$$

Тривалість окремих стадій процесу фільтрування визначаємо з рівнянь: попереднє просушування осаду

$$\tau_1 = \frac{(\tau_{\phi} + \tau_{\text{пр}})n_1}{n - (n_1 + n_2 + n_3)} = \frac{(26,8 + 22)2}{24 - (2 + 3 + 4)} = 6,5 \text{ с;}$$

основне просушування осаду

$$\tau_2 = \frac{(\tau_{\phi} + \tau_{\text{пр}})n_2}{n - (2 + 3 + 4)} = \frac{(26,8 + 22)3}{24 - (2 + 3 + 4)} = 9,8 \text{ с;}$$

видалення осаду та регенерація тканини (з урахуванням мертвої зони)

$$\tau_3 = \frac{(\tau_{\phi} + \tau_{\text{пр}})n_3}{n - (2 + 3 + 4)} = \frac{(26,8 + 22)4}{24 - (2 + 3 + 4)} = 13 \text{ с.}$$

Загальна тривалість циклу за формулою становитиме

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_{\phi} + \tau_{\text{пр}} + \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 = 26,8 + 22 + 6,5 + 9,8 + 13 = 78,2 \text{ с.}$$

Частоту обертання барабана фільтра визначаємо з формули

$$n_6 = \frac{60}{\tau_{\text{ц}}} = \frac{60}{78,2} = 0,768 \text{ хв}^{-1} = 46,1 \text{ год}^{-1}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Згідно з практичними даними частота обертання барабана фільтра під час промивання соди становить $0,1 \dots 1,5 \text{ хв}^{-1}$.

Розподіл технологічних зон поверхні барабана фільтра визначасмо за формулою:

зона фільтрування

$$\varphi_{\phi} = \frac{360 \cdot \tau_{\phi}}{\tau_{ц}} = \frac{360 \cdot 26,8}{78,2} = 124$$

зона попереднього просушування

$$\varphi_1 = \frac{360 \cdot \tau_1}{\tau_{ц}} = \frac{360 \cdot 6,5}{78,2} = 30$$

зона промивання

$$\varphi_{\text{пр}} = \frac{360 \cdot \tau_{\text{пр}}}{\tau_{ц}} = \frac{360 \cdot 22}{78,2} = 101$$

зона основного просушування

$$\varphi_2 = \frac{360 \cdot \tau_2}{\tau_{ц}} = \frac{360 \cdot 9,8}{78,2} = 45$$

зона видалення осаду та регенерації тканини

$$\varphi_3 = \frac{360 \cdot \tau_3}{\tau_{ц}} = \frac{360 \cdot 13}{78,2} = 60$$

Розраховані кути зон фільтрування і промивання та частота обертання барабана відповідають нормативним даним.

Визначаємо продуктивність фільтрів по фільтрату — об'єм фільтрату за годину V_{ϕ} , $\text{м}^3/\text{год}$. Спочатку знаходимо продуктивність фільтрів у перерахунку на суху соду

$$m = \frac{P \cdot V}{100 \cdot 24} = \frac{2,5 \cdot 61}{100 \cdot 24} = 0,06 \text{ т/год,}$$

що в перерахунку на вологу соду $W = 50 \%$ становитиме

$$m_o = \frac{m \cdot 100}{100 - W} = \frac{0,06 \cdot 100}{100 - 50} = 0,127 \text{ т/год.}$$

Тоді кількість суспензії, що подається на фільтрування,

$$m_c = \frac{m \cdot 100}{c} = \frac{0,06 \cdot 100}{36} = 0,177 \text{ т/год,}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

а кількість фільтрату

$$m_{\phi} = m_c - m_o = 0,177 - 0,127 = 0,05 \text{ т/год.}$$

Таким чином,

$$V_{\phi} = \frac{m_{\phi}}{\rho_{\text{ж}}} = \frac{0,05 \cdot 10^3}{1005} = 0,05 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Визначаємо загальну поверхню фільтрування

$$F = \frac{V_{\phi}}{V'}$$

де $V' = qn_6$ — продуктивність 1 м² фільтра по фільтрату, м³/(м² • год):

$$F = \frac{0,05}{3,5 \cdot 10^{-3} \cdot 46,1} = 0,3 \text{ м}^2$$

За нормативними даними поверхня фільтрування вакуум-фільтрів

$$F_n = \frac{0,465 \cdot \Pi \cdot B}{q'} = \frac{0,465 \cdot 2,5 \cdot 61}{280} = 0,25 \text{ м}^2$$

де $q' = 280$ — нормативна питома масова продуктивність фільтра по сухій соді за 1 год, кг/(м² • год).

Числові значення F і F_n відрізняються незначно.

Із каталогу для встановлення вибираємо вакуум-фільтр БОУ-1 з поверхнею фільтрування 1 м². Деталі, що контактують із суспензією і фільтратом, виготовляють із нержавійної сталі.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

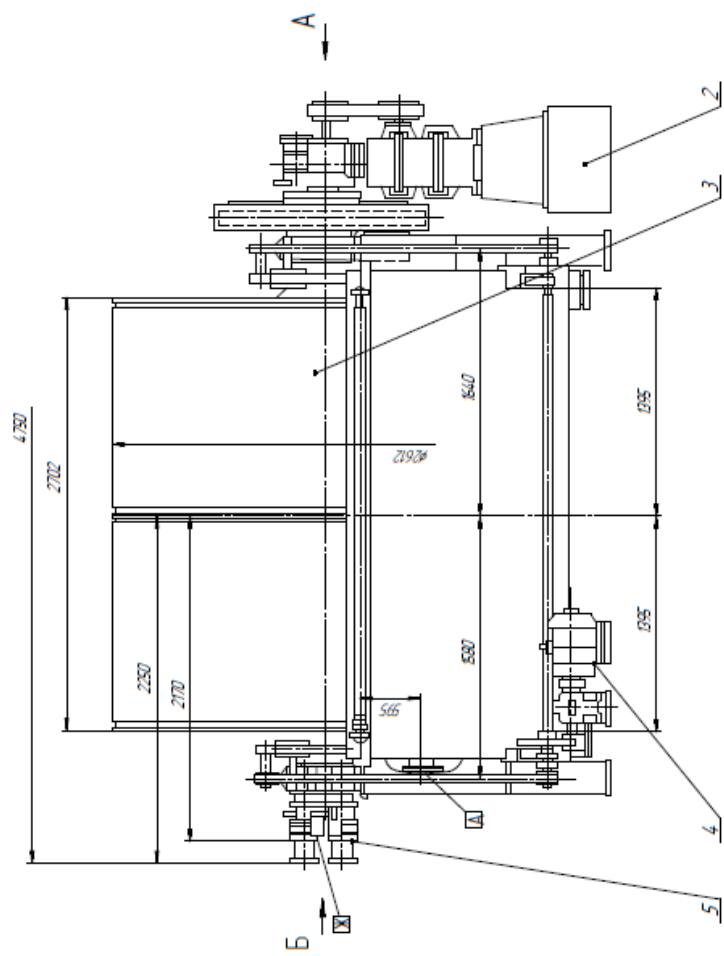
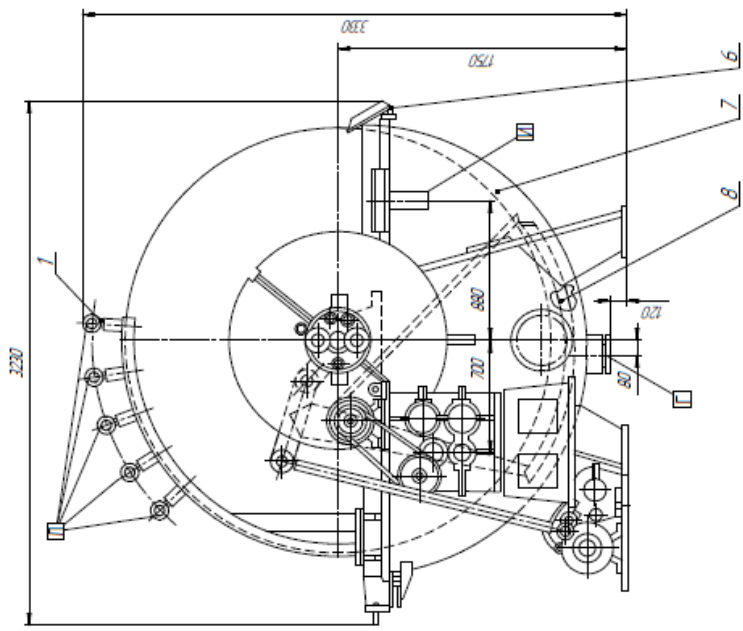


Рисунок 2.7. Барабанный вакуум-фільтр

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.7 Опис апаратурнотехнологічної схеми

Апаратурно-технологічну схему виробництва кальцинованої соди аміачним способом представлено на рисунку. 2.8.

Очищений розсіл, у якому міститься 305...310 г/л NaCl, з напірного баку **5** проходить абсорбер **6**, де він амонізується, тобто насичується газоподібним NH₃. Розчин і гази рухаються в абсорбері протитечією. Абсорбер є апаратом барботажного типу, всередині якого вмонтовані багатоковпачкові чавунні тарілки. Він містить 65 об.% NH₃ з невеликою домішкою вуглекислого газу. У нижню частину абсорбера надходить газ, одержаний на стадії регенерації аміаку. Реакції амонізації оборотні та екзотермічні, тому їх слід здійснювати за температури не вище ніж 28 °С. Та все ж внаслідок виділення реакційної теплоти розчин нагрівається, тому його після абсорбера охолоджують у теплообміннику типу труба в трубі. Амонізований розсіл надходить у верхню частину карбонізаційної колони **10**, яка теж являє собою апарат барботажного типу. У нижню частину колони **10** компресором під тиском 2,5-10⁵Па подається суміш газів, одержаних після кальцинації та випалювання вапняку, які описані нижче. Ця суміш містить до 60 об.% CO₂. Трохи вище в карбонізаційну колону компресором подається лише той газ, який одержується внаслідок випалювання вапняку. Під час карбонізації, як уже згадувалось, утворюється натрію гідрокарбонат і амонію хлорид. Утворений натрію гідрокарбонат насичує розчин і випадає з нього в тверду фазу. Як зазначалося вище, максимальний вихід NaHCO₃ досягається за температури 30 °С, тому передбачається охолодження реакційної маси в нижній частині колони, у так званих холодильних царгах, куди подається охолоджувальна вода. Одержані кристали NaHCO₃ відокремлюються від розчину на барабанному вакуум-фільтрі **16**. Відфільтрований осад гідрокарбонату натрію з вологістю до 18 % далі подається на кальцинацію в содову піч **18** - горизонтальний барабан, що обертається і робить до 5 об/хв. У ньому натрію гідрокарбонат прожарюється за температури 260 °С за рахунок теплоти топкових газів або водяної пари, що подаються в обігрівальну оболонку

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

("сорочку") печі. При цьому утворюється кінцевий продукт виробництва - кальцинована сода, і виділяється вуглекислий газ концентрацією до 90 об.% CO₂. Цей газ після відмивання від содового пилу в промивачі **3** використовується для карбонізації розчину в колоні **10**. Готова кальцинована сода повинна містити не менше як 95 % Na₂CO₃ і не більше як 1% NaCl.

Розчин амонію хлориду, відокремлений на вакуум-фільтрі **16**, насосом **15** спрямовується для регенерації аміаку в дистиляційну колону **14**. Туди ж насосом подається вапняне молоко. При підігріванні паром, яка подається знизу колони, всі солі амонію, що містяться в розчині, розкладаються з виділенням аміаку. Регенований аміак з домішками вуглекислого газу повертається на амонізацію розсолу в колону **6**. З дистиляційної колони **14** витікає розчин кальцію хлориду, який є відходом виробництва.

З колони регенерації **14** виходить велика кількість високомінералізованого водного розчину дистилерної суспензії яка є відходами та потрапляє у мембранний фільтр-прес **11**, де проходить фільтрування від води та відфільтрована суміш кальцій хлориду і натрій хлориду потрапляє у пластиковий контейнер для подальшого використання на інших виробництвах.

Випалювання вапняку здійснюється в шахтній печі **1**, яка за допомогою спеціального завантажувального пристрою заповнюється шихтою - сумішшю вапняку і коксу. Знизу під ґратку, на якій розташовується шихта, в піч вдувається повітря для спалювання коксу, внаслідок чого в печі досягається необхідна температура випалювання - 1100...1200 °С. Гази, які виходять з печі, містять 35...40 об.% CO₂ і після очищення від пилу в промивачі **3** подаються в карбонізаційну колону **10**. Одержане вапняне молоко використовується для регенерації аміаку в колоні дистиляції **14**. [11]

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

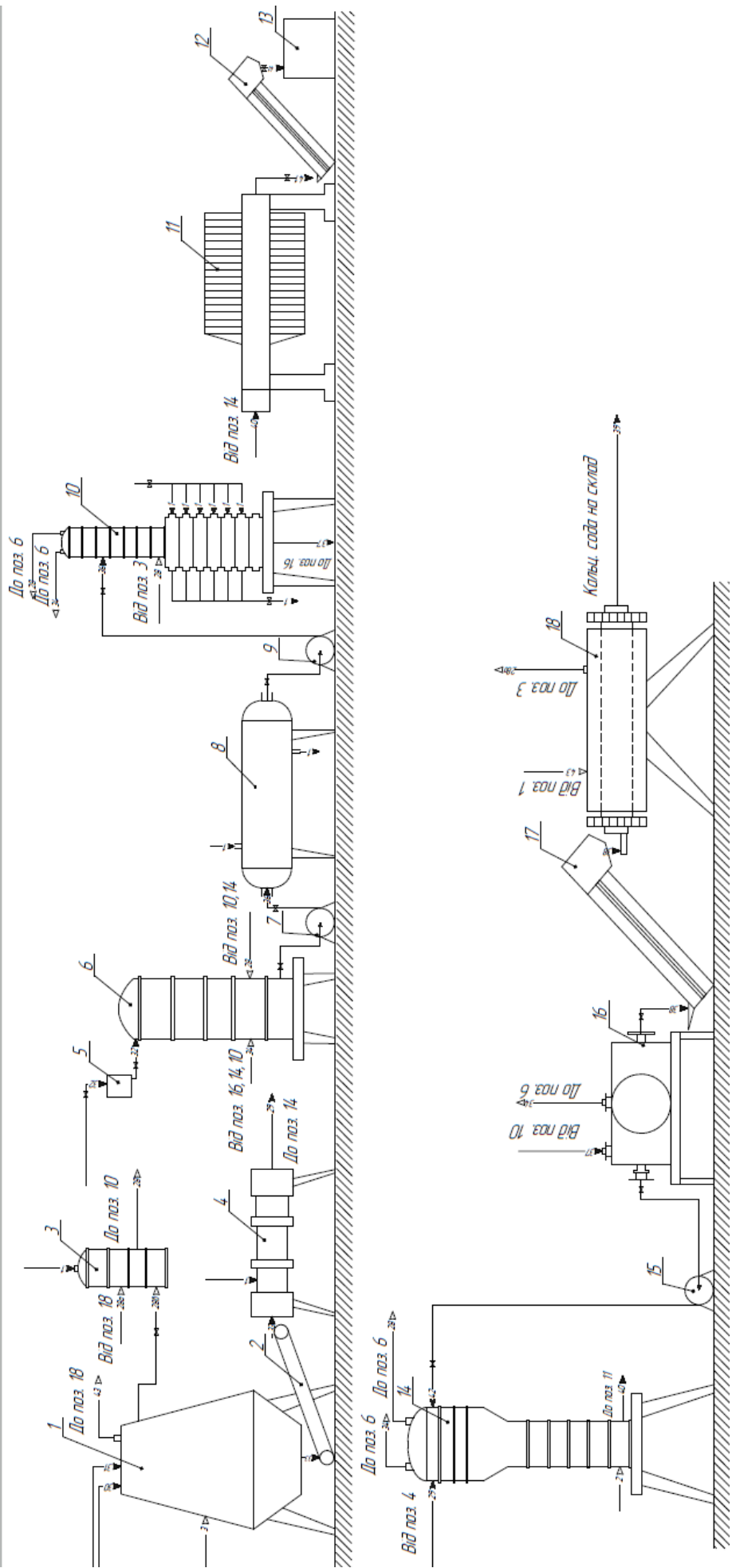


Рисунок 2.8. Апаратурно – технологічна схема виробництва кальцинованої соди аміачним способом

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

РОЗДІЛ III ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

У ринкових умовах розроблення та реалізація проектів у різних сферах діяльності (за винятком благодійних організацій) спрямована на максимізацію прибутку і мінімізацію ризику фінансових втрат. Проекти з рівнем рентабельності, нижчим за допустимі межі, або з низькою рентабельністю не перспективні як бізнес. Отже, такі проекти приречені, і інвесторам і кредиторам нерозумно уникати їх і вкладати в них ресурси. Тому, перш ніж розпочинати бізнес у сфері виробництва харчової соди, слід спочатку скласти бізнес-план проекту, щоб уникнути невдачі.

У кваліфікаційній роботі представлено методичний підхід до визначення загальної економічної вигоди від виробництва харчової соди. Суть економічних вигод полягає в забезпеченні галузі обладнанням, що призведе до більш економічного виробництва та зниження шкоди навколишньому середовищу.

Загальний розрахунок включає у себе:

1. Розрахунок загальних потреб у сировині.
2. Витрати на електроенергію.
3. Розрахунок очікуваного прибутку від виробництва кальцинованої соди.

Розрахунок потреби у сировині

Для виробництва 1 тонни кальцинованої соди витрачається така основна сировина як:

Натрій хлорид - 1093,71 кг.

Карбонат кальцію - 1885,6 кг.

Аміак – 320 кг.

Дані наведені згідно з матеріальним балансом.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.062.КР.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Ткалич Є.М.</i>			ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бойчук Т.М.</i>					62	
<i>Реценз .</i>						НУХТ Каф. ТЖХТ		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>						

На таблиці 3.1 наведено собівартість компонентів, які потрібні для виробництва 1000 кг кальцинованої соди .

Таблиця 3.1

Назва речовини	Маса, кг	Вартість, грн
NaCl	1093, 71	21880
CaCO ₃	1885,6	11316
NH ₃	320,56	32000
Всього:		65196

З даної таблиці, яка наведена вище бачимо що загальна собівартість речовин, які потрібні для виробництва 1000 кг харчової соди, при умові виорисання основних компонентів з відділу кальцинації соди становлять 5491 грн.

Прорахуємо допоміжні а також таропакувальні матеріали що йдуть на виготовлення та зберігання харчової соди. Рельтати розрахунку зображені в таблиці 3.2.

Тепер порахуємо витрати на допоміжні матеріали вони потрібні для пакування нашого готового продукту. Розрахунки зображені на таблиці 3.2

Таблиця 3.2

Назва товару	Одиниці вимірювання	Витрати на 1000 кг продукту	Ціна, грн за одиницю товару	Витрати тис. грн на щоденний випуск
Упаковка	шт.	1000	1	1000
Етикетки	шт.	1000	0.75	750
Коробка	шт.	100	15	1500
Шпагат	м.	2000	0,25	550
Всього				3800

Витрати енергоресурсів на одиницю продукції розраховують, виходячи з норм витрати на одиницю продукції і вартості 1 кВт/год електроенергії, води.

Витрата енергоресурсів для виробництва кальцинованої соди аміачним способом зображена на таблиці 3.3

Таблиця 3.3

Ресурс	Одиниця виміру	Витрата на 1000 кг	Ціна за 1 ресурсу	Вартість ресурсу, грн
Електрика	кВт	1003	6	6018
Вода	м ³	0,339	31	10.59
Всього				6028.59

За добу наше підприємство буде випускати 1000 кг кальцинованої соди.

$$P_{\text{факт}} = P_{\text{доб}} \times K_{\text{вик}}$$

де $K_{\text{вик}}$ – коефіцієнт використання потужності (нормативне значення 0,8). $P_{\text{доб}}$ – Фактичний добовий обсяг виробництва 1000 кг.

Тоді фактичний добовий обсяг складатиме:

$$P_{\text{факт}} = 1000 \times 0,8 = 800 \text{ кг}$$

Річний обсяг виробленої готової продукції порахуємо за формулою:

$$O = P_{\text{факт}} \times K_{\text{д,р}}$$

$K_{\text{д,р}}$ – кількість робочих діб.

$$O = 800 \times 365 \approx 292000 \text{ кг.}$$

Обґрунтування плану виробництва. Виходячи з рентабельності та інших економічних показників, можна сказати, що виробництво є досить прибутковим і буде розширюватися з плином часу. Організаційна структура компанії в перший рік її існування буде простою та лінійною. Бухгалтер і менеджер підпорядковуватимуться директору. Надалі організаційна структура буде функціональною.

Заробітна плата робітникам зображена на таблиці 3.4

**Заробітна плата робітників, які працюють за погодинною системою
праці**

Посада	Кількість робітників	Годинна ставка	Тривалість зміни	Підсумкова заробітна плата, грн.
Головний технолог	1	70	12	20160
Оператор	5	65	12	18720
Підсобний робітник	1	60	12	17280
Всього				3985800
На 1 т				10920

Отже, основна заробітна плата робітників за рік складає 3985800 грн.

Витрати по заробітним платам робітникам на 1000 кг складуть 10920 грн.

Підрахуємо загальну вартість 1000 кг кальцинованої соди:

1) $10920 + 6028,59 + 3800 + 65196 = 85944$ грн.

Проведемо розрахунок суми адміністративних витрат приблизно як 1,5% від вартості виробництва.

2) $85944 * 0,015 = 1289$ грн.

Підрахуємо витрати на збут соди як 3% від вартості собівартості:

3) $85944 * 0,03 = 2578$ грн.

Інші поточні витрати як 1% від виробничої собівартості:

4) $85944 * 1\% = 859$ грн.

Отже, повні витрати на 1000кг кальцинованої соди:

5) $85944 + 1289 + 2578 + 859 = 90670$ грн.

Тобто за один кілограм ціна ставитиме 91 грн.

На сьогоднішній день ринкова ціна 120 грн.

Фінансова діяльність підприємства пов'язана з низкою ризиків, ступінь впливу яких на результати цієї діяльності, незалежно від їх форми, дуже

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

високий. Ризики, пов'язані з фінансовою діяльністю підприємства, класифікуються в особливу групу ризиків, які називаються фінансовими ризиками. Запорукою прибутковості компанії є її безперервна діяльність. Якщо з якихось причин її процеси перериваються (наприклад, стихійні лиха або перебої з постачанням матеріалів), втрати і збитки неминучі. І в більшості випадків непрямі збитки, що виражаються, наприклад, у недоотриманні очікуваного прибутку або витратах на відновлення бізнес-процесу, переважають прямі. [17]

На випадок таких незапланованих перерв варто застрахуватися. Поліс гарантує відшкодування поточних витрат, витрат, понесених до зменшення збитку, та втраченого заробітку. Таким чином, річні страхові внески для компанії сягають близько 100000 грн на рік.

						Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Упаковка, транспортування та зберігання Соду кальциновану технічну марки А упаковують в м'які спеціалізовані контейнери разового використання, в чотирьох-, п'ятишарові паперові мішки. Кальциновану соду, упаковану в мішки, транспортують усіма видами транспорту в критих транспортних засобах. Транспортування упакованого продукту залізницею здійснюється вагонними відправками. За узгодженням зі споживачем продукт марки А транспортують у спеціальних вагонах (содовозах, сажевозах, цементовозах). Продукт марки Б насипом транспортують у спеціальних вагонах і автомобілях (содовозах, сажевозах, цементовозах), а також у критих вагонах. М'які спеціалізовані контейнери залізницею транспортують у напіввагонах і критих вагонах. Технічну кальциновану соду зберігають у закритих складських приміщеннях, силосах, бункерах, оберігаючи продукт від потрапляння вологи. Сода кальцинована марки А - 3 місяці, марки Б - 6 місяців із дня виготовлення, упакованого в м'які спеціалізовані контейнери - 5 років від дня виготовлення.

Фізико-хімічні показники якості кальцинованої соди ГОСТ 5100-85 зображені на таблиці 4.1:

Таблиця 4.1

Найменування показника	Норма для марки та сорту					
	А			Б		
	Вищий	Перший	Другий	Вищий	Перший	Другий
Зовнішній вигляд	Гранули білого кольору			Порошок білого кольору		
Масова частка вуглекислого натрію, %, не менше	99,4	99,0	98,5	99,4	99,0	99,0

					ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.067.КР.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Ткалич Є.М.				Літ.	Арк.	Аркушіє
Перевір.	Бойчук Т.М.					67	
Н. Контр.	Подобій О.В.				ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ <i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
Затверд.	Носенко Т.Т.						

Масова частка вуглекислого натрію в перерахунку на непрокалений продукт,%, не менше	98,7	98,2	97,0	98,9	98,2	97,5
Масова частка втрати при прожарюванні при 270-300 °С,%, не більше	0,7	0,8	1,5	0,5	0,8	1,5
Масова частка хлоридів у перерахунку на NaCl,%, не більше	0,2	0,5	0,8	0,4	0,5	0,8
Масова частка заліза у перерахунку на Fe ₂ O ₃ ,%, не більше	0,003	0,005	0,008	0,003	0,003	0,008
Масова частка нерозчинних у воді речовин,%, не більше	0,04	0,04	0,08	0,03	0,04	0,08
Масова частка сульфатів у перерахунку на Na ₂ SO ₄ ,%, не більше	0,04	0,05	-	0,04	0,05	-
Насипна щільність, г/см ³ , не менше	1,1	0,9	0,9	-	-	-
Гранулометричний склад кальцинованої соди						
залишок на ситі з сіткою №2К за ГОСТ 6613-86, %, не більше	-	5	5	-	-	-
проходження через сито з сіткою №1, 25К за ГОСТ 6613-86, %, не більше	100	-	-	-	-	-
залишок на ситі з сіткою №1К за ГОСТ 6613-86, %, не більше	3	-	-	-	-	-
проходження через сито з сіткою №01К, 25К за ГОСТ 6613-86, %, не більше	7	15	25	-	-	-
Магнітні включення розміром більше 0,25 мм	Відсутність	-	-	-	-	-

Основними методами контролю якості кальцинованої соди є:

1. Візуальна інспекція: візуальний огляд продукту дозволяє виявити можливі дефекти, такі як нерівномірність кольору, наявність забруднень тощо.
2. Хімічний аналіз: за допомогою хімічних методів можна визначити вміст основних складових кальцинованої соди, таких як кальцій та натрій. Крім того, хімічний аналіз дозволяє виявити можливі домішки та забруднення.
3. Фізичні властивості: до фізичних властивостей кальцинованої соди належать її розмір та форма частинок, щільність, твердість та розчинність. Ці параметри можна виміряти за допомогою спеціального обладнання.
4. Термічний аналіз: дослідження термічної поведінки кальцинованої соди дозволяє виявити можливі забруднення та домішки, а також дати інформацію про ступінь її чистоти та рівень вологи.
5. Спектроскопія: за допомогою спектроскопії можна визначити склад кальцинованої соди та виявити наявність домішок та забруднень.
6. Випробування на відповідність стандартам: кальцинована сода повинна відповідати певним стандартам якості, встановленим урядовими органами та іншими регулюючими організаціями. Випробування на відповідність цим стандартам дозволяє перевірити якість продукту та його відповідність встановленим вимогам.
7. Випробування на стабільність: кальцинована сода може бути чутливою до змін в умовах зберігання та транспортування, таких як волога та температурні коливання. Випробування на стабільність дозволяє перевірити, наскільки продукт здатний зберігати свої властивості протягом тривалого періоду часу.
8. Мікроскопія: дослідження кальцинованої соди за допомогою мікроскопа дозволяє визначити розмір та форму її частинок, що є важливими параметрами для деяких застосувань.
9. Випробування на розчинність: кальцинована сода використовується у виробництві різних продуктів, і важливо, щоб вона мала

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

задану розчинність. Випробування на розчинність дозволяє перевірити, наскільки продукт здатний розчинятися у воді та інших розчинниках.

10. Випробування на стійкість до окислення: кальцинована сода може бути чутливою до окислення, що може привести до зменшення її ефективності та якості. Випробування на стійкість до окислення дозволяє перевірити, наскільки продукт здатний зберігати свої властивості в умовах окислювання.

У кожного виробника можуть бути свої власні методи контролю якості кальцинованої соди, але перераховані вище методи є основними та загальноприйнятими. Контроль якості є важливим етапом виробництва кальцинованої соди, що дозволяє забезпечити високу якість продукту.

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

Ці вимоги безпеки мають бути відповідно враховані в системі управління безпекою на виробництві.

Охорона праці заснована на принципах пріоритету життя і здоров'я працівників, відповідальності роботодавця за створення безпечних і здорових умов праці.

Правила охорони праці в содовій промисловості вживаються відповідно до Законів України «Про охорону праці», «Про пожежну безпеку»,

«Про об'єкти підвищеної небезпеки».[12]

У содовому виробництві в апаратах і трубопроводах присутні різні шкідливі гази (аміак – NH₃, оксид вуглецю (II) – CO, оксид вуглецю (IV) – CO₂, сірководень – H₂S, оксид сірки (IV) – SO₂); багато газів працюють при підвищених тиску і температурі; є значна кількість рухомих і обертових механізмів і апаратів, підйомних і транспортних пристроїв, електродвигунів тощо.[12]

При порушеннях технологічного режиму і виробничих неполадках можливе забруднення повітря отруйними газами і шкідливим пилом, також є ризик вибухів і пожеж. При попаданні на незахищені шкіряні покриви вапняногомолока, гарячих аміачних розчинів та інших рідин з'являються опіки. При необережному і невмілому користуванні механізмів і електроустановок можливий травматизм. Тому необхідне суворе дотримання норм технологічного режиму, систематичне підвищення виробничої кваліфікації робітників і безпечневедення процесів. Всі процеси в содовому виробництві, що протікають з виділенням отруйних газів і парів, проводяться в закритій апаратурі. У приміщеннях передбачена вентиляція,

					ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.071.КР.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Ткалич Є.М..			ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Бойчук Т.М.					71	
<i>Н. Контр.</i>		Подобій О.В.				НУХТ Каф. ТЖХТ		
<i>Затверд.</i>		Носенко Т.Т.						

такі як припливно-витяжної системи[13].

Для того щоб в виробничих приміщеннях не було високих концентрацій токсичних речовин, необхідно[13]:

- не розливати аміачні рідини зі збірників і апаратів;
- суворо дотримуватися встановленого регламентом режиму тиску і температур;
- ретельно промивати водою апарати перед зупинкою їх на ремонт;
- своєчасно запобігати і усувати течі з апаратів, трубопроводів і насосів.

На підприємствах, де роботи пов'язані з виділенням в отруйних дозах шкідливих газів, організовують газорятувальні станції або пункти, від яких вимагається [13]:

- розробка і впровадження заходів щодо запобігання вибухів і отруєнь;
- ✓ проведення рятувальних робіт при аваріях;
- ✓ виконання ремонтних та інших робіт в атмосфері, що забруднена отруйними парами, газом і пилом;
- ✓ систематичний контроль за вмістом в повітрі цехів отруйних та вибухонебезпечних газів, парів і пилу;
- ✓ навчання робітників і адміністративно-технічного персоналу газозахисній і газорятувальній справі;
- ✓ контроль за станом індивідуальних засобів захисту.

Аміачний спосіб виробництва соди – це основний спосіб отримання соди, що володіє низкою великих переваг [3]:

1. Необхідна для здійснення способу сировина – кухонна сіль і кальцію карбонат – є недорогою, доступною, поширеною і легко видобувається.
2. Основні реакції процесу здійснюються за невисоких температур (до 100 °C) і близьких до атмосферного тисків.

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

3. Гарна вивченість способу, злагодженість і стійкість технологічних процесів.

4. Висока якість вихідного продукту.

5. Порівняно низька собівартість кальцинованої соди.

В аміачного способу є і свої істотні недоліки, головними з яких є [3] :

1. Низький ступінь використання вихідної сировини (натрій використовується всього приблизно на 70 %, а хлор і кальцій не використовуються зовсім).

2. Великі кількості рідких і твердих відходів, які потребують утилізації, скидання або тривалого зберігання.

3. Значна витрата енергетичних ресурсів.

4. Великі питомі інвестиції, необхідні для створення содового виробництва.

Недоліки аміачного способу отримання соди стають все істотніше через посилення вимог до комплексного використання природної сировини і до охорони навколишнього середовища від забруднень. У технології виробництва кальцинованої соди, окрім проблем екології, великі капітальні витрати на обладнання. Висока матеріаломісткість обладнання в теперішній час стримує подальші темпи інтенсифікації виробництва кальцинованої соди [14].

Для регенерації конденсатів содового виробництва в установках десорбції традиційно використовуються сітчасті тарілки які швидко виходять з ладу і вимагають зупинки апаратури для очищення, або використовуються ковпачкові тарілки, що мають значний гідравлічний опір. Перспективніше використання в десорберах опорних ґрат із зваженою насадкою. Її використання і забезпечення роботи апарату в пінному режимі дозволить інтенсифікувати процес, значно понизить капітальні витрати і підвищить термін безперервної роботи установок дистиляції. Модернізовані установки десорбції для дистиляції конденсатів содового виробництва повинні володіти високою продуктивністю, низьким гідравлічним опором,

а контактні пристрої повинні забезпечувати стійку роботу в забруднених середовищах [15].

Модернізація аміачного способу виробництва соди проведена в Японії і відома як новий спосіб Асахі. Цей спосіб дозволяє економити енергію протягом всього процесу і знизити витрату сировини, забезпечуючи можливість спільного виробництва амонію хлориду і соди в разі необхідності та за наявності аміачної установки. Також співвідношення содопродуктів можна регулювати в залежності від потреби. Ефект досягається і за рахунок застосування нової карбонізаційної установки, яка відрізняється збільшенням пробігу між промиваннями і меншою поверхнею охолодження, а також наявністю пульсуючої центрифуги для відділення натрію гідрокарбонату [3].

Перспективним напрямом у вирішенні екологічних проблем содового виробництва є використання дистилерної рідини для виробництва інших видів продукції, які мають значний попит.

У якості такого товарного продукту пропонується одержання хімічно осадженого карбонату кальцію, який широко застосовується як наповнювач у виробництві пластмас, паперу, гуми, лаків та фарб, медичних препаратів і косметичних засобів. Вихідною сировиною пропонується використовувати освітлену дистилерну рідину виробництва кальцинованої соди, яка містить іони кальцію, та надлишкові маточні розчини виробництва очищеного гідрокарбонату натрію, до складу яких входять карбонатні та бікарбонатні іони.

Однак, відповідно до цього способу можливо одержати не більш 5 тис. тонн продукту на рік, що недостатньо для потреб внутрішнього ринку України. Обсяги виробництва CaCO_3 обмежуються фактичною кількістю відходів, що утворюються у виробництві очищеного бікарбонату натрію.

Для збільшення продуктивності технології замість маточних розчинів пропонується використання як осаджувача розчину кальцинованої соди з масовою часткою 15% (173 г/дм³). Цей вибір можна пояснити розчинністю

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Na₂CO₃ у воді та необхідністю використання розчину з максимальною можливою концентрацією, який буде стабільним при температурі навколишнього середовища.

Цей спосіб утилізації дистилерної рідини дозволить отримати товарний продукт, який має значний попит, і може бути впровадженим на діючому підприємстві по виробництву кальцинованої соди. [16]

На таблиці 5.1 наведено вимоги до безпеки кальцинованої соди:

Таблиця 5.1

Ступінь токсичності	-
Основні властивості та види небезпеки	
Основні властивості	Гранули або порошок білого кольору, розчинний у воді
Вибухо- та пожежонебезпека	Не вибухає, не горюча
Небезпека для людини	Вдихання пилу може викликати подразнення дихальних шляхів, кон'юнктивіт. При тривалій роботі з розчинами можливі екземи; концентрований розчин при попаданні в очі може викликати опік, невроз, а в подальшому - помутніння рогівки. Їдкий при зволоженні.
Засоби індивідуального захисту	Респіратор типу ШБ-1 "Лепесток", ватно-марлева пов'язка, захисні окуляри, захисний костюм.

Необхідні дії в аварійних ситуаціях	
Загального характеру	Видалити сторонніх. У зону аварії входити в захисному костюмі. Потерпілим надати першу допомогу. Ізолювати небезпечну зону.
При витоку, розливі та розсипу	За розсипане речовині не ходити. Пошкоджені упаковки занурити у вагон та вивести на найближчу станцію. Прокидаюся продукт зібрати в ємність та вивести разом з пошкодженими упаковками.
При пожежі	Одягти повну захисний одяг, ізолювати небезпечну зону в радіусі 200 метрів. Прибрати вантаж з зони пожежі, якщо це не становить небезпеку. Гасити вогонь з максимально можливого відстані тонкорозпиленою водою або повітряно-механічною піною.
Заходи першої допомоги	Свіже повітря, спокій, чистий одяг, видалення речовини тампоном, промивка рясної струменем води ділянок тіла, що стикалися з речовиною, слизових оболонок очей, носа. В очі - 30% розчин альбуциду, тетрациклінової мазь, на шкіру - пов'язки з синтомициновою емульсією. При попаданні всередину промити шлунок через зонд водою (10-12 л).

ВИСНОВКИ

1. Проведено літературний пошук даних стосовно хімії та технології виробництва кальцинованої соди – E500. Проаналізовано фізико-хімічні властивості кальцинованої соди, вплив харчової соди на організм людини, сировинну базу та галузі застосування.

2. Переглянули існуючі види виробництв соди, та обрали найоптимальніший з точки зору простоти та масовості виробництва.

3. Запропоновано принципову технологічну схему виробництва кальцинованої соди аміачним способом.

4. Розроблено метод удосконалення виробництва шляхом збільшення екологічності виробництва. Дистилерна суспензія з колони регенерації направлена на мембранний фільтр-прес для подальшого використання суміші у інших галузях.

5. Виконаний підбір основного обладнання та розроблено апартурно-технологічну схему виробництва кальцинованої соди аміачним способом. Наведено конструктивний обрахунок барабанного вакуум-фільтра. Основні технічні характеристики барабанного вакуум фільтра: площа поверхні фільтрування 1 м², частота обертання барабана, об/хв 0,768. Тривалість сушіння 26,8 с.

6. Складено економічне обґрунтування підприємства. Собівартість 1000 кг соди без урахування апаратури 90670 грн.

7. Розраховано матеріальний баланс виробництва кальцинованої соди аміачним способом. З'ясовано, що для виготовлення 1000 кг соди потрібно 1885,6 кг CaCO₃, 1093 кг NaCl та 320 кг NaCl.

8. Наведено організацію контролю якості кальцинованої соди. Наведені основні рамки якості соди ГОСТ 5100-85.

9. Розглянуто охорону праці на підприємстві та екологічну частину, розглянуто методи зменшення екологічного забруднення.

					ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.077.КР.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Ткалич Є.М.			ВИСНОВКИ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Бойчук Т.М.					77	
<i>Н. Контр.</i>		Подобій О.В.				НУХТ Каф. ТЖХТ		
<i>Затверд.</i>		Носенко Т.Т.						

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Загальна хімічна технологія / В. Яворський та ін. Львів : Львів. політехніка, 2004. 552 с. [1, с. 401]
2. Є.О. Михайлова «Спосіб утилізації рідинних відходів виробництва кальцинованої соди» - УДК 661.842.662:661.321, 2013р.-1-8 с.
3. Практичний посібник з підготовки техніко-економічного обґрунтування та застосування методики проведення аналізу ефективності здійснення державно-правовому партнерстві. 2013.-127 с.
4. Макаренко О. Загальна хімічна технологія : Курс лекцій для студ. Напряму 6.051301 «Хімічна технологія» ден. форми навч. К.: НУХТ, 2013. 232 с. [1, с. 159]
5. Крашенніков С.А. Технологія кальцинованої соди і очищеного бікарбонату натрію: Навч. Посібник – М.: Вища школа, 1985 – 8 с.
6. Гринь Г.І. Отримання кальцинованої соди аміачним способом та методи утилізації рідких відходів виробництва. : УДК 661.333:502.174 / Гринцова А.В., Ларіна І.В., Кобзев О.В., Авіна С.І. – Харків: Видавництво Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2018р. – 126-128 с.
7. Rant Z. Die Erzeugung von Soda nach dem Solvay Verfahren [Text] / Z. Rant. – Sarajevo : Forschungsinstitut fur Bergbau und Chemische Technologie Tuzla, 1968. – 543 s [1, с. 350]
8. Основні процеси і апарати у виробництві кальцинованої соди. URL: <https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2021/02/Lecture-4.pdf> (дата звернення: 12.05.2023).

					ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.078.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ткалич Є.М..			СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Бойчук Т.М..					78	
Н. Контр.		Подобій О.В.			НУХТ Каф. ТЖХТ			
Затверд.		Носенко Т.Т.						

9. Mechanisms of Introduction Into the Environment[електронний ресурс]. James G. Speight, in Reaction Mechanisms in Environmental Engineering, 2018 Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/emulsion>. (дата звернення: 10.05.2023).

10. MEMBRANE TECHNIQUES | Liquid Membranes[електронний ресурс]. S.D. Kolev, in Encyclopedia of Analytical Science (Second Edition), 2005. Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B0123693977003691> (дата звернення: 17.05.2023).

11. Іванченко Л.В. Технологія соди та лугів : навчальний посібник / Л.В. Кожухар, В.В. Брем, І.В. Шаповал. Одеса: державний університет «Одеська політехніка», 2021

12. НПАОП 24.0-1.01-08. Правила охорони праці в содовій промисловості. Київ : Держгірпромнагляд України, 2008.

13. Михайлова Є. Охорона праці та безпека життєдіяльності. Харків, 2017.

14. Мухленов І. Абсорбція та пиловловлення у виробництві мінеральних добрив. 1987. 208 с.

15. Товажнянський Л. Інтенсивні апарати із стабілізованим шаром піни для очищення газів, що відходять. Харків. 2003. 228 с.

16. Спосіб утилізації рідинних відходів виробництва кальцинованої соди /Є. Михайлова, Н. Маркова, І. Багорова, Ю. Гавриш, В. Панасенко // Хімія та технологія виробництв основної хімічної промисловості. 2013. Т. 77. С. 76-81.

17. Буринська Н. Основи хімічної технології. Київ : Освіта, 1998. 286 с. [1, с. 15]

18. Бобух А. О., Дзевочко О. М., Подустов М. О. АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ГАЛУЗИ на прикладі виробництва кальцинованої соди за аміачним способом. Харків : Підруч. НТУ «ХП», 2015. 88 с. [1, с. 9]

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

19. ОТРИМАННЯ КАЛЬЦИНОВАНОЇ СОДИ АМІАЧНИМ СПОСОБОМ ТА МЕТОДИ УТИЛІЗАЦІЇ РІДКИХ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА / І. Ларіна та ін. «Молодий вчений». 2018. Т. 10, № 62. С. 126.

20. Гончаров Подобій О.В. Хімія та технологія харчових добавок [Електронний ресурс]: конспект лекцій для здобувачів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» освітньо-професійної програми «Хімічна технологія», денної та заочної форм навчання / О.В.Подобій. К.: НУХТ,2019. 131с. (дата звернення: 25.05.2023).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	80