

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля

Факультет

Інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра

Хімічної інженерії та екології

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

освітнього ступеня

бакалавр

(бакалавр, магістр)

спеціальності

161 Хімічні технології та інженерія

(шифр і назва спеціальності)

на тему Виробництво кальцинованої соди потужністю 620 тис. т/рік з розробкою стадії кальцинації технічного гідрокарбонату натрію

Виконав: здобувач вищої освіти групи

ХТ-17з

Макаренко М. О.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Керівник **Ожередова М.А.**

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Завідувач кафедру Суворін О. В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент **Римар Т. Е.**

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Севєродонецьк – 2021 р.

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

імені Володимира Даля

Факультет _____ Інженерії _____

Кафедра _____ Хімічної інженерії та екології _____

Освітній ступінь _____ бакалавр _____
(бакалавр, магістр)

Спеціальність _____ 161 Хімічні технології та інженерія _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою ХІЕ

_____ О. В. Суворін

« _____ » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Макаренко Марині Олександрівні

1. Тема проекту:

Виробництво кальцинованої соди потужністю 620 тис. т/рік з розробкою стадії кальцинації технічного гідрокарбонату натрію

Керівник проекту _____ Ожередова Марина Анатоліївна, к.т.н., доцент _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від 18.03.2021 р. № 54/15.25

2. Строк подання студентом проекту – 01 червня 2021 р.

3. Вихідні дані до проекту: літературні, патентні та регламентні дані.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ. 1. Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва. 2. Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції. 3. Опис технологічної схеми. 4. Матеріальні і теплові баланси. 5. Вибір і розрахунок основного апарату. 6. Вибір допоміжного обладнання. 7. Контроль роботи, норми і правила обслуговування основного апарату. 8. Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища. 9. Охорона праці. Висновки. Анотація. Список використаної літератури. Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Технологічна схема виробництва (1 аркуш).
2. Креслення карбонізаційної колони (1 аркуш).
3. Таблиця матеріального балансу (1 аркуш).

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-9	Ожередова М.А., доцент кафедри ХІЕ		
з нормоконтролю	Ожередова М.А., доцент кафедри ХІЕ		

7. Дата видачі завдання – 18 березня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ	27.03.2021	
2	Стислий аналітичний огляд з обґрунтуванням методу виробництва	27.03.2021	
3	Характеристика сировини, напівфабрикатів, готової продукції	03.04.2021	
4	Опис технологічної схеми	10.04.2021	
5	Матеріальні і теплові баланси	17.04.2021	
6	Вибір і розрахунок основного апарату	24.04.2021	
7	Вибір допоміжного обладнання	08.05.2021	
8	Контроль роботи, норми та правила обслуговування основного апарату	15.05.2021	
9	Ресурсозбереження і охорона навколишнього середовища	15.05.2021	
10	Охорона праці	22.05.2021	
11	Висновки. Анотація. Список використаної літератури	22.05.2021	

12	Креслення технологічної схеми	29.05.2021	
13	Креслення карбонізаційної колони	29.05.2021	
14	Таблиця матеріального балансу	29.05.2021	

Здобувач вищої освіти

_____ М. О. Макаренко

Керівник проекту

_____ М. А. Ожередова

ВСТУП

Кальцинована сода – один з найбільш затребуваних великотоннажних продуктів основної хімії, що має велике значення для хімічної промисловості та інших галузей народного господарства.

У найбільших кількостях кальцинована сода застосовується в якості компоненту шихти при виробництві скла: кришталю, оптичного, медичного та електровакуумного скла, склоблоків, піноскла, силікату натрію розчинного.

Кальцинована сода знаходить широке використання в чорній і кольоровій металургії: для виробництва свинцю, цинку, вольфраму, стронцію, хрому, для десульфурізації і дефосфації чавуну; в нафтохімічній і нафтопереробній промисловості при виробництві синтетичних жирних кислот; при збагаченні уранових руд.

В легкій промисловості кальцинована сода застосовується для біління і фарбування тканини, мерсеризації бавовни, одержання штучного шовку, нітроцелюлози. В шкіряній і взуттєвій промисловості, при переробці хутра сода використовується для лужної обробки матеріалів. У харчовій промисловості кальцинована сода використовується в якості емульгатора. Значна кількість кальцинованої соди споживається целюлозно-паперовою промисловістю (при

проклеюванні паперу, у виробництві пергаменту, дубителів і головним чином при сульфатній варці целюлози).

У хімічній промисловості сода використовується для одержання каустичної та харчової соди, натрієвих солей (натрієвої селітри, фосфату, фториду та бісульфату натрію, кріоліту), барвників і ін. органічних речовин [1].

До кінця XVIII ст. користувалися тільки природною содою. В природі сода зустрічається в твердому вигляді в невеликих покладах, у вигляді розчину – у воді деяких содових озер і лужних мінеральних джерел.

В 1792 р. французьким лікарем і хіміком Лебланом був здійснений перший спосіб одержання синтетичної соди. Сутність способу полягала в

спіканні сульфату натрію, вапняку (крейди) і вугілля при високій температурі в печах. Отриманий спек оброблювали водою (вилуговували). В результаті вилуговування отримували розчин соди. Його випарювали та виділяли кристали соди. Після їх прожарювання отримували готовий продукт. За цим способом отримували кальциновану соду, що мала високу вартість і низьку якість, крім того, було громіздке апаратне оформлення процесу. Ці недоліки обумовили пошуки більш економічного способу одержання соди.

В 1865 р. у способу Леблана з'явився конкурент – аміачний спосіб. Ідея виникнення содового способу виникла ще в 1811 р., але тільки в 1865 р. бельгійському інженеру Сольве вдалося здійснити його в промислових масштабах (10 т/добу). Схема та апаратура були настільки продумані й досконалі, що в принципі вони залишилися майже незмінними до сьогоднішнього часу. За способом Сольве кальциновану соду отримують з кухонної солі, розчин якої насичують аміаком і вуглекислим газом з наступним прожарюванням гідрокарбонату натрію, що випадає в осад. За рахунок використання дешевої сировини – розсолу, економічної витрати палива і механізації виробничих процесів можна отримувати дешеву і високої якості соду. Монополія аміачного способу одержання кальцинованої соди триває до сьогодні – 75% продукції отримується за технологією фірми «Сольвей» (Бельгія) [2].

Широкі коло споживачів кальцинованої соди, наявність потужних сировинних джерел і розвиненого технічного потенціалу сприяють проведенню реконструкції та технічному переоснащенню існуючих виробництв, удосконаленню технології виробництва, застосуванню прогресивних форм організації виробництва, нарощуванню виробничих потужностей.

Завданням дипломного проекту є проектування виробництва кальцинованої соди аміачним способом потужністю 620 тис. т/рік та розробка стадії кальцинації технічного гідрокарбонату натрію.

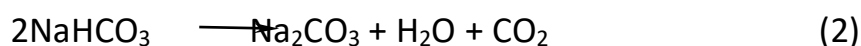
1 СТИСЛИЙ АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД З ОБҐРУНТУВАННЯМ МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА

1.1 Вибір та обґрунтування методу виробництва

Виробництво соди за сучасних умов базується на чотирьох способах одержання.

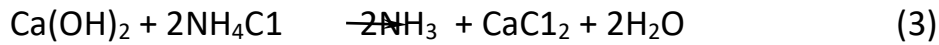
1) Аміачний спосіб виробництва.

Основні хімічні реакції процесу одержання кальцинованої соди за аміачним способом можуть бути виражені наступними сумарними рівняннями



Для здійснення реакції (1) розчин хлористого натрію (розсіл) насичують аміаком і діоксидом вуглецю при порівняно низьких температурах, що забезпечує протікання реакції в потрібному напрямку, тобто зліва направо. Утворений в результаті цієї реакції гідрокарбонат натрію, випадає з розчину в вигляді кристалічного осаду, після чого відфільтровується і підлягає прожарюванню (кальцинації) згідно реакції (2) для одержання карбонату натрію – кальцинованої соди.

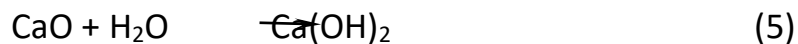
Після відділення осаду гідрокарбонату натрію аміак, необхідний для протікання реакції (1), регенерується з маточного розчину, що містить хлористий амоній, відповідно до реакції



Джерелом CO₂ і гідроксиду кальцію для реакцій (1) і (3) є продукти випалу карбонату кальцію за реакцією



і наступного гасіння утвореного при цьому вапна:



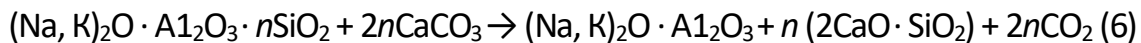
Крім того, в виробничий цикл для проведення реакції (1) повертається вуглекислий газ, що виділяється в результаті реакції (2).

Переваги аміачного способу: використання недорогої доступної сировини; здійснення основних реакцій процесу при невисоких температурах і близькому до атмосферного тиску; висока якість кальцинованої соди.

Недоліки аміачного способу: утворення значної кількості твердих і рідких відходів; велика витрата енергоресурсів [3].

2) Комплексна переробка нефелінової сировини дозволяє одержувати одночасно глинозем, цемент, поташ та кальциновану соду.

Нефелінову руду при 1300°C прожарюють в суміші з карбонатом кальцію:



Отриманий спек вилуговують, алюмінати натрію і калію переходять у розчин, а двокальцієвий силікат залишається в шламі, що застосовують для одержання цементу. Розчин алюмінатів розкладають діоксидом вуглецю:



$\text{Al}(\text{OH})_3$, що випадає в осад, відділяють від розчину, промивають і прожарюють при температурі близько 1000°C . При цьому отримують глинозем Al_2O_3 . Маточний розчин після відділення осадженого $\text{Al}(\text{OH})_3$ частково повертають у цикл для вилуговування спека, а надлишок виводять із системи для одержання соди і поташу.

Сода, яка одержана з нефелінової сировини, відрізняється від аміачної високою насипною щільністю, але вона містить домішку – сульфат калію, що негативно впливає на якість продукту [4].

3) Карбонізація гідроксиду натрію, що отриманий електрохімічним способом разом хлором, як промисловий спосіб виробництва кальцинованої соди одержала деякий розвиток у 60-70 р.р. ХХ століття, коли попит на кальциновану соду був високим, а гідроксиду натрію був у надлишку. Але пізніше ситуація змінилася і каустична сода вже не була надлишковим продуктом, перероблювати її на соду стало не вигідним.

4) Одержання кальцинованої соди з природної содовмісної сировини – порівняно нова галузь содової промисловості, яка стає одним з головних конкурентів аміачного способу. Основною содовмісною сировиною є поклади трони $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Кальциновану соду із трони одержують основними способами – сесквікарбонатним і моногідратним.

За першим способом подрібнену руду розчиняють з отриманням насиченого розчину, який після освітлення, фільтрації, очистки від органічних домішок випарюють і потім охолоджують. Кристали сесквікарбонату, що випали, відділяють і кальцинують при 200°C .

За другим способом руду кальцинують, одержану сиру соду розчиняють, розчин освітлюють, фільтрують, оброблюють активованим вугіллям з метою очистки від органічних домішок і випарюють при температурі нижче точки переходу моногідрату карбонату натрію в безводну соду. Отримані кристали моногідрату карбонату натрію відділяють і дегідратують при температурі 150°C з одержанням важкої соди.

Одержувати кальциновану соду із природної соди набагато вигідніше, ніж іншими традиційними способами. Цей спосіб є більше «чистим» в екологічному відношенні [5].

Розглянувши існуючі способи одержання кальцинованої соди та порівнявши їх недоліки і переваги, враховуючи наявність сировинних джерел, в дипломному проекті вибирається аміачний спосіб виробництва кальцинованої соди, оскільки наявність потужної сировинної бази в Україні (родовища високоякісної карбонатної сировини і кам'яної солі, ропи солених озер) дає можливість отримувати продукт високої якості $99,4\% \text{ мас. Na}_2\text{CO}_3$.

Стадії виробництва кальцинованої соди аміачним способом:

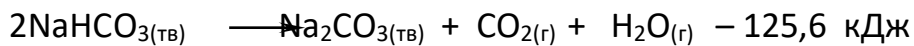
1. Очистка сирого розсолу від домішок, які в ньому містяться.
2. Випал крейди для отримання вуглекислого газу і вапна. Вуглекислий газ очищають від пилу, вапно гаситься водою до утворення вапняного молока.
3. Приготування амонізованого розсолу. На цій стадії вловлюється аміак, виділений на різних стадіях виробничого процесу (при карбонізації та фільтрації).
4. Карбонізація амонізованого розсолу вуглекислим газом з утворенням малорозчинного гідрокарбонату натрію.
5. Фільтрація, що здійснюється для відділення осаду гідрокарбонату натрію від маточного розчину, який містить хлористий амоній і натрій, вуглеамонійні солі.
6. Регенерація аміаку з фільтрової рідини, одержуваної при фільтрації гідрокарбонату натрію.
7. Кальцинація гідрокарбонату натрію з утворенням кінцевого продукту – кальцинованої соди і вуглекислого газу, який повертається у виробничий цикл [2].

1.2 Фізико-хімічні основи процесу кальцинації технічного гідрокарбонату натрію

Кальцинація – термічне розкладання гідрокарбонату натрію – є заключною стадією в виробництві кальцинованої соди.

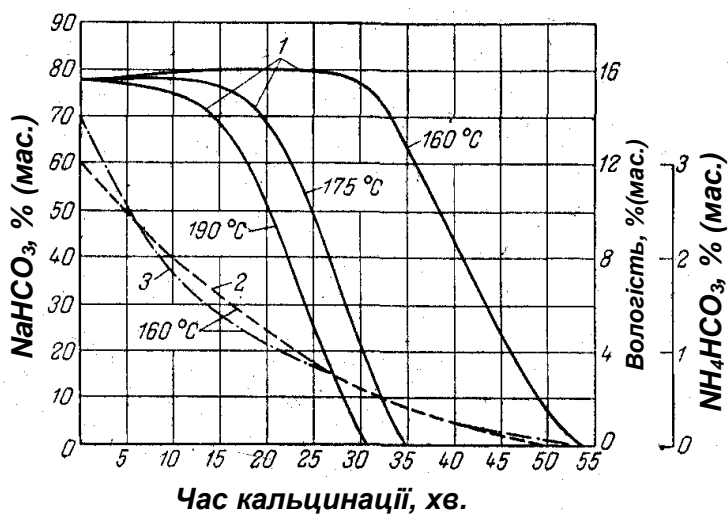
Відфільтрований і відмитий вологий гідрокарбонат натрію поступає на кальцинацію, в процесі його розкладання утворюється кальцинована сода, діоксид вуглецю і вода.

Сухий гідрокарбонат натрію при нагріванні розкладається за реакцією



Розкладання протікає при температурі 120°C. За правилом фаз ця система має один ступінь свободи, і, отже, рівноважний тиск парової фази залежить тільки від температури. З підвищенням температури рівновага зрушується праворуч і швидкість реакції збільшується.

Характер протікання процесу кальцинації (його кінетика і ступінь розкладання компонентів технічного гідрокарбонату) при різних температурах показаний на рис. 1.1.



1 – розкладання NaHCO_3 ; 2 – розкладання NH_4HCO_3 ; 3 – випаровування води

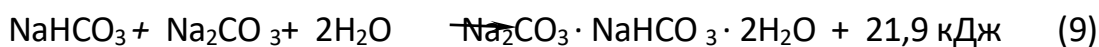
Рисунок 1.1 – Швидкість розкладання NaHCO_3 , NH_4HCO_3 і випаровування води при різних температурах кальцинації

З рисунка видно, що протягом перших 10-15 хв. в процесі кальцинації відбувається в основному випаровування вологи, що міститься в гідрокарбонаті, і розкладання NH_4HCO_3 . Інтенсивне розкладання гідрокарбонату натрію при 160°C починається лише через 30-35 хв., коли вміст NH_4HCO_3 і вологи знижується відповідно до 0,5 і 2% (мас.).

В практичних умовах процес терморозкладання гідрокарбонату натрію ускладнюється наявністю домішок і великої кількості вологи.

Наявність вологи в гідрокарбонаті ускладнює апаратне оформлення, оскільки вологий гідрокарбонат натрію утворює грудочки і налипає на стінки апаратів. Останнє пояснюється тим, що волога, яка представляє собою насичений розчин NaHCO_3 , при контакті з гарячою поверхнею інтенсивно випаровується. Тверда фаза, що виділяється, кристалізується, утворює щільну кірку, котра прилипає до поверхні.

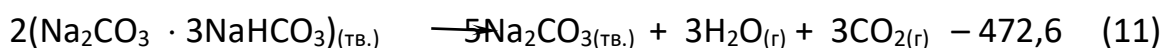
Твердий шар соди, що має низьку теплопровідність, погіршує теплопередачу. Для боротьби з цим явищем вологий гідрокарбонат змішується з гарячою содою (ретуром). При цьому утворюється нова тверда фаза – трона $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Вільна волога зв'язується в кристалізаційну і продукт стає сипучим:



Трона при нагріванні при температурі 111°C втрачає кристалізаційну воду



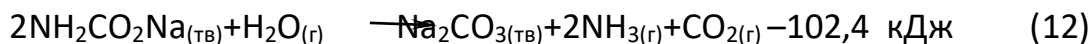
а потім при температурі 127°C відбувається розкладання подвійної солі:



Остання реакція є найбільш повільною, лімітуючою процес кальцинації в цілому.

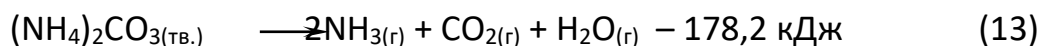
Крім вологи технічний гідрокарбонат натрію в великих кількостях містить карбамат натрію, який кристалізується разом з гідрокарбонатом натрію, а також карбонат і хлорид амонію.

Карбамат легко руйнується у присутності водяної пари:

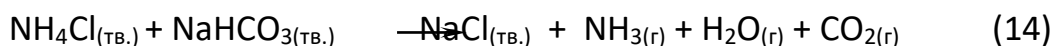


При цьому виділяється приблизно половина загальної кількості аміаку, інша частина аміаку виділяється в процесі розкладання гідрокарбонату натрію, що перетворюється в трону.

Карбонат амонію легко розкладається за реакцією



Хлорид амонію реагує з гідрокарбонатом натрію:



Таким чином, процес кальцинації полягає головним чином в утворенні соди з трони і гідрокарбонату натрію. При цьому співвідношення кількості трони і гідрокарбонату натрію в суміші, що поступає на кальцинацію, визначається вологістю гідрокарбонату натрію і якістю змішування [3].

2 ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, НАПІВФАБРИКАТІВ, ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Сировиною в виробництві кальцинованої соди за аміачним способом є хлористий натрій в вигляді розсолу та крейда; крім того, для одержання соди використовуються допоміжні матеріали – паливо, аміак, вода, водяна пара.

Показники якості крейди, використовуваної для одержання кальцинованої соди, повинні відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-109 (табл. 2.1) [6].

Таблиця 2.1 – ДСТУ Б В.2.7-109-2001. Породи карбонатні для виробництва вапна. Технічні умови

Найменування показників	Класи карбонатних порід						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Вуглекислий кальцій (CaCO ₃), %мас., не менше	92	86	77	72	52	47	72
Вуглекислий магній (MgCO ₃), %мас., не менше	5	6	20	20	45	45	8
Глинисті домішки (SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃), %мас., не більше	3	8	3	8	3	8	20

Сирий розсіл, що надходить на стадію очистки розсолу виробництва кальцинованої соди, має наступний склад [2]:

вміст NaCl, г/л, не менше	310
вміст Ca ²⁺ і Mg ²⁺ , г/л, не більше	0,005
вміст SO ₄ ²⁻ , г/л, не більше	6
вміст NaOH, г/л	0,05-0,10
вміст Na ₂ CO ₃ , г/л	0,38-0,42
загальна лужність, г/л, не більше	0,40
прозорість за хрестом і точками, мм стовпа рідини, не менше	1200

В якості палива для випалу крейди використовується кокс, показники якості якого наведені в табл. 2.2 [7].

Таблиця 2.2 – ГОСТ 3340-88. Кокс литейный каменноугольный. Технические условия

Найменування показника	Норма для марки і класу					
	КЛ-1		КЛ-2		КЛ-2	
	60 мм і більше	40 мм і більше	60 мм і більше	40 мм і більше	60 мм і більше	40 мм і більше
Масова частка загальної сірки, %, не більше	0,6		1,0		1,4	
Зольність, %, не більше	12,0		11,0		11,5	
Масова частка загальної вологості в робочому стані палива, %, не більше	5,0		5,0		5,0	
Показник міцності, не менше	76	73	78	77	78	77
Масова частка кусків розміром менше нижньої межі, %, не більше	14(20)	6	14(20)	6	14(20)	6

в тому числі кусків менше 40 мм,%, не більше	5	–	5	–	5	–
--	---	---	---	---	---	---

Аміак не входить до складу готового продукту, а здійснює лише замкнутий цикл. Після стадії регенерації газоподібний аміак повертається знову у виробничий процес. Неминучі при цьому втрати компенсуються введенням синтетичної аміачної води. Синтетична аміачна вода повинна відповідати нормам ГОСТу 9-92 [1].

Для виробництва кальцинованої соди використовується аміачна вода марки «А», фізико-хімічні показники якої наведені в табл. 2.3 [8].

Таблиця 2.3 – ГОСТ 9-92. Аммиак водный технический. Технические требования

Найменування показника	Норма для марки «А»
Зовнішній вигляд	Прозора безбарвна рідина
Масова частка аміаку, %, не менше	25
Масова частка аміаку, %, в перерахунку на азот	Не нормується
Масова концентрація нелеткого залишку, г/дм ³ , не більше	0,07
Масова концентрація діоксиду вуглецю, г/дм ³ , не більше	Не нормується

Вода споживається для охолодження рідин і газів. Порівняно менше її витрачається на технологічні потреби, наприклад, приготування вапняного молока, розсолу і т.д. У содовому виробництві використовується оборотна вода, яку одержують охолодженням вже використаної нагрітої води в спеціальних установках-градирнях, бризкальних басейнах і ін. [3].

Кальцинована сода (карбонат натрію, вуглекислий натрій) представляє собою кристалічний порошок білого кольору. Хімічна формула – Na_2CO_3 . Молекулярна маса – 106 г/моль, питома вага – 2,53 г/см³. Насипна вага складає 0,5 кг/л. Добре розчиняється в воді, при цьому виділяється тепло і розчин нагрівається. Утворює з водою кристалогідрати: $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (моногідрат); $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (гептагідрат); $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (дека гідрат). Кристалогідрати вуглекислого натрію розчиняються в воді швидше, ніж Na_2CO_3 [10].

Сода кальцинована випускається відповідно до ГОСТу 5100-85 [9].

Таблиця 2.4 – ГОСТ 5100-85. Сода кальцинированная техническая. Технические условия

Найменування показника	Норма для марки та сорту					
	А			Б		
	Вищий	Перший	Другий	Вищий	Перший	Другий
Зовнішній вигляд	Гранули білого кольору			Порошок білого кольору		
1	2	3	4	5	6	7
Масова частка вуглекислого натрію,%, не менше	99,4	99,0	98,5	99,4	99,0	99,0
Масова частка вуглекислого натрію в перерахунку на непрожарений 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	-

Продовження табл. 2.4

1	2	3	4	5	6	7
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	-	-	-
Насипна щільність, г/см ³ , не менше	1,1	0,9	0,9	-	-	-
Магнітні включення розміром більше 0,25 мм	-	-	-	-	-	-

3 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

Опис технологічної схеми стадії кальцинації технічного гідрокарбонату натрію наведений нижче.

Відмитий на фільтрах вологий осад гідрокарбонату натрію надходить на скребковий конвеєр (поз. 46), що направляє його в паровий кальцинатор (поз. 47) для прожарювання, в який також поступає ретурна сода та сода, що відділяється від газів кальцинації в циклоні (поз. 48).

Підготовлена в змішувачі содогідрокарбонатна суміш (трона) направляється в міжтрубний простір парового кальцинатора (поз. 47). В результаті теплової обробки трони одержують кальциновану соду та газу кальцинації, що містять CO_2 , H_2O і NH_3 . Кальцинована сода виводиться з кальцинатора та за допомогою шнекових транспортерів (поз. 54) подається в елеватор (поз. 55), звідки системою транспорту подається на склад. Частина соди повертається в паровий кальцинатор в якості ретура. Конденсат, що утворюється в результаті конденсації пари в трубках кальцинатора, виводиться в збірник конденсату і далі в розширники, де перетворюється в пару низького тиску.

Газу кальцинації видаляються з кальцинатора через змішувач, проходять сухе очищення в циклоні (поз. 48), а потім мокре в колекторі (поз. 49), що зрошується слабкою рідиною. Ця рідина контактуючи з газом, поглинає частково аміак і содовий пил та стікає в циркуляційний резервуар (поз. 50), а газу направляються для охолодження в холодильник газу кальцинації (поз. 40). Із холодильника газу кальцинації газ поступає для остаточного очищення в промивач газу кальцинації (поз. 41) і сепаратор (поз. 43), потім надходить на компресію [3].

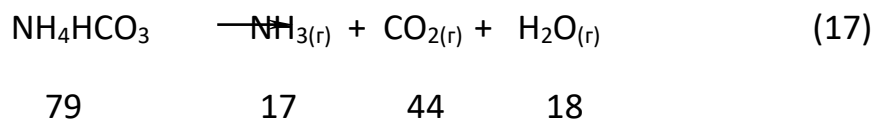
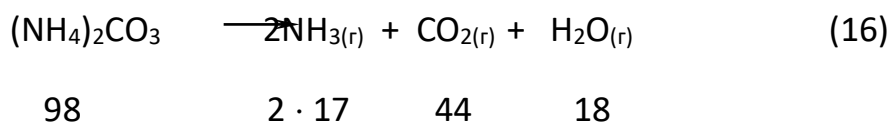
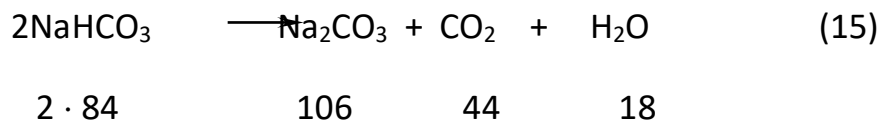
4 МАТЕРІАЛЬНІ І ТЕПЛОВІ БАЛАНСИ

4.1 Матеріальні розрахунки стадії кальцинації технічного гідрокарбонату натрію

В паровий кальцинатор зі стадії фільтрації поступає технічний гідрокарбонат натрію наступного складу [10]:

NaHCO ₃	1600 кг / т соди	79% мас.
(NH ₄) ₂ CO ₃	29,7 кг / т соди	1,5% мас.
NH ₄ HCO ₃	13,9 кг / т соди	0,7% мас.
NaCl	5,9 кг / т соди	0,3% мас.
H ₂ O	366,0 кг / т соди	18,5% мас.
<hr/>		
	2015,5 кг / т соди	100% мас.

При кальцинації технічного гідрокарбонату протікають наступні реакції:



Реакцією розкладання карбонату натрію при проведенні матеріальних і теплових розрахунків знехтуємо.

Склад готової технічної соди І-го сорту (ГОСТ 5100-85):

Na ₂ CO ₃	982 кг	98,2% мас.
NaHCO ₃	12 кг	1,2% мас.
NaCl	5 кг	0,5% мас.

Інші домішки	1 кг	0,1% мас.
	1000 кг	100%мас.

Витрачається NaHCO_3 на реакцію (15)

$$1600 - 12 = 1588 \text{ кг/ т соди.}$$

Кількість ретурної соди, що подається в паровий кальцинатор, дорівнює

$$\frac{18,5}{7,0} - 1 = 1,643 \quad \text{та} \quad 1,643 \cdot 1000 = 1643 \text{ кг,}$$

де 18,5 і 7,0 – вологість технічного гідрокарбонату натрію та вологість суміші, що надходить в паровий кальцинатор, % мас.

З 1643 кг ретурної соди надходить:

Na_2CO_3	$1643 \cdot 0,982 = 1613,4 \text{ кг;}$
NaHCO_3	$1643 \cdot 0,012 = 19,7 \text{ кг;}$
NaCl	$1643 \cdot 0,005 = 8,3 \text{ кг;}$
Домішок	$1643 \cdot 0,001 = 1,6 \text{ кг.}$
<hr/>	
Всього	1643 кг

За реакцією (15) утворюється:

– Na_2CO_3

$$\frac{1588 \cdot 106}{168} = 1002,1 \text{ кг;}$$

– CO_2

$$\frac{1588 \cdot 44}{168} = 416 \text{ кг;}$$

– H_2O

$$\frac{1588 \cdot 18}{168} = 286 \text{ кг/т соди.}$$

Витрачається $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ на реакцію (16) 29,7 кг / т соди.

За реакцією (16) утворюється:

– NH_3

$$\frac{29,7 \cdot 2 \cdot 17}{98} = 10,3 \text{ кг/т соди;}$$

– CO_2

$$\frac{29,7 \cdot 44}{98} = 13,3 \text{ кг/т соди;}$$

– H_2O

$$\frac{29,7 \cdot 18}{98} = 5,5 \text{ кг/т соди.}$$

Витрачається NH_4HCO_3 за реакцією (17) 13,9 кг / т соди.

За реакцією (17) утворюється:

– NH_3

$$\frac{13,9 \cdot 17}{79} = 2,99 \text{ кг/т соди;}$$

– CO_2

$$\frac{13,9 \cdot 44}{79} = 7,7 \text{ кг/т соди;}$$

– H_2O

$$\frac{13,9 \cdot 18}{79} = 3,17 \text{ кг/т соди.}$$

З газовою фазою уходить в холодильник газу содової печі:

Na_2CO_3 20 кг (інші втрати враховані раніше);

H_2O $366 + 286 + 5,5 + 3,17 = 660,7$ кг /т соди;

NH_3 $2,99 + 10,3 = 13,29$ кг /т соди;

CO_2 $7,7 + 13,3 + 416 = 437$ кг /т соди.

Отримані розрахункові данні зводимо до таблиці матеріального балансу стадії кальцинації технічного гідрокарбонату натрію.

Таблиця 4.1 – Матеріальний баланс стадії кальцинації технічного гідрокарбонату натрію

Компонент	Прихід, кг / т соди				Витрата, кг / т соди			
	з сирим NaHCO_3	з ретурною содою	утворилося за реакцію	всього	витрачається на реакцію	з готовим продуктом	з газами	всього
Na_2CO_3	–	1613,4	1002,1	2615,4	–	2595,4	20	2615,4
NaHCO_3	1600	19,7	–	1619,7	1588	31,7	–	1619,7
$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	29,7	–	–	29,7	29,7	–	–	29,7
NH_4HCO_3	13,9	–	–	13,9	13,9	–	–	13,9
NaCl	5,9	8,3	–	14,2	–	13,3	–	13,3
H_2O	366	–	294,7	660,7	–	–	660,7	660,7
CO_2	–	–	437,0	437,0	–	–	437,0	437,0
NH_3	–	–	13,29	13,29	–	–	13,29	13,29
домішки	–	1,6	–	1,6	–	2,6	–	2,6
Разом	2015,5	1643,0	1747,1	5405,6	1631,6	2643,0	1130,99	5405,6

Годинна потужність виробництва складає

$$\frac{620000}{358 \cdot 24} = 72,2 \text{ т/год} ,$$

де 620000 – задана потужність виробництва, т/рік;

358 – ефективний фонд роботи виробництва, доба.

Кількісні величини матеріального балансу стадії кальцинації технічного гідрокарбонату натрію на годинну потужність заносимо до таблиці матеріального балансу (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Матеріальний баланс стадії кальцинації технічного гідрокарбонату натрію на годинну потужність

Прихід	кг/ т соди	кг/годину	%мас.	Витрата	кг/т соди	кг/годину	%мас.
1. З гідрокарбонатом натрію:				1. З содою:			
NaHCO ₃	1600	66502,8	79,4	Na ₂ CO ₃	2595,4	107875,8	98,2
(NH ₄) ₂ CO ₃	29,7	1234,5	1,5	NaHCO ₃	31,7	1317,6	1,2
NH ₄ HCO ₃	13,9	577,7	0,7	NaCl	13,3	552,8	0,5
NaCl	5,9	245,2	0,3	домішки	2,6	108,1	0,1
H ₂ O	366,0	15212,5	18,2				
Разом:	2015,5	83772,7	100,0	Разом:	2643,0	109854,3	100,0
2. З ретурною содою:				2. З газом:			
NaHCO ₃	19,7	818,8	1,2	H ₂ O	660,7	27461,5	58,4
Na ₂ CO ₃	1613,4	67059,8	98,2	CO ₂	437	18163,6	38,6
NaCl	8,3	345,4	0,5	NH ₃	13,3	552,8	1,2
домішки	1,6	66,5	0,1	Na ₂ CO ₃	20	831,3	1,8
Разом:	1643,0	68290,5	100,0	Разом:	1131,0	47009,2	100,0
3. Утворилося при реакції				3. Витрачається на реакцію			
Na ₂ CO ₃	1002,1	41651,5	57,4	NaHCO ₃	1588	66004,0	97,3
H ₂ O	294,7	12249,0	16,9	(NH ₄) ₂ CO ₃	29,7	1234,5	1,8
CO ₂	437,0	18163,6	25,0	NH ₄ HCO ₃	13,9	577,7	0,9
NH ₃	13,3	53,2	0,1				

Разом:	1747,1	72616,5	100,0	Разом:	1631,6	67816,2	100,0
ВСЬОГО	5405,6	224679,7	100,0	ВСЬОГО	5405,6	224679,7	100,0

4.2 Теплові розрахунки стадії кальцинації технічного гідрокарбонату натрію

Вихідні дані [10]:

Температура гріючої пари	260°C
Температура вологого гідрокарбонату натрію	25°C
Температура ретурної соди	200°C
Температура газів кальцинації	170°C
Тепловміст гріючої пари при 260°C	2802 кДж/кг

Прихід тепла

1. З сирим гідрокарбонатом натрію:

$$Q_1 = 83772,7 \cdot 1,844 \cdot 25 = 3861921 \text{ кДж/годину,}$$

де 1,844 – теплоємність сирого гідрокарбонату натрію, кДж/(кг · °C).

2. З ретурною содою:

$$Q_2 = 68290,5 \cdot 1,131 \cdot 200 = 15447311 \text{ кДж/годину,}$$

де 1,131 – теплоємність соди, кДж/(кг · °C).

3. З гріючою парою:

$$Q_3 = x \cdot 2802 \text{ кДж/годину},$$

де x – кількість пари, що надходить у паровий кальцинатор, кг.

Загальний прихід тепла складає

$$Q_{\text{пр}} = 3861921 + 15447311 + 2802x = (19309233 + 2802x) \text{ кДж/годину}.$$

Витрата тепла

1. З готовою содою:

$$Q_1 = 109854,3 \cdot 1,131 \cdot 200 = 24849043 \text{ кДж/годину}.$$

2. З газами кальцинації:

– з вуглекислим газом

$$18163,6 \cdot 1,026 \cdot 170 = 3168095 \text{ кДж/годину},$$

де 1,026 – теплоємність вуглекислого газу при 170°C, кДж/(кг · °C);

– з аміаком

$$552,8 \cdot 2,179 \cdot 170 = 2047773,7 \text{ кДж/годину},$$

де 2,179 – теплоємність аміаку при 170°C, кДж/кг · °C;

– з водяною парою

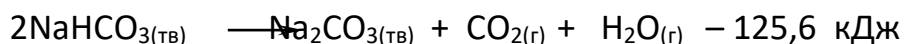
$$27461,5 \cdot 2034 = 55856691 \text{ кДж/годину,}$$

де 2034 – ентальпія пари при 170°C, кДж/кг.

Загальна витрата тепла з газами

$$Q_2 = 3168095 + 2047773,7 + 55856691 = 59229560 \text{ кДж/годину}$$

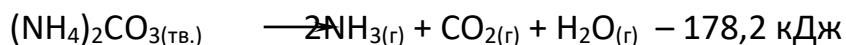
3. Тепло на реакції розкладання гідрокарбонату натрію



При утворенні 41651,5 кг Na_2CO_3 поглинається тепла

$$Q_3 = \frac{125,6 \cdot 41651,5 \cdot 1000}{106} = 49353098 \text{ кДж}$$

4. Тепло на реакцію розкладання карбонату амонію



$$Q_4 = \frac{178,2 \cdot 577,7 \cdot 1000}{79} = 1303116 \text{ кДж}$$

Всього на хімічні реакції витрачається

$$Q_5 = 49353098 + 1303116 = 50656214 \text{ кДж/годину.}$$

5. Тепло, що витрачається на випарювання гігроскопічної води:

$$Q_6 = 15212,5 \cdot 2756,4 = 41931735 \text{ кДж/годину,}$$

де 2756,4 – ентальпія водяної пари при 170°C, кДж/кг.

Витрата тепла складає

$$\begin{aligned} Q_{\text{витр.}} &= 24849043 + 59229560 + 50656214 + 41931735 = \\ &= 176666552 \text{ кДж/годину.} \end{aligned}$$

З урахуванням 10% втрат витрата складатиме

$$Q_{\text{витр.}} = 1,1 \cdot 176666552 = 194333207 \text{ кДж/годину.}$$

Дорівнюючи витрату і прихід тепла, знаходимо кількість пари, що надходить у паровий кальцинатор

$$19309233 + 2802x = 194333207, \text{ звідки } x = 62464 \text{ кг/годину.}$$

Результати розрахунків зводимо в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Тепловий баланс стадії кальцинації технічного гідрокарбонату натрію на годинну продуктивність

Стаття	Прихід тепла,	Стаття	Витрата тепла,
З сирим гідрокарбонатом натрію	3861921	З готовою содою	24849043
		З газами кальцинації	59229560
		На хімічні реакції	50656214
З ретурною содою	15447311	На випаровування гігроскопічної вологи	41931735
З гріючою парою	175023975	Втрати тепла	17666655
Разом:	194333207	Разом	194333207

5 ВИБІР І РОЗРАХУНОК ОСНОВНОГО АПАРАТУ

5.1 Опис конструкції та принцип дії парового кальцинатора

Для здійснення процесу кальцинації технічного гідрокарбонату натрію застосовується паровий кальцинатор з двовальним змішувачем продуктивністю 600 т/добу. Паровий кальцинатор представляє собою сталевий барабан з частотою обертання 7 об/хв. Всередині барабану розміщені три ряди концентрично розташованих труб з поперечними ребрами. Поверхня нагріву складає 2780 м². Барабан і обігрівачі труби мають ухил у бік вивантаження соди. Кальцинатор обігривається парою під тиском 3,1 МПа і температурою 260°C. Витрата пари на 1 т кальцинованої соди – 1,54 т.

Кальцинатор працює з введенням ретурної соди (штуцер Б). Гідрокарбонат натрію (через штуцер А) поступає в двовалковий змішувач, де змішується з ретурною содою та подається в барабан кальцинатора. В процесі просування маси, що кальцинується, до вивантажувальної частини барабану,

гідрокарбонат натрію підсушується та розкладається. Готова кальцинована сода з температурою 200°C виводиться з кальцинатора вивантажувальним шнеком (штуцер Д), а гази кальцинації з температурою 170°C виводяться через штуцер В змішувача.

Пара проходячи по трубам, частково конденсується. Конденсат стікає із труб в парову камеру, звідки його відводять в приймальний збірник (штуцер Е) [1].

5.2 Конструктивний розрахунок парового кальцинатора

Виконаємо розрахунок парового кальцинатора продуктивністю 600 т/добу або 25 т/годину. Тривалість кальцинації – 23 хв.

Визначаємо об'єм, який займає матеріал, що поступає в кальцинатор:

$$\frac{2,0155}{0,9} + \frac{1,643}{0,6} = 4,9 \text{ м}^3/\text{год} \text{ на} \hat{e}.$$

Із врахуванням тривалості кальцинації необхідний об'єм кальцинатора складе

$$V_{\hat{e}} = \frac{4,9 \cdot 25 \cdot 23}{60} = 47,0 \text{ м}^3.$$

З урахуванням коефіцієнту запасу, що дорівнює 0,24, необхідний об'єм кальцинатора складатиме

$$V_{\hat{e}} = \frac{47,0}{0,24} = 196 \text{ м}^3.$$

Згідно норм вибираємо співвідношення довжини барабана кальцинатора до його діаметру $L / D = 10$. Тоді діаметр барабана можна визначити за формулою [4]

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot 10D, \quad \text{звідки} \quad D = \sqrt[3]{0,4 \cdot \frac{V}{\pi}} \quad (18)$$

Отже,

$$D = \sqrt[3]{0,4 \cdot \frac{196}{3,14}} \approx 3 \text{ м}.$$

Тоді довжина барабана кальцинатора буде складати

$$D = 3 \cdot 10 = 30 \text{ м.}$$

До установки вибирається паровий кальцинатор діаметром 3 м і довжиною 30 м, що відповідає стандартному паровому кальцинатору продуктивністю 600 т/соди на добу.

5.3 Механічний розрахунок парового кальцинатора

Міцнісний розрахунок парового кальцинатора полягає в визначенні товщини стінки барабану та перевірці його на міцність і згин.

Товщина стінки барабану визначається за формулою [11]:

$$\delta = (0,007 \div 0,01) \cdot D_6, \quad (19)$$

де $D_6 = 3$ – зовнішній діаметр барабану, м.

$$\delta = (0,007 \div 0,01) \cdot 3 = 0,021 \div 0,03 \text{ м.}$$

Середнє значення

$$\frac{0,021 + 0,03}{2} = 0,03 \text{ м.}$$

Приймаємо $\delta = 0,03 \text{ м} = 30 \text{ мм}$.

В найбільш простій розрахунковій схемі (рис. 2.1) барабан можна представити у вигляді балки, що вільно лежить на двох опорах і навантажена розподіленим навантаженням q від ваги барабану G_b і завантажуваного матеріалу G_m .

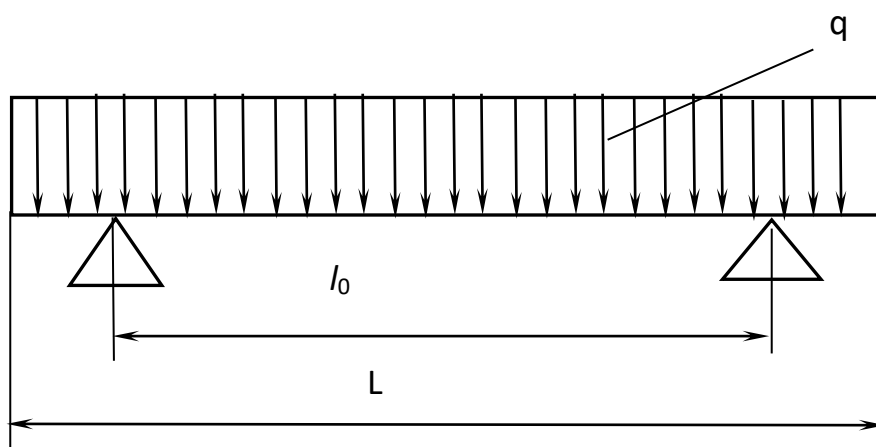


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема

В найбільш небезпечному перетині балки (посередині між опорами) забезпечується мінімальний згинальний момент [11]:

$$M = \frac{G_6 + G_M}{2} \cdot \frac{l_0}{2} - q \frac{l_0^2}{8}, \quad (20)$$

де l_0 – відстань між опорами, м.

$$l_0 = 0,585L_6, \quad (21)$$

$$l_0 = 0,585 \cdot 30 = 18 \text{ м.}$$

Маса парового кальцинатора складає 210 т, тоді вага барабану буде дорівнювати [11]:

$$G_6 = m_6 \cdot g, \quad (22)$$

$$G_6 = 210 \cdot 10^3 \cdot 9,81 = 2060100 \text{ Н} = 2,06 \text{ МН.}$$

Вага технічного гідрокарбонату натрію, що знаходиться в паровому кальцинаторі, визначається за формулою [11]:

$$G_M = 0,785 \cdot D_6^2 \cdot L_6 \cdot \beta \cdot \rho_M \cdot g, \quad (23)$$

де $\beta = 0,2$ – коефіцієнт заповнення барабану;

$\rho_M = 900$ – насипана маса технічного гідрокарбонату натрію, кг/м^3 .

$$G_M = 0,785 \cdot 3^2 \cdot 30 \cdot 0,2 \cdot 900 \cdot 9,81 = 374261 \text{ Н} = 0,37 \text{ МН.}$$

Рівномірно розподілене навантаження q розраховується за формулою [11]:

$$q = \frac{G_6 + G_M}{L}, \quad (24)$$

$$q = \frac{2,06 + 0,37}{30} = 0,081 \text{ МН.}$$

$$M = \frac{0,37 + 2,06}{2} \cdot \frac{18}{2} - 0,081 \cdot \frac{30^2}{8} = 1,8 \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

Барабану передається також крутний момент від приводу, необхідний головним чином для підняття центру тяжіння матеріалу на певну висоту. Крутний момент визначається з рівняння [11]:

$$M_{\text{кр}} = \left(\frac{N}{2\pi n} \right) \cdot 10^{-3}, \quad (25)$$

де $N = 132$ – потужність приводу, кВт;

$n = 7$ – частота обертання, об/хв.

$$M_{\text{кр}} = \left(\frac{132}{2 \cdot 3,14 \cdot 7} \right) \cdot 10^{-3} = 0,003 \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

Розрахунковий момент розраховується за формулою [11]:

$$M_p = 0,35M + 0,65\sqrt{M^2 + M_{кр}^2}, \quad (26)$$

$$M_p = 0,35 \cdot 1,8 + 0,65\sqrt{1,8^2 + 0,003^2} = 1,8 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Момент опору кільцевого перетину барабана визначається з рівняння [11]:

$$W = 0,785 \cdot D_6^2 \cdot \delta, \quad (27)$$

$$W = 0,785 \cdot 3^2 \cdot 0,004 = 0,28 \text{ м}^3.$$

Умова міцності барабану має вигляд [11]:

$$\sigma_{згин.} = \frac{M_p}{W} \leq [\sigma]_{згин.}, \quad (28)$$

$$\sigma_{згин.} = \frac{1,8}{0,28} = 6,4 \text{ МПа} \leq [\sigma_{згин.}]_{доп.} = 108 \text{ МПа},$$

де $[\sigma_{згин.}]_{доп.} = 108 \text{ МПа}$ – допустиме напруження сталі ВСт.3 при температурі 300 °С.

Умова міцності барабану на згин виконується.

Після перевірки на міцність барабану перевіряють на прогин. Для нормальної роботи допускається прогин f не більше 1/3 мм на 1 м довжини, тобто [11]:

$$f \leq f_{\text{доп.}} = 0,0003 l_0 \quad (29)$$

Прогин від рівномірно розподіленого навантаження визначається за формулою [11]:

$$f = \frac{5q \cdot l_0^4}{384 \cdot E \cdot I}, \quad (30)$$

де $E = 1,71 \cdot 10^5$ – модуль пружності матеріалу барабану, МПа;

I – осьовий момент інерції для поперечного перетину барабану, м^4 .

$$I = \frac{\pi \cdot D_{\text{ср.}}^3 \cdot \delta}{8}, \quad (31)$$

$$I = \frac{3,14 \cdot (3 - 0,03)^3 \cdot 0,03}{8} = 0,308 \text{ м}^4.$$

$$f = \frac{5 \cdot 0,081 \cdot 18^4}{384 \cdot 1,71 \cdot 10^5 \cdot 0,308} = 0,0021 \text{ м.}$$

$$f = 0,0021 \text{ м} \leq f_{\text{доп.}} = 0,0003 \cdot 18 = 0,0054 \text{ м.}$$

6 ВИБІР ОСНОВНОГО ТА ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

Технологічне обладнання стадії кальцинації технічного гідрокарбонату натрію виробництва кальцинованої соди аміачним способом наведене в табл. 6.1 [1, 3, 4].

Таблиця 6.1 – Перелік технологічного обладнання

Позначення апарата	Найменування обладнання	Призначення і коротка характеристика	Матеріал
1	2	3	4
поз. 40	Холодильник газу парової кальцинації (ХГПК)	Призначений для охолодження газу кальцинації. Складається з двох частин. В нижній частині апарату знаходиться резервуар, а над ним холодильник, який складається з 9 царг з теплообмінними трубками діаметром 50/65 мм. В кожній царзі 312 трубок, їх поверхня 170 м ² . В верхній частині над холодильником розташований насадковий промивач, в якому є два яруси дерев'яної хордової насадки, що укладена на колосниках. Над насадкою знаходиться зрошувач. Загальна висота апарату 31,2 м.	Чавун СЧ 18-36
поз. 41	Промивач газу парової кальцинації	Призначений для промивання газу кальцинації від пилу соди. Порожнистий циліндричний апарат, зібраний з окремих бочок-царг. Діаметр апарату 2 м, загальна висота 10 м. На висоту 7 м апарат заповнений кільцями Рашига 100 × 100 × 10 мм і 50 × 50 × 3 мм	Чавун СЧ 18-36
поз.46	Конвеєр скребковий	Призначений для подачі сирого гідрокарбонату натрію з фільтру до парового кальцинатора. Представляє собою транспортний пристрій, в якому по нерухомому жолобу рухаються закріплені на тягових ланцюгах скребки, що здійснюють волочіння матеріалу по жолобу. Продуктивність – 650 т/годину; ширина коробу – 45 мм; довжина транспортування – 45 м	Сталь 1Х18Н19Т
поз. 48	Циклон	Призначений для очищення газу кальцинації від твердих часток соди. Загальна висота циклону 6,816 м, висота циліндричної частини – 3,376 м, діаметр – 1,6 м, продуктивність – 38600 м ³ /годину	Сталь 1Х18Н19Т

Продовження табл. 6.1

1	2	3	4
поз.54	Шнековий транспортер	Призначений для горизонтального переміщення кальцинованої соди до бункеру готового продукту. Представляє собою напівкруглий жолоб діаметром 600 мм з щільно закритою кришкою. Всередині жолобу обертається вал з прикріпленою по спіралі сталевую стрічкою, що щільно прилягає до стінок жолобу. Продуктивність 75 т/годину.	Сталь 1X18H19T

6.1 Розрахунок і вибір циклону для очистки газу кальцинації

Для сухої очистки газу кальцинації від пилу кальцинованої соди вибирається циклон ЦН-24.

Діаметр циклона визначається за формулою [12]:

$$D = \left(\frac{4Q}{\pi \cdot \omega_{\text{opt}}} \right)^{0,5}, \quad (32)$$

де Q – секундна витрата газу, м³/с;

$\omega_{\text{opt}} = 4,5$ – оптимальна швидкість газу в перетині циклону ЦН-24, м/с.

Згідно матеріального балансу (табл. 4.2) на очистку в циклон надходить газовий потік

$$Q = \frac{47009,2}{3600 \cdot 1,48} = 8,8 \text{ м}^3/\text{с},$$

де 1,48 – густина газового потоку, кг/м³.

Отже, діаметр циклона дорівнює

$$D = \left(\frac{4 \cdot 8,8}{3,14 \cdot 4,5} \right)^{0,5} = 1,57 \text{ м} = 1570 \text{ мм}.$$

Приймаємо циклон діаметром 1600 мм, що забезпечує продуктивність 38600 м³/годину або 10,72 м³/с.

Дійсна швидкість газового потоку в циклоні буде складати

$$\omega = \frac{4 \cdot 8,8}{3,14 \cdot 1,6^2} = 4,4 \text{ в/с},$$

що задовольняє умові відхилення від оптимальної не більше, ніж на 15%.

Гідравлічний опір циклону визначається за формулою [12]:

$$\Delta P = \frac{\xi \cdot \rho \cdot \omega^2}{2}, \quad (33)$$

де $\xi = 75$ – коефіцієнт гідравлічного опору циклону ЦН-24.

Отже, гідравлічний опір циклону дорівнює

$$\Delta P = \frac{75 \cdot 1,48 \cdot 4,4^2}{2} = 1074 \text{ Па}.$$

7 КОНТРОЛЬ РОБОТИ, НОРМИ ТА ПРАВИЛА ОБСЛУГОВУВАННЯ ОСНОВНОГО АПАРАТУ

Комплексна автоматизація парових кальцинаторів передбачає узгодження продуктивності парових кальцинаторів з продуктивністю стадії карбонізації (фільтрації) та автоматизацію технологічних процесів на цій стадії. Стадія обладнана системами автоматичного блокування транспортних механізмів і їх відключення при аварійних ситуаціях.

Задача узгодження продуктивності парових кальцинаторів практично зводиться до автоматичного розподілу технічного гідрокарбонату натрію, що поступає на стадію кальцинації, по паровим кальцинаторам, оскільки потік гідрокарбонату натрію є в схемі автоматизації основним.

Для забезпечення ефективної роботи систем автоматичного контролю та регулювання процесу прожарювання необхідно вибрати параметри, які

найбільше характеризують протікання процесу, впливають на продуктивність стадії і якість продукту.

Якість готового продукту залежить від температури кальцинованої соди на виході з парового кальцинатора – 190-220°C. При більш низькій температурі вологість перевищує норму, знижується насипна щільність готового продукту, що є одним з важливих параметрів, оскільки з підвищенням насипної щільності знижуються витрати на упаковання, транспортування, продукт менше порохить. Підвищення температури кальцинованої соди на виході з парового кальцинатора пов'язане з підвищенням температури відхідних газів, підвищенням витрати теплоносія на прожарювання. Датчик для вимірювання температури готового продукту необхідно встановити в вивантажувальному пристрої парового кальцинатора таким чином, щоб кальцинована сода найбільш повно контактувала з чутливим елементом датчика температури. Перетворювач для вимірювання

температури відхідних газів передбачається встановити в трубопроводі подачі газів у циклон поблизу від парового кальцинатора.

Для обліку споживання теплоносія – пари – проектом передбачається вимірювання тиску, температури і витрати пари на кальцинацію. Первинні перетворювачі витрати і температури, добірний пристрій для вимірювання тиску пари монтують на трубопроводі подачі пари в паровий кальцинатор. На цьому ж трубопроводі встановлюють регулюючий орган системи автоматичного регулювання температури готового – кальцинованої соди.

Для запобігання спікання і утворення грудок, а також для поглинання вологи кальцинованою содою, сирий технічний гідрокарбонат натрію перед подачею в паровий кальцинатор попередньо змішують із ретуром в певних співвідношеннях. Перетворювачі для вимірювання витрати технічного гідрокарбонату натрію та ретуру встановлюють на вході в змішувач, а регулюючі органи (плужні скидачі) на пристроях транспортування сирого гідрокарбонату натрію і ретура.

При прожарюванні гідрокарбонату натрію утворюється велика кількість CO_2 95-97%об. Оскільки створення великого вакууму неминує супроводжується підсмоктуванням повітря та розбавленням газу, підвищенням тиску, то необхідно підтримувати тиск у паровому кальцинаторі, близьким до атмосферного. Це забезпечується системою автоматичного регулювання тиску газу в циклоні. Добірний пристрій для вимірювання тиску газу передбачається встановити на колекторі газу, що підводить газ до циклона, а регулюючий орган – на колекторі, що відводить газ із циклона. Для визначення гідравлічного опору циклона контролюється тиск газу після циклона. Добірний пристрій регулювання тиску газу після циклона монтується на газопроводі після циклона.

Забезпечення стабільної подачі води на промивання колектора газу парової кальцинації (КГПК) здійснюється системою автоматичного контролю і регулювання витрати води на КГПК. Первинний перетворювач витратоміра води і регулюючий орган встановлюється на трубопроводі подачі води на КГПК.

Для забезпечення максимальної продуктивності фільтра необхідно підтримувати в кориті фільтра оптимальний рівень суспензії. Це здійснюється системою автоматичного регулювання рівня в кориті фільтра. Добірний пристрій для вимірювання рівня передбачається встановити в кориті фільтра, регулюючий орган – на лінії подачі суспензії в корито фільтра.

Щоб запобігти небажаним наслідкам при аварійній зупинці барабана парового кальцинатора, проектом передбачається автоматичне відсікання грючої пари і конденсату з кальцинатора. Датчик обертання монтується на паровому кальцинаторі, відсічні клапани – на трубопроводах пари і конденсату. Система автоматичного контролю та регулювання стадії парової кальцинації дозволяє здійснювати контроль тиску пари в збірнику конденсату, а також автоматичне регулювання рівня в збірнику конденсату.

В якості регулюючих органів в системах регулювання витрати сирого гідрокарбонату натрію та ретур застосовані плужні скидачі, встановлені на стрічкових транспортерах, що подають гідроккарбонат і ретур у змішувач [3].

У системах автоматичного регулювання застосовані електронні регулятори Р.25.1.2 і виконавчі механізми МЕОК 63/100. Для вимірювання рівня в збірнику конденсату застосований буйковий рівнемір УБ-П з уніфікованим вихідним сигналом.

Вимірювання рівня в кориті фільтра здійснюється п'єзометричним методом із застосуванням в якості датчика вимірювального перетворювача «Сапфір-22ДД-Вн».

Для вимірювання температурних режимів процесу кальцинації застосовані термоелектричні перетворювачі ТХА-0515.

Контроль і реєстрація технологічних параметрів стадії кальцинації здійснюється електронними реєстраторами РП-160:

– вимірювання температури – РП-160-03;

– вимірювання тиску, рівня, витрати – РП-160-08.

У системі блокування передбачається застосування сигналізатора обертання РС-67 з датчиком ДМ-2 [13].

8 РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

8.1 Альтернативні способи виробництва кальцинованої соди

Обсяг відходів оброблюваної сировини може служити показником досконалості технології виробництва: чим вона досконаліше, тим менше відходів. Судячи за таким показником, сучасна технологія виробництва кальцинованої соди далека від досконалості. Тому прагнення поліпшити технологію, апаратуру і виробництво кальцинованої соди з метою максимального використання сировини, енергоресурсів, а також переробки відходів є актуальним завданням. Прогрес і зростання промислового виробництва соди зупинити не можна, як не можна зупинити і ліквідувати сфери виробництва, в яких потребляється сода. Встановлено, що зростання виробництва в часі відбувається за експонентою. Якщо виробництво кальцинованої соди буде зростати при збереженні існуючої технології, то шкідливі відходи будуть зростати за тим же законом. Звідси випливає висновок, що улаштування накопичувачів "біліе море" – це паліативний захід і довго збільшувати темпи виробництва з одночасним будівництвом накопичувачів неможливо, як з економічних міркувань, так і з чисто екологічних. Зараз при спорудженні великих заводів будівництво накопичувачів обходиться майже в таку ж суму, що і будівництво заводу. В зв'язку з цим основним завданням екологічного забезпечення виробництва кальцинованої соди є розробка і створення нових способів виробництва, що виключають викиди відходів.

Другим завданням є удосконалення існуючої технології та апаратури з метою різкого зниження відходів (збільшення ступеня використання сировини).

Третє завдання – розробка нових, більш ефективних способів очищення викидів, а також технологій з переробки відходів на цільові продукти. Розробки в області створення принципово нових технологій з використанням низькотемпературної плазми, лазерних джерел енергії, діафрагменних способів, каталізаторів, в тому числі каталізаторів, близьких за структурою та механізмом дії до ферментів і ензимів не ведуться, незважаючи на те, що є певні успіхи за кожним з перерахованих методів. Це обумовлюється кількома причинами, а саме: апаратурне оформлення технологічного процесу за методом Сольве і технологічні прийоми відносно прості та універсальні, дозволяють досить легко спроектувати й організувати великотоннажне виробництво; доступність і відносна простота видобутку вихідної сировини; відносно м'які закони щодо захисту навколишнього середовища. Інтенсивно ведуться дослідження і розробки з дослідження нових видів сировини та технологій з метою повної ліквідації відходів виробництва. При цьому, як правило, в основу процесів отримання гідрокарбонату натрію покладені технологічні прийоми методу Сольве. До таких розробок відносяться дослідження зі створення маловідходних комбінованих виробництв на основі комплексного використання різних видів сировини. Нижче розглянуті деякі технічні рішення.

Для регенерації аміаку з фільтрової рідини содового виробництва можна використовувати гідроксид магнію (замість гідроксиду кальцію), який, пройшовши стадії процесу утворення хлориду магнію та його гідролізу з отриманням хлористого водню, повертається на початкові стадії процесу. При цьому в циклі знаходиться постійна кількість оксиду магнію, втрати якого поповнюються. Побічною стадією процесу є виділення хлориду натрію з дистилерної рідини при упарюванні. Утворений в процесі гідролізу хлористий водень може знайти застосування в виробництві хлорорганічних сполук, чистої соляної кислоти, технічного хлориду амонію, хлориду барію та інших неорганічних і органічних хімічних продуктів.

Схема переробки хлористого водню передбачає певну послідовність операцій. В першу чергу повинно бути організовано виробництво безводного хлориду кальцію на основі хлористого водню і карбонату кальцію (відходів

крейдянних або вапнякових кар'єрів). За цим методом можна отримати також висококонцентрований діоксид вуглецю в необхідному для содового виробництва кількості.

Подальший етап реалізації цієї схеми пов'язаний з організацією виробництва преципітату (тукового і кормового) і хлориду кальцію (рідкого і твердого), що значно поліпшить техніко-економічні показники содового виробництва в цілому, оскільки газоподібний HCl використовується для отримання і того, і іншого продукту. Організація такого виробництва дозволить виключити з існуючої схеми стадію випалу карбонатної сировини, "білі моря" і в значній мірі скоротити крейдяні (вапнякові) відвали в кар'єрах, а також ліквідувати тверді і рідкі відходи.

Одним з перспективних напрямів створення маловідходної технології є організація комбінованого виробництва соди, хлору і мінеральних добрив (калієвої і аміачної селітр) з сильвініту, азотної кислоти, аміаку та експанзерного газу, яке включає наступні технологічні операції:

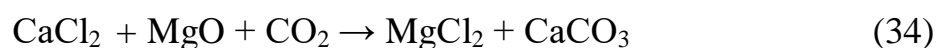
- обробку сильвініту азотною кислотою з утворенням розчинів нітрату натрію та калію й в газовій фазі хлору, хлориду нітрозилу (NOCl) і водяної пари;
- розкладання газоподібного NOCl азотною кислотою з виділенням в газову фазу діоксиду азоту, хлору і водяної пари; розділення суміші газів ($\text{NO}_2 + \text{Cl}_2$) низькотемпературною ректифікацією на NO_2 та Cl_2 (останній після компримування випускають як товарний продукт);
- синтез з оксиду азоту, парів води та кисню 70%-вою азотною кислотою, що повертається на першу стадію (для окислення NO_2 , використовують повітря); гази, що виходять з колони синтезу, очищають від оксидів азоту до санітарних норм і видаляють в атмосферу;
- відгонку води шляхом ректифікації рідини, що видаляється після першої стадії і містить в розчині нітрати натрію, калію та азотну кислоту підвищеної концентрації;
- виділення з розчину азотної кислоти розчиненої солі NaNO_3 шляхом вакуум-кристалізації (NaNO_3 виділяється на центрифугі та використовується для

виробництва соди й аміачної селітри, маточні розчини випарюють шляхом відгону азотної кислоти та виділяють калієву селітру, яка є товарним продуктом);

- отримання соди з NaNO_3 шляхом розчинення солі в ретурному маточному розчині після виділення NH_4NO_3 , амонізації отриманого розчину подачею ззовні газоподібного аміаку, карбонізації амонізованого розчину діоксидом вуглецю, що отримують в процесі кальцинації, та експанзерним газом, фільтруванні суспензії гідрокарбонату натрію, кальцинації NaHCO_3 з отриманням товарного продукту – соди та діоксиду вуглецю;
- дегазацію і випарки фільтрової рідини, що містить в розчині аміачну селітру; вакуум-кристалізацію кристалів NH_4NO_3 з наступним відділенням їх на центрифугах, сушку і використання в якості товарного продукту (маточник направляють на розчинення NaNO_3).

Таким чином, це комбіноване виробництво не має рідких і твердих відходів, газоподібні викиди знешкоджуються відомими способами.

Пропонується аміачний спосіб одержання соди з застосуванням у виробництві замість вапняку (крейди) доломіту $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$. При випалі доломіту отримують CaO і MgO . У процесі регенерації аміаку в реакцію вступає активний CaO , неактивний MgO транзитом проходить реактор, не взаємодіючи з NH_4Cl . Тому в результаті дистиляції при відповідній кількості доломітового молока з дистилера виходить суспензія, що містить в основному CaCl_2 , NaCl в розчині і MgO в осаді. Фільтрування такої суспензії дозволяє отримати розчин CaCl_2 , NaCl і шлам-осад MgO , який після ступеневого випалу може бути перероблений в периклаз або інші вироби кераміки. Доцільно суспензію, що виходить з дистилера, піддати карбонізації:



Після видалення з суспензії осадженим крейди розчин, що містить в основному MgCl_2 і NaCl , упарюють, в результаті чого спочатку виділяється в

осад кухонна сіль, яку відокремлюють, а потім кристалічний $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, який використовується в подальшому для отримання металевого магнію.

Пропонується використовувати в якості сировини замість NaCl сульфат натрію. Аміачно-содовий процес в цьому випадку можна виразити рівнянням:

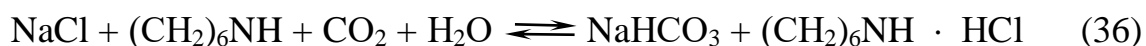


Отже, "відходом" тут буде сульфат амонію – добриво, що широко застосовується в сільському господарстві.

Однак отримувати соду з сульфату натрію більш складно, ніж з кухонної сопи. По-перше, розчинність Na_2SO_4 (особливо в присутності аміаку) значно нижче, ніж розчинність NaCl . Тому для досягнення оптимальних концентрацій іона SO_4^{2-} в рідині, що виходить з карбонізаційної колони, доводиться подавати в колону суспензію сульфату натрію, а не гомогенний його розчин. У процесі карбонізації осідає NaHCO_3 і розчиняється Na_2SO_4 . Такий хід процесу, звичайно, ускладнює роботу карбонізаційної колони.

По-друге, для розділення невикористаного Na_2SO_4 , що залишився в фільтровій рідині, та утвореного $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ шляхом упарювання з розчину, доводиться попередньо з розчину видаляти частину Na_2SO_4 охолодженням його до -10°C , що додатково ускладнює процес. Промислового застосування метод не отримав.

Проводилися також роботи з дослідження можливості заміни аміаку деякими його похідними – амінами. Присутність амінів помітно знижує розчинність NaHCO_3 . Тому в процесі карбонізації ступінь виділення NaHCO_3 в осад або, інакше кажучи, ступінь використання NaCl збільшується до 95% замість 70-73% при звичайному аміачному способі. Це дозволяє знизити кількість NaCl , що залишається в дистилерній рідині. Використання амінів не знайшло практичного застосування через високу вартість, токсичність і значну летючість. Були проведені роботи з використання гексаметиленаміну – продукту менш токсичного, нелеткого і більш дешевого, ніж аміни. Процес карбонізації водних розчинів NaCl в присутності гексаметиленаміну протікає за реакцією:



Регенерацію $(\text{CH}_2)_6\text{NH}$ здійснюють за допомогою вапняного молока, як і аміаку з NH_4Cl . Результати дослідження показали такий же високий ступінь використання NaCl в процесі карбонізації, як і при використанні амінів. Застосування гексаметиленаміну для одержання соди з сульфату натрію дозволяє одержувати ступінь використання Na_2SO_4 85-87%, що робить цей спосіб перспективним.

Був також розроблений спосіб одночасного одержання соди і поташу K_2CO_3 з сильвініту. Сильвініт – мінерал, що містить 75%мас. NaCl і 25%мас. KCl . Карбонізацією водних розчинів сильвініту в присутності гексаметиленаміну при певних співвідношеннях NaCl , KCl і гексаметиленаміну з них можна спочатку виділяти в тверду фазу NaHCO_3 , а потім, після коректування складу розчину, продовжуючи карбонізацію, і KHCO_3 . Гексаметиленамін з тих же причин, що і аміни, не знайшов промислового застосування.

Японська содова промисловість залежить від імпорту кухонної солі. Для повного використання цієї сировини (в способі "Сольве" сіль використовується тільки на 70%, що дуже впливає на витрати виробництва соди) в Японії фірмою "Асахі Гарас" розроблений аміачно-хлоридний спосіб (NA), що представляє собою поліпшений метод "Сольве". Даним способом отримують два продукти: соду і NH_4Cl , який використовується в якості азотного добрива на рисових полях. Крім того, за цим способом виробництва соди утворюється невелика кількість промислових стічних вод. NA – спосіб простіший у порівнянні з методом "Сольве", відрізняється укрупненням обладнання, безперервністю і автоматизацією процесу. Завдяки цим перевагам досягається зниження споживання енергії, високий відсоток використання солі.

8.2 Методи переробки рідких відходів виробництва кальцинованої соди

Основними напрямками утилізації одного з рідких відходів – дистилерної рідини – є:

- переробка її на товарні продукти (хлорид кальцію та хлорид амонію);
- застосування для підтримування пластового тиску в нагнітальних свердловинах нафтових копалин;
- використання в якості розчинника (після виділення хлориду кальцію) при одержанні розсолу способом підземного вилуговування та в системах водообороту;
- закачування в глибокі горизонти.

Дистилерна рідина виводиться з технологічного циклу в кількості 10,5 м³. Вона представляє собою водний розчин мінеральних солей, основними компонентами якого є хлорид кальцію (10-14%мас.) і хлорид натрію (5-7%мас.). Спосіб одержання хлориду кальцію з одночасним виділенням хлориду натрію заснований на концентруванні водного розчину цих солей.

Основним споживачем хлориду кальцію є хімічна промисловість (виробництво синтетичного каучуку, флотаційні процеси), холодильна техніка, будівництво (збільшує швидкість схоплювання бетону), кольорова металургія (виготовлення кальцієвмісних сплавів), обробка руд для попередження замерзання, текстильна промисловість.

Хлорид натрію споживається сільським господарством (приготування комбінованих кормів і кормо сумішей), іноді хлорид натрію повертається в початок процесу одержання соди.

Одержання з фільтрової рідини хлориду амонію також дозволяє утилізувати хлоридні стоки. В цьому випадку для постачання аміаком та діоксидом вуглецю содовий завод кооперується з виробництвом синтетичного аміаку. Технологічна схема такого содового підприємства значно спрощується, оскільки відпадає необхідність в вапняному господарстві. Також стає непотрібним видобуток карбонатної сировини, доставка її на завод, відпадає необхідність у стадіях випалу, гасіння вапна, ліквідується змішувач, дистилер, шламонакопичувач «біле море» та все обладнання, що необхідне для перекачування дистилерної рідини. В технологічну схему включається лише стадія виділення хлориду амонію в твердому вигляді.

Виділити хлорид амонію з фільтрової рідини в тверду фазу можна випарюванням рідини або висолоювання за допомогою хлориду натрію. Метод випарювання більш простий, причому схема виробництва соди залишається без змін. Виключаються лише стадії, що відносяться до регенерації аміаку з фільтрової рідини. Недоліком методу випарювання є необхідність використання для випарювальної апаратури та комунікацій корозійностійкого титану, що має велику вартість.

З точки зору агрохімії хлорид амонію може бути ефективно використаний на чорноземних і сірих лісових ґрунтах, що мають нейтральну реакцію та високий ступінь насиченості основами. Нечутливими до надлишку хлору є зернові колосові культури, рис, цукровий та кормовий буряк, злакові трави, кукурудза.

8.3 Методи переробки твердих відходів виробництва кальцинованої соди

Тверді відходи, що виводяться з технологічного циклу кальцинованої соди, – шлам розсолоочищення, шлам дистилерної суспензії, дрібні відходи гасіння вапна. Розглянемо найбільше ефективні технічні рішення з технології утилізації твердих відходів.

8.3.1 Методи переробки шламу розсолоочищення, отриманого при спільному осадженні солей кальцію та магнію

Із шламу розсолоочищення можуть бути отримані:

- основний карбонат магнію при прожарюванні оксид-магнію;
- очищений розсіл, який придатний для виробництва соди;
- осаджену крейду при прожарюванні CaO , а при гідратації CaO – гідроксид кальцію.

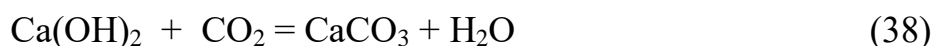
Процес переробки шламу можна умовно розділити на наступні стадії:

- 1) Часткова нейтралізація шламу.

В якості нейтралізуючої добавки може бути використані соляна кислота, хлорид амонію, хлорид кальцію. Найбільш доцільно використовувати освітлену дистилерну рідину, котру перед подачею на нейтралізацію необхідно сконцентрувати за хлорид-іоном 110-120 н. д. Сконцентровану дистилерну рідину додають у шлам розсолочищення з таким розрахунком, щоб на кожний г-екв гідроксиду магнію приходилося 0,8-0,85 г-екв хлориду кальцію. При цьому протікає реакція:



2) Карбонізація частково нейтралізованого шламу



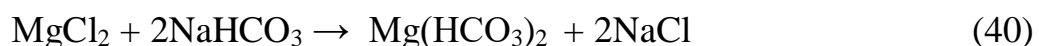
Режим карбонізації: температура 18-25°C, час карбонізації – 1-2 години, в цих умовах виділення магнію зі шламу складає 90-95% від загальної кількості.

3) Фільтрування карбонізованої суспензії та промивання осаду крейди.

Фільтрування осаду здійснюється в вакуумних фільтрах. Потім відбувається промивання осаду водою в співвідношенні: об'єм розсолу, що міститься в осаді, до об'єму води дорівнює 2. Після промивання фільтрат містить 103-105 н.д. хлорид-іону, осад крейди – 40-45%мас. CaCO₃, 1-2% мас. NaCl, залишок – H₂O, тобто NaCl + MgCl₂ + Mg(HCO₃)₂.

4) Одержання основного карбонату магнію.

Отриманий фільтрат після відділення осаду крейди при перемішування нагрівають до температури 40-50°C і оброблюють сирим гідрокарбонатом натрію з надлишком 1-2% від стехіометрії. Тривалість процесу складає 5-10 хв. Основні реакції, що протікають при осадженні:



Отриману суспензію основного карбонату магнію відфільтровують та промивають на фільтрі 0,005%-вим розчином хлориду амонію. Концентрація

хлорид-іону в фільтрі дорівнює 105-108 н.д., концентрація магнію – 0,02-0,04 н.д.

В результаті переробки шламу розсолочищення за даною технологією можна отримати 1 т кальцинованої соди $2,2 \cdot 10^{-3}$ т основного карбонату магнію, $1,6 \cdot 10^{-3}$ т хімічно осадженої крейди та $0,6\text{м}^3$ очищеного розсолу.

Хімічно осаджена крейда може частково перероблюватися на вапно, гідроксид кальцію.

8.3.2 Технологія утилізації шламу дистиляції

Кількість твердих відходів на стадії дистиляції складає 200-250 кг/т соди. Використання твердих відходів стадії дистиляції пов'язано з високим вмістом хлоридів (до 20%мас.) в шламі. Промивання шламу після фільтрування вимагає великої витрати води (до 7 м^3 на 1 т сухого шламу) і при цьому концентрація хлоридів знижується в 2-3 рази, тобто в осаді після промивання міститься до 3-4%мас. хлоридів.

Негативний вплив хлоридів позначається практично в усіх сферах споживання, в яких застосовується відмитий і просушений шлам дистиляції. Можна послатися на ряд серйозних досліджень із застосування шламу для виробництва безцементного в'язучого, алінітового цементного клінкеру, силікатної цегли та ін. У всіх випадках при переході від дослідних до промислових досліджень проявлявся ряд недоліків, які виявилися в більшості випадків неподоланими. Більшість, на перший погляд, інтересних ідей та пропозицій виявилися неспроможними.

Основним напрямком з утилізації твердих відходів дистиляції є технологія переробки шламів на меліорант для хімічної меліорації ґрунтів, кормової добавки для годування сільськогосподарських птахів, комплексної добавки для сільськогосподарських тварин.

8.3.3 Технологія утилізації відходів гасіння вапна та вапняного пилу виробництва гідратованого вапна

Ефективна переробка дрібних відходів гасіння вапна здійснюється за наступною схемою:

- виведення дрібних відходів із циклу в вигляді волого шламу в спеціальні бункери для дозрівання протягом декількох діб;
- подрібнення фракції більше 1 мм до розміру часток менше 1-2 мм;
- класифікація подрібнених фракцій з відділенням часток менше 1 мм.

Таким чином, в результаті переробки отримують наступні продукти:

- фракція з розміром часток менше 1 мм і з вмістом $\text{Ca}(\text{OH})_2 \geq 60\%$ (50% мас.);
- фракція менше 1 мм, що містить CaCO_3 (37,5%мас.);
- фракція більше 1 мм, що містить в основному кокс (12,5%мас.).

Перша фракція розбавляється розсолем і в вигляді вапняного молока подається на розсолоочищення. При цьому інтенсифікується відстоювання осадів в процесі очищення розсолу.

Більш перспективним буде використання суміші перших двох фракцій у якості препарату, що запобігає псуванню картоплі та інших коренеплодів в період зимового зберігання. Торгова назва препарату – «Полікар». Активним компонентом препарату є гідроксид кальцію, що чинить антисептичну дію, підсушує поверхню коренеплодів і сприяє зберіганню захисних шарів.

Третя фракція подрібнюється додатково та подається в якості компонента палива на ТЕЦ або брикетується та подається в якості палива в шахтну піч. В обох випадках наявність вапна знижує викиди оксидів сірки з відхідними топковими газами.

8.4 Очищення газу від шкідливих викидів в атмосферу

З технологічного циклу содового виробництва виводяться газові потоки, що містять аміак, діоксид вуглецю, NO_x , SO_2 , пил. Кількість шкідливих

компонентів, які содове виробництво викидає в атмосферу, становить (із розрахунку на 1 т соди): аміак – 1,5 кг, оксид вуглецю – 2,7 кг, оксид азоту – 0,8 кг, діоксид сірки – 5,6 кг, сірководень – 0,15 кг. Джерелами викидів на виробництві є: стадія абсорбції (повітря фільтрів і газ після стадії карбонізації), стадія кальцинації, печі випалу карбонатної сировини. Наведені газові викиди містять речовини в межах гранично допустимих норм, тому їх виводять в атмосферу [14].

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система законодавчих актів і відповідних їм соціально-економічних, технічних, гігієнічних і організаційних заходів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Охорона праці на Україні розглядається як один з найважливіших соціально-економічних і соціально-гігієнічних заходів, направлених на забезпечення безпечних і здорових умов праці.

Основні положення з охорони праці та здоров'я працівників викладені в трудовому законодавстві. Трудове законодавство регламентує питання трудового права; техніка безпеки та виробнича санітарія спрямована на забезпечення здорових і безпечних умов праці; протипожежна безпека є системою заходів щодо попередження пожеж і боротьбі з ними.

Численні та різноманітні технологічні процеси хімічної промисловості засновані на використанні високих температур, високих і надвисоких тисків, вибухо- і пожеженебезпечних і токсичних речовин у різних агрегатних станах. Для забезпечення сприятливих і безпечних умов праці працюючих необхідне застосування різних технічних прийомів і способів захисту, створення нової техніки і технології, що забезпечують оптимальні умови праці.

Охорона праці, техніка безпеки, промислова санітарія і охорона навколишнього середовища безпосередньо впливають на захворюваність робітників та службовців, що, у свою чергу, відображається на продуктивності праці, а, отже, і на техніко-економічні показники виробництва.

Відповідальність за стан охорони праці несе адміністрація підприємства, організацій і установ [15].

9.1 Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожежо- та вибухонебезпечність речовин, що застосовано та одержано в проектованому виробництві

Основні фізико-хімічні властивості та характеристика токсичності хімічних речовин, які використовуються та одержують в проектованому виробництві кальцинованої соди, представлені в табл. 9.1, 9.3 [16].

В табл. 9.2 наведені характеристики пожежебезпеки використуваних та одержуваних речовин [17].

Таблиця 9.1 – Основні фізико-хімічні властивості речовин

Назва речовини		Емпірична формула	Структурна формула	Агрегатний стан	Температура плавлення, °C	Температура кипіння, °C
Раціональна номенклатура	Систематична номенклатура					
1	2	3	4	5	6	7
Натрій	Хлорид натрію	NaCl	Na – Cl	Рідина	–	110

хлорид						
Кальцій карбонат	Карбонат кальцію	CaCO ₃	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}-\text{C}-\text{O} \\ \backslash \ / \\ \text{Ca} \end{array}$	Тверда речовина	825 (кальцит) 1339 (арагоніт)	–
Амоній гідроксид	Аміак водний	NH ₄ OH	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{N}-\text{O}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Рідина	–91,5	24,7-37,7
Кокс	Кокс	C	–	Тверда речовина	–	–
Кальцій оксид	Оксид кальцію	CaO	Ca=O	Тверда речовина	2570	2850
Карбон (IV) оксид	Оксид вуглецю (IV)	CO ₂	O=C=O	Газ	–	–
Кальцій гідроксид	Гідроксид кальцію	Ca(OH) ₂	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{O}-\text{Ca} \\ \\ \text{O}-\text{H} \end{array}$	Рідина	–	–
Динатрій карбонат	Карбонат натрію	Na ₂ CO ₃	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{Na}-\text{O}-\text{C}-\text{O}-\text{Na} \end{array}$	Тверда речовина	854	1600

Таблиця 9.2 – Показники вибухо- і пожеженебезпечності

Речовина	Температура спалаху °С	Температура самозапалення °С	Межі розповсюдження полум'я концентраційні				Межі спалахування температурні, °С	
			г/м ³		% об.		нижня	верхня
			нижня	верхня	нижня	верхня		
Аміак	–	650	112	189	15	28	17	28
Кокс	700	–	–	–	–	–	–	–

Таблиця 9.3 – Характеристики застосовуваних і одержаних речовин

Речовина	Клас шкід- ливості	Характер дії на організм людини	Граничнодопустима концентрація				Засоби індиві- дуального захисту
			у повітрі, мг/м ³			у воді, мг/л	
			робочої зони	населеного пункту			
				С _{мр} *	С _{сд} **		
1	2	3	4	5	6	7	8
Карбонат кальцію	4	При потраплянні в очі: викликає подразнення. При вдиханні: кашель.	6	–	–	–	Респіратор «Пелюстка- 200», «Кама», У-2К. Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи

Хлорид натрію	3	<p>При потраплянні в очі: різь, сльозотеча, почервоніння слизуватих оболонок.</p> <p>При потраплянні на шкірі: сухість, лущення, почервоніння, подразнення.</p> <p>При ковтанні: нудота, блювота, діарея</p>	5 аерозол ь	-	-	-	<p>Респіратор «Айстра-2».</p> <p>Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, гумові чоботи, фартух з гумованої тканини</p>
---------------	---	--	-------------------	---	---	---	--

Продовження табл. 9.3

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

Аміак водний	4	<p>При потраплянні в очі: опіки, біль, сльозотеча, кон'юнктивіт, можлива зміна роговиці, втрата зору.</p> <p>При потраплянні на шкіру: сильний біль, почервоніння, при тривалому впливі – утворення пухирців.</p> <p>При ковтанні: опік порожнини рота, набряк язик і глотки, головний біль, біль у животі, нудота, блювота, іноді з домішкою крові.</p> <p>При вдиханні: збудження, що змінюється на млявість, сльозотеча, ускладнене дихання, чхання, першіння в горлі, м'язовий біль, біль у шлунку</p>	20	–	–	0,05-2,9	<p>Фільтручий протигаз марки «КД», «М».</p> <p>Костюм з прогумованої тканини, гумові печатки, захисні окуляри</p>
Оксид вуглецю (IV)	4	Не токсичний. Небезпечний лише в дуже великих кількостях (чинить задушливу дію)	9000	–	–	–	Бавовняний костюм або комбінезон, берет, шкіряні чоботи

Кокс	4	<p>При потраплянні в очі: викликає подразнення.</p> <p>При вдиханні: кашель</p>	10	–	–	–	<p>Респіратор «Пелюстка-200».</p> <p>Бавовняний костюм, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи</p>
------	---	---	----	---	---	---	---

Продовження табл. 9.3

1	2	3	4	5	6	7	8
Оксид кальцію	2	<p>При потраплянні в очі: сильна сльозотеча, набряк повік, почервоніння кон'юнктиви, подразнення радужної оболонки ока.</p> <p>При вдиханні: кашель, нежить, біль у горлі; порушення ритму дихання.</p> <p>При потраплянні на шкіру: почервоніння, набряк; на мокру шкіру – можливі опіки</p>	1	–	–	–	<p>Респіратор «Пелюстка-200», «Кама», У-2К.</p> <p>Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи</p>

Гідроксид кальцію	3	<p>При потраплянні на шкіру: почервоніння, свербіння, опіки.</p> <p>При потраплянні в очі: сльозотеча, біль, помутніння роговиці ока, порушення зору.</p> <p>При ковтанні: першіння в горлі, кашель, чхання, опіки слизуватих оболонок, бронхів.</p>	2,0	–	–	–	Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи
Карбонат натрію	3	<p>При ковтанні: нудота.</p> <p>При потраплянні в очі: викликає подразнення.</p> <p>При вдиханні: кашель</p>	2	–	–	–	Респіратор «Пелюстка-200», «Кама», У-2К. Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи

9.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Згідно ГОСТ 12.0.003-74 "ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация" для виробництва кальцинованої соди характерні наступні небезпеки:

- застосування токсичних, вибухонебезпечних і пожежонебезпечних речовин (характеристики речовин наведені в табл. 9.1 – 9.3);
- застосування вакууму на стадіях регенерації аміаку та фільтрації;
- наявність корозійно-небезпечного середовища (насичений розчин хлориду амонію, аміачна вода, вапняне молоко);
- наявність високих температур (вапняно-випалювальні печі, кальцинатори);
- застосування електричної енергії;
- застосування підйомно-транспортного обладнання, а також обладнання з рухомими і обертовими частинами (мостовий кран, кран-балка, приводи мішалок, конвеєрів).

9.3 Заходи запобігання шкідливим і небезпечним виробничим факторам

9.3.1 Вентиляція виробничих приміщень

Згідно норм у виробничих приміщеннях з об'ємом на одного працюючого більше 20 м³, подача зовнішнього повітря повинна становити не менш 20 м³/годину.

У побутовому приміщенні, у приміщеннях чистого та забрудненого одягу використовується подача зовнішнього повітря, а в душі – витяжна вентиляція, з компенсацією повітря, яке видаляється за рахунок надходження його з чистого відділу побутового приміщення.

В виробничому приміщенні передбачена змішана (природна та механічна) вентиляція. У приміщеннях з пилеподібними шкідливими виділеннями слід

подавати припливне повітря для усунення можливості надходження шкідливих речовин з сусідніх приміщень. Кратність повітрообміну в приміщенні повинна бути не менш 5 [18].

Виконаємо розрахунок вентиляції для центрального пульта управління стадії кальцинації технічного гідрокарбонату натрію. Приміщення ЦПУ має габаритні розміри: довжина – 24 м, ширина – 12 м, висота – 3,5 м.

Кількість повітря, яку необхідно подати в приміщення, визначається за формулою [19]:

$$W = K \cdot V, \quad (42)$$

де K – кратність повітрообміну, година⁻¹;

V – об'єм приміщення, м³.

$$V = a \cdot b \cdot h, \quad (43)$$

де a , b , h – довжина, ширина і висота ЦПУ відповідно.

$$V = 24 \cdot 12 \cdot 3,5 = 1008 \text{ м}^3.$$

$$W = 5 \cdot 1008 = 5040 \text{ м}^3/\text{годину}.$$

Вибираємо вентилятор відцентровий типу В-Ц4-70 (1-го виконання) для продуктивності 5800 м³/годину. Технічна характеристика вентилятора:

- номер вентилятора – 5,00;
- напір, мм.вод. ст. – 72;

- частота обертання, об/хв – 1500;
- електродвигун ТИП – 4А90L4;
- потужність, кВт – 2,2.

При перевищенні ГДК шкідливих компонентів включається аварійна вентиляція. Тип вентилятора В-Ц4-70 вибухобезпечного типу, продуктивність 2000 м³/годину, потужність – 1,5 кВт, електродвигун типу В63 У2, кількість вентиляторів 1 шт. Така вентиляція забезпечить достатній повітрообмін у приміщенні центрального пункту управління, в випадку аварійної ситуації на виробництві [19].

9.3.2 Опалення виробничих приміщень

Опалення центрального пункту управління здійснюється від пункту тепlopостачання. В якості опалювальних пристроїв використовуються радіатори. Кількість тепла, необхідна для обігріву приміщення, визначається за формулою [19]:

$$Q_0 = q \cdot F \cdot (1 + K), \quad (44)$$

де $q = 152$ – укрупнений показник максимальної витрати на опалення 1 м²

приміщення, Вт/м²;

F – площа приміщення, м²;

$K = 0,34$ – коефіцієнт, що враховує витрати теплоти на опалення.

$$F = 24 \cdot 12 = 288 \text{ м}^2.$$

$$Q = 152 \cdot 288 \cdot (1 + 0,34) = 46439 \text{ Вт.}$$

Площу поверхні радіаторів визначимо за формулою [19]:

$$H = \frac{Q}{506}, \quad (45)$$

де Q – кількість тепла, необхідна для обігріву приміщення, Вт.

$$\dot{H} = \frac{46439}{506} = 91,8 \text{ Вт}.$$

По розрахунковій площі вибираємо радіатор марки М-140АТ із площею поверхні нагрівання однієї секції 0,35 екм (0,299 м²) і об'ємом 4,1 м³. Для забезпечення необхідної площі поверхні нагрівання встановлюємо 20 радіаторів по 14 секцій у кожному.

9.3.3 Освітлення виробничих приміщень

Виробничі приміщення можуть освітлюватися природним або штучним світлом. Центральний пульт управління за зоровими умовами відноситься до III розряду (точні роботи).

Розрахунок природного освітлення зводиться до визначення кількості віконних отворів.

Сумарна площа віконних отворів приблизно розраховується, як добуток площі приміщення на світловий коефіцієнт приміщення і визначається за формулою [19]:

$$S_{\text{вік}} = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{6} \right) \cdot S_{\text{п}}, \quad (46)$$

де $S_{\text{вік}}$ – загальна площа віконних отворів, м²;

$S_{\text{п}}$ – площа виробничого приміщення, м²;

$$S_{\text{п}} = a \cdot b = 24 \cdot 12 = 288 \text{ м}^2, \quad (47)$$

де $a = 24$ – довжина приміщення ЦПУ, м;

$b = 12$ – ширина приміщення ЦПУ, м.

$1/6 \div 1/5$ – світловий коефіцієнт для приміщень хімічних виробництв.

$$S_{\text{вік}} = \frac{1}{5} \cdot 288 = 57,6 \text{ м}^2.$$

Розмір одного вікна: висота – 3 м, ширина – 2 м. Кількість вікон – 10 шт.

Виконаємо розрахунок загального штучного освітлення.

Штучне освітлення передбачається в приміщеннях і на відкритій території при недостатності природного освітлення.

Число джерел світла, потрібне для освітлення приміщення, визначається за методом світлового потоку за формулою [19]:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot \hat{E}}{F \cdot U \cdot Z}, \quad (48)$$

де $E = 100$ – мінімальна допустима освітленість робочих поверхонь для

розряду роботи III, лк.

$S = 288$ – площа приміщення, що освітлюється, м^2 ;

$F = 2510$ – світловий потік лампи потужністю 200 Вт, лм;

$K = 1,3$ – коефіцієнт запасу;

$Z = 1,15$ – поправочний коефіцієнт, який залежить від конструкції світильника;

$U = 0,4$ – коефіцієнт використання освітлювальної установки, який залежить від конструкції світильника, коефіцієнта відбиття стелі і стін, а також показника приміщення.

Значення показника приміщення i визначається за формулою [19]:

$$i = \frac{a \cdot b}{h(a + b)}, \quad (49)$$

де a і b – довжина і ширина приміщення, м

h – висота від рівня робочого місця до нижньої точки підвісу світильника, м.

$$h = H - 1,2 - 0,8 = 3,5 - 1,2 - 0,8 = 1,5 \text{ м.}$$

$$i = \frac{24 \cdot 12}{1,5(24 + 12)} = 5,33.$$

$$n = \frac{100 \cdot 288 \cdot 1,3}{2510 \cdot 0,4 \cdot 1,15} = 32.$$

Потужність електроосвітлювальної установки з урахуванням місцевого освітлення визначається по формулі [19]:

$$N = \frac{n \cdot W + (0,1 \div 0,2) \cdot n \cdot W}{1000}, \quad (50)$$

де n – розрахункова кількість ламп для освітлення даного приміщення, шт.

W – потужність однієї лампи, Вт.

$(0,1 \div 0,2) \cdot W$ – додаткова потужність для ламп місцевого освітлення, Вт.

$$N = \frac{32 \cdot 200 + 0,15 \cdot 32 \cdot 200}{1000} = 7,36 \text{ \AA}.$$

Світильники розташовуються в 4 ряди по 8 світильників в кожному ряду. Відстань від стіни складає – 2,55 м, між рядами світильників – 2,7 м, між світильниками в ряду – 2,7 м.

Схема розміщення розрахункової кількості світильників показана на рис. 9.1.

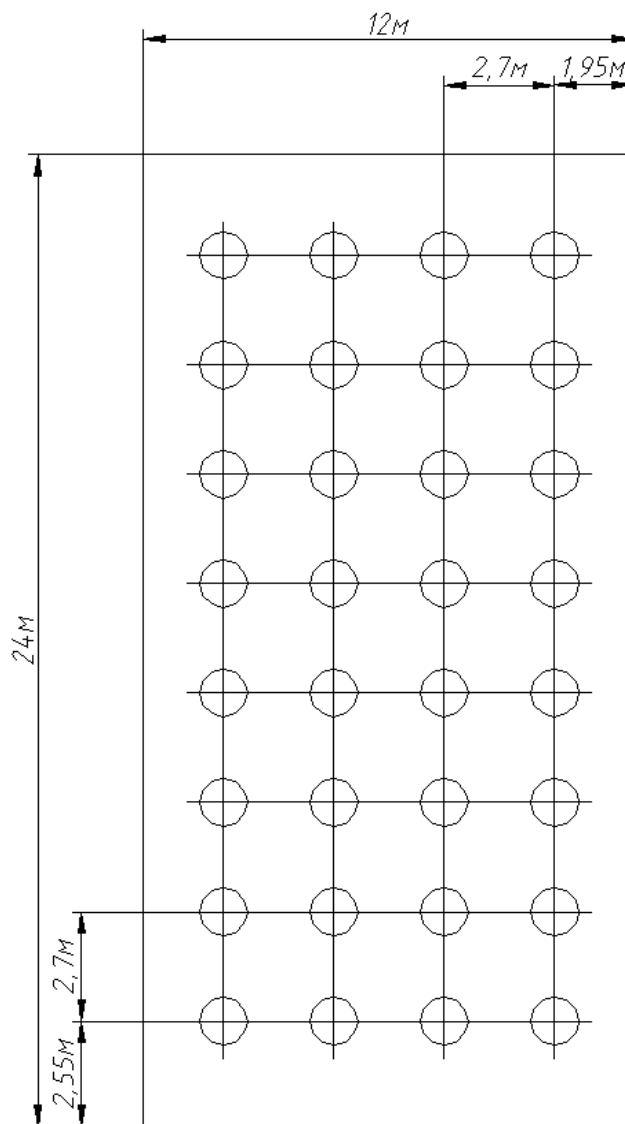


Рисунок 9.1 – Схема розміщення розрахункової кількості світильників

В темний час доби або при недостатності природного освітлення на установці використовується штучне освітлення, призначене для освітлення робочих поверхонь. Зовнішнє освітлення установки здійснюють переважно за допомогою прожекторів потужністю 500-1500 Вт, розміщених на металевих опорах або конструктивних елементах будівлі на висоті не більше 6 м (так зване освітлення що заливає світлом). Крім того, використовуються лампи розжарювання потужністю не більше 200 Вт (так зване точкове освітлення) [20].

9.3.4 Заходи боротьби з шумом та вібрацією

Рекомендовано застосовувати як організаційні, так і технічні заходи:

- усунення або зменшення вібрації та шуму в джерелах їх утворення, а потім застосування заходів зменшення шуму на шляху його розповсюдження, а також засобів індивідуального захисту;
- жорстке кріплення віброуючих деталей та вузлів, усунення надлишкових зазорів в супраженнях машин і механізмів;
- амортизація та віброізоляція з допомогою сталъних пружин (ресор) і пружних матеріалів (гума, повсть, деревина, пробка);
- балансування (врівноваження) рухомих і особливо обертових деталей і механізмів;
- збільшення загальної маси фундаменту і використання металічних масивних плит в фундаментних опорах;
- ізоляція фундаменту устаткування від ґрунту за допомогою повітряних розривів (акустичних швів);
- зміна числа обертів джерела вібрації для збільшення розриву між власною частотою коливань і резонансною частотою;
- застосування динамічних віброгасників;
- заповнення потенційних резонуючих порожнин демпфуючими матеріалами (гума, повсть, азбест, тощо);
- зниження рівню шуму, що утворюється за руху газів і повітря у трубопроводах, шляхом збільшення площі поперекового перетину газоходів тощо;
- заміна ударного устаткування безударним.

Працюючі в зонах з рівнем шуму вище 80 дБ повинні забезпечуватися і використовувати "беруши", протишумові навушники які закривають вушну раковину ззовні. Для захисту від вібрації передбачають віброізолююче взуття і рукавички [21].

9.3.5 Заходи захисту від статичної електрики

Іскри розрядів статичної електрики, що утворюються в результаті тертя двох діелектриків друг об друга або діелектриків об метали, часто є джерелами пожеж і вибухів. Для запобігання небезпек, пов'язаних з іскровими розрядами статичної електрики, проектом передбачений захист шляхом відводу в землю зарядів і вирівнювання потенціалів, що створюються на апаратах, трубопроводах і металевих конструкціях.

Система апаратів, трубопроводів і повітроводи у межах заводу заземлюються не менш, ніж у двох місцях приєднанням до магістралей захисного заземлення або до вогнищ заземлення.

Всі паралельно йдучи або перетинаючи трубопроводи, розташовані між собою на відстані 10 см і менш з'єднуються перемичками на відстані від 25 до 30 метрів кожна. Трубопроводи, що проходять на такій же відстані від металевих сходів і конструкцій будинків, з'єднані з ними перемичками.

Трубопроводи вентиляції й повітроводи на всьому протязі повинні представляти безперервне електричне коло через фланцеві з'єднання.

Всі фланцеві з'єднання на трубопроводах природного й скидного газу забезпечуються токопровідними металевими перемичками.

Для відведення статичної електрики, що накопичується на людині передбачають: використання електропровідних підлог, заземлення ручок дверей, рукояток приладів і апаратів; забезпечення працівників струмопровідним взуттям [18].

9.3.6 Заходи електробезпеки

До таких заходів відносяться:

- забезпечення недоступності струмоведучих частин, що знаходяться під напругою;
- електричний розподіл мережі;
- усунення небезпеки поразки за з'явлення напруги на корпусах, кожухах та частинах електроустаткування, що досягається використанням малих напруг;
- застосуванням подвійної ізоляції, вирівнюванням потенціалу, захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням; застосування спеціальних електрозахисних засобів – переносних приладів і пристроїв; організація безпечної експлуатації електроустановок тощо.

Для усунення переходу напруги на корпус і на неструмоведучі частини електричного і технологічного обладнання за замкнення на них одної з фаз застосовують захисне заземлення або занулення [22].

Розрахунок заземлюючого контуру здійснюють, виходячи з умови, що загальний опір заземлюючого контуру $R_{ззп}$, повинен бути меншим 4 Ом.

Загальний опір захисного заземлюючого пристрою визначається за формулою [19]:

$$R_{ззп} = \frac{R_3 \cdot R_{ш}}{R_{ш} \cdot n \cdot \eta_3 + R_3 \cdot \eta_{ш}}, \quad (51)$$

де R_3 – опір заземлювача, яким можуть бути стержні, труби, кутки, Ом;

$R_{ш}$ – опір штаби, що з'єднує заземлювачі, Ом;

n – кількість заземлювачів;

$\eta_3 = 0,2-0,9$ – коефіцієнт екранування заземлювача; приймається в межах;

$\eta_{ш} = 0,1-0,7$ – коефіцієнт екранування з'єднуючої штаби.

Опір заземлювача визначається за формулою [19]:

$$R_3 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right), \quad (52)$$

де $\rho = 450$ – питомий опір ґрунту, Ом·м;

$l = 8$ – довжина заземлювача, м;

$d = 0,02$ – діаметр заземлювача, м;

$t = 4,5$ – відстань від середини забитого в ґрунту заземлювача до рівня землі, м.

$$R_3 = \frac{450}{2 \cdot 3,14 \cdot 8} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 8}{0,02} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 4,5 + 8}{4 \cdot 4,5 - 8} \right) = 64,1 \hat{\Omega} \cdot \text{м}.$$

Опір шваби, що з'єднує заземлювачі визначається за формулою [19]:

$$R_{ш} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t}, \quad (53)$$

де $L = 410$ – довжина шваби, що з'єднує заземлювачі, м;

$b = 0,05$ – ширина шваби, м;

$t' = 0,5$ – глибина заземлення від рівня землі, м;

$$R_{\phi} = \frac{450}{2 \cdot 3,14 \cdot 410} \cdot \ln \frac{2 \cdot 500^2}{0,05 \cdot 0,5} = 2,94 \hat{\Omega} \cdot \text{м}.$$

Кількість заземлювачів захисного заземлюючого пристрою визначається за формулою [19]:

$$n = \frac{2 \cdot R_3}{4 \cdot \eta_3}, \quad (54)$$

де 4 – припустимий загальний опір, Ом;

2 – коефіцієнт сезонності.

$$n = \frac{2 \cdot 64,1}{4 \cdot 0,5} = 64.$$

Тоді

$$R_{\text{ззп}} = \frac{64,1 \cdot 2,94}{2,94 \cdot 64 \cdot 0,5 + 64,1 \cdot 0,4} = 1,57 \hat{\Omega}.$$

Висновок: розроблений заземлюючий контур можна використовувати на проєктованому виробництві, оскільки його опір $R_{\text{ззп}} < 4$ Ом, що відповідає вимогам ПУЕ.

9.4 Заходи пожежної безпеки

Пожежі й вибухи можуть виникнути в результаті порушення технологічного режиму, несправності устаткування, порушення герметизації устаткування й комунікацій, порушення правил пожежної безпеки и т.п.

З метою попередження виникнення пожеж або вибухів необхідно дотримувати наступних правил:

1. Забороняється палити на робочому місці та виробничих приміщеннях. Палити дозволяється тільки в спеціально відведених місцях.
2. Засоби пожежогасіння (пісок, азбестова ковдра, вогнегасники) повинні знаходитися в легко доступних місцях та перебувати завжди в справному стані.
3. Обслуговуючий персонал повинен знати розташування протипожежного інвентарю та вміти ним користуватися. Застосовувати пожежний інвентар для господарських потреб строго забороняється.
4. Масло для змащення обертових частин устаткування повинне застосовуватися з температурою спалаху на 75°C вище, ніж припустима максимальна температура у вузлах тертя.
5. Не дозволяється розкидати промаслені ганчірки або класти їх на опалювальні прилади. Промаслена дрантя повинна вчасно та регулярно збиратися в спеціальний металевий ящик з кришкою, що щільно запирається.
6. Забороняється захаращувати проходи, сходові клітки, а також підходи до засобів пожежогасіння.
7. При виникненні пожежі треба негайно викликати пожежну охорону по телефонах 101 або пожежним сповіщувачем. Вжити заходів до обмеження и ліквідації пожежі силами зміни.

8. Гасіння вогнища пожежі на електроустаткуванні здійснюється після повного відключення його від живлення порошковими (ОП-5, ОП-9), вуглекислотними (ЕОУ-5,10) вогнегасниками, піском, азотом або азбестовою ковдрою [15].

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті розроблена стадія кальцинації технічного гідрокарбонату натрію в виробництві кальцинованої соди потужністю 620 тис. т/рік.

Аналіз способів виробництва кальцинованої соди, що існують на сьогоднішній день, показав, що для хімічної галузі України найбільш прийнятним є аміачний спосіб виробництва, оскільки є потужні сировинні ресурси – поклади карбонатної сировини та кухонної солі.

В дипломному проекті подана детальна характеристика вихідної сировини, технологічного палива, допоміжних речовин, а також готової продукції. На підставі прийнятого способу виробництва були розглянуті фізико-хімічні основи технологічного процесу кальцинації гідрокарбонату натрію, вибрана технологічна схема, виконані розрахунки матеріального та теплового балансу стадії кальцинації, конструктивний та механічний розрахунки парового кальцинатора, вибране основне і допоміжне технологічне обладнання.

Особлива увага в дипломному проекті була приділена охороні навколишнього середовища та способам переробки відходів виробництва кальцинованої соди у продукти народногосподарського значення.

Автоматичне регулювання стадії парової кальцинації технічного гідрокарбонату натрію дає можливість проводити технологічний процес

відповідно до норм технологічного режиму, що забезпечує високу якість продукції, яка відповідає нормам ГОСТу.

В розділі «Охорона праці» детально розглянуті шкідливі виробничі фактори на проектованому виробництві та заходи запобігання цим факторам, а також виконані розрахунки вентиляції, опалювання, освітлення та заземлення приміщення центрального пункту управління стадії кальцинації технічного гідрокарбонату натрію.