

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Хіміко-технологічний факультет
Кафедра технології неорганічних речовин та загальної хімічної технології

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ Н. М. Толстопалова
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ____ ” червня 2016 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності _____ **6.051301 «Хімічна технологія»** _____
(код і назва)

на тему: _____ **Відділення ретурної кальцинації гідрокарбонату натрію у
виробництві кальцинованої соди** _____

Виконав: студент 4 курсу, групи ХН-21

_____ **Романченко Тарас Олександрович** _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник: доц., к. т. н. Прокоф'єва Галина Миколаївна _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант з автоматизації ст.викладач Лукінюк Михайло Васильович _____
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант з економічної частини доц., к.т.н. Підлісна Олена Анатоліївна _____
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант з охорони праці доц., к.т.н. Полукаров Юрій Олексійович _____
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ – 2016 рік

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»**

Факультет хіміко-технологічний
(повна назва)

Кафедра технології неорганічних речовин та загальної хімічної технології
(повна назва)

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
(назва ОКР)

Напрямок підготовки 6.051301 Хімічна технологія
(код і назва)

Професійне спрямування Хімічна технологія неорганічних речовин
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри

_____ Н. М. Толстопалова
(підпис) (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 201 ____ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

_____ Романченку Тарасу Олександровичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Відділення ретурної кальцинації гідрокарбонату натрію у виробництві кальцинованої соди _____

керівник проекту доц., к. т. н. Прокоф'єва Галина Михайлівна _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 201 ____ р. № _____

2. Строк подання студентом проекту червня 2016 р.

3. Вихідні дані до проекту Видатність парового кальцинатора – 300 т/добу; ретурний режим кальцинації з установкою парового кальцинатора та механічного фільтра _____

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

Вступ. 1. Вибір способу кальцинації. 2. Фізико-хімічні основи процесу кальцинації.

3. Характеристика сировини і готового продукту. 4. Розрахунок матеріального балансу

парового кальцинатора. 5. Розрахунок теплового балансу парового кальцинатора. 6. Опис

технологічної схеми кальцинації. 7. Опис і розрахунок основного і допоміжного обладнання

відділення кальцинації. 8. Автоматичне регулювання та контроль виробництва.

9. Стандартизація і метрологія. 10. Охорона навколишнього середовища. 11. Охорона праці.

12. Економіко-організаційні розрахунки. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу. Обов'язкові креслення:

- технологічна схема відділення кальцинації (1 лист формату А1);
- схема парового кальцинатора (1 лист формату А1);
- ілюстрація хімічної схеми процесів, відбуваючихся при кальцинації (1 лист формату А1);
- схема автоматизації відділення кальцинації (1 лист формату А1);
- ілюстрація розрахунку техніко-економічних показників для старої і вдосконаленої схем кальцинації (1 лист формату А1).

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	доц. Прокоф'єва Г. М.		
	ст.викладач Лукінюк М. В.		
	доц. Підлісна О. А.		
	доц. Полукаров Ю. О.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного Проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Обґрунтування та вибір способу і технологічної схеми виробництва. Описання технологічної схеми виробництва. Креслення технологічної схеми на форматі А4.	10 березня	
2	Характеристика продукції, сировини, допоміжних матеріалів, енергетичних носіїв. Характеристика прийнятого методу виробництва. Хімізм та теоретичні основи і обґрунтування норм технологічних режимів.	15 березня 20 березня	
3	Комп'ютерний набір технологічної частини пояснювальної записки.	16 квітня	
4	Характеристика технологічного обладнання: розрахунок та вибір основних апаратів; розрахунок і вибір допоміжного технологічного обладнання.	22 квітня 29 квітня	
5	Автоматичний контроль та керування виробництвом	15 травня	
6	Економіко – організаційні розрахунки	21 травня	
7	Екологічна безпека виробництва	25 травня	
8	Охорона праці виробничого процесу	31 травня	
9	Оформлення пояснювальної записки, виконання креслень та ілюстративних плакатів	2 червня	
10	Попередній захист	червня	

Студент

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

Керівник проекту

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

[illegible]

				ДП ХН2108 1440 000		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Розробн.					1	1
Керівн.					НТУУ «КПІ»	
Консульт.					Каф. _____	
Н/контр.					Гр. _____	
Зав.каф.						

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: Відділення ретурної кальцинації гідрокарбонату натрію у виробництві
кальцинованої соди

Київ – 2016 рік

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: стор.; табл.; рис.; бібліограф.

Розроблено проект реконструкції заключної стадії содового виробництва – відділення кальцинації на ПАТ “Слов’янський содовий завод”.

Наведені технічні вимоги до сировини та готової продукції. Наданий критичний аналіз існуючих способів кальцинації гідрокарбонату натрію. Запропонована реконструкція відділення кальцинації з використанням парового кальцинатора за ретурною схемою виробництва.

Розглянуті фізико-хімічні основи процесу і обґрунтовано вибір оптимального технологічного режиму. Складено матеріальний і тепловий баланси процесу. Розраховано та обрано основне та допоміжне обладнання.

Наведені технічні рішення по охороні праці та техніці безпеки.

Розглянуто екологічні аспекти процесу кальцинації.

Виконано економічні розрахунки.

КАЛЬЦИНОВАНА СОДА, ГІДРОКАРБОНАТ НАТРІЮ, РЕТУР,
ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС, ТЕПЛОВИЙ
БАЛАНС, АВТОМАТИЗАЦІЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ, ПАРОВИЙ
КАЛЬЦИНАТОР, МЕХАНІЧНИЙ ФІЛЬТР, ОХОРОНА ПРАЦІ, ОХОРОНА
ДОВКІЛЛЯ, ЕКОНОМІКА

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: стр.; табл.; рис.; библиограф.

Разработан проект реконструкции заключительной стадии содового производства – отделения кальцинации на ЧАО “Славянский содовый завод”.

Приведены технические требования к сырью и готовой продукции. Представлен критический анализ существующих способов кальцинации гидрокарбоната натрия. Предложена реконструкция отделения кальцинации с использованием парового кальцинатора по ретурной схеме производства.

Рассмотрены физико-химические основы процесса и обоснован выбор оптимального технологического режима. Составлены материальный и тепловой балансы процесса. Рассчитано и выбрано основное и вспомогательное оборудование.

Приведены технические решения по охране труда и технике безопасности.

Рассмотрены экологические аспекты процесса кальцинации.

Сделаны экономические расчёты.

КАЛЬЦИНИРОВАННАЯ СОДА, ГИДРОКАРБОНАТ НАТРИЯ, РЕТУР, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА, МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС, ТЕПЛОВЫЙ БАЛАНС, АВТОМАТИЗАЦИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, ПАРОВОЙ КАЛЬЦИНАТОР, МЕХАНИЧЕСКИЙ ФИЛЬТР, ОХРАНА ТРУДА, ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ЭКОНОМИКА

ABSTRACT

Explanatory note: pages; tables; figures; bibliography

The reconstruction project of the final stage of soda ash production (section of the calcination) at the private company “Slovyansk soda factory” was developed.

Technical requirements to the raw stuff and to the finished product are given. Critical analysis of existing ways of the sodium hydrocarbonate calcination was given. The reconstruction of the calcination section with a steam calciner usage was offered. Retur calcination process was proposed.

Physical-chemical bases of the process were considered and the choice of the optimal technological mode was proved. Material and heat balances of the process were calculated. Basic and auxiliary devices and equipment were calculated.

Technical decisions on the work protection and on the accident prevention are given.

Ecological problems of the calcination process were considered.

Economical calculations were made.

SODA ASH, SODIUM HYDROCARBONATE, RETUR, FLOWSHEET,
MATERIAL BALANCE, HEAT BALANCE, AUTOMATISATION,
STANDARTISATION, STEAM CALCINER, MECHANICAL FILTER, WORK
PROTECTION, ENVIRONMENTAL PROTECTION, ECONOMY

ЗМІСТ

Стор.

Вступ.....	
1 Вибір способу кальцинації.....	
2 Фізико-хімічні основи процесу кальцинації.....	
3 Характеристика сировини і готового продукту.....	
4 Розрахунок матеріального балансу парового кальцинатора.....	
5 Розрахунок теплового балансу парового кальцинатора.....	
6 Опис технологічної схеми кальцинації.....	
7 Опис і розрахунок основного і допоміжного обладнання відділення кальцинації.....	
7.1 Розрахунок парового кальцинатора.....	
7.2 Розрахунок механічного фільтра.....	
7.3 Розрахунок ємностей.....	
7.4 Розрахунок насосів.....	
8 Автоматичне регулювання та контроль виробництва.....	
8.1 Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації та обґрунтування задач автоматизації.....	
8.2 Опис розробленої схеми автоматизації відділення ретурної кальцинації гідрокарбонату натрію.....	
8.3 Висновки.....	
9 Стандартизація і метрологія.....	
10 Охорона навколишнього середовища.....	
11 Охорона праці.....	
11.1 Виявлення й аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проєктованому об'єкті (у відділенні кальцинації гідрокарбонату натрію). Заходи з охорони праці.....	
11.1.1 Повітря робочої зони.....	
11.1.2 Виробниче освітлення.....	
11.1.3 Захист від виробничого шуму і вібрації.....	
11.1.4 Електробезпека.....	
11.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування устаткування.....	
11.2 Пожежна безпека.....	
12 Економіко-організаційні розрахунки.....	
12.1 Організаційна схема відділення ретурної кальцинації гідрокарбонату натрію.....	
12.2 Технологічна підготовка виробництва.....	
12.3 Оптимальний вид руху предметів праці.....	

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

12.4	Визначення середньорічної тривалості виробничого циклу, річного випуску продукції для послідовного ВРПП.....
12.5	Розрахунок необхідної кількості обладнання і працівників.....
12.6	Розрахунок чисельності персоналу явочної і за списком.....
12.7	Графік роботи цеху кальцинації, графік змінності.....
12.8	Баланс споживання оборотних фондів у цеху.....
12.9	Основні фонди у цеху.....
12.10	Калькуляція на вид продукції.....
12.11	Техніко-економічні показники.....
12.12	Висновки.....
	Висновки.....
	Перелік посилань.....
	Додатки А, Б, В

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

ВСТУП

Кальцинована сода відноситься до стратегічних продуктів. Найбільшими споживачами соди є енергетична, металургійна, хімічна та інші галузі промисловості.

В нафтохімічній промисловості карбонат натрію використовують для очистки нафти і масел.

В металургійній промисловості соду використовують при знесіркуванні та дефосфації чавуну, при знежиренні і рафінуванні металів, для обробки бокситів у виробництві алюмінію, при обробці золотоносних і уранових руд.

Карбонат натрію має досить широке використання у хімічній промисловості. Найбільшим споживачем соди є скляна промисловість (сода використовується для виготовлення різних видів скла, піноскла, глазурей). Карбонат натрію також використовують у целюлозно-паперовому виробництві, у виробництві соди, у виробництві синтетичних жирних кислот, у виробництві барвників, при очистці води та розсолів, у виробництві лаків та фарб, у коксохімічному виробництві, у виробництві осажденої крейди, у виробництві каустичної соди, у виробництві гідрокарбонату натрію, у виробництві натрієвих солей (кріоліт, гідросульфід натрію, хромпик натрієвий, фосфіт натрію, фосфати натрію, силікати натрію, натрієва селітра), у виробництві емалей, у виробництві пластмас та синтетичних смол, для виготовлення миючих засобів.

В легкій промисловості сода використовується у виробництві підошовних гум та штучних шкір, при дубленні шкір, в текстильній промисловості (обробка шовкових та бавовняних тканин).

В харчовій промисловості карбонат натрію використовується як емульгатор (харчова добавка E500), регулятор кислотності, розпушувач (використовують в хлібопеченні, у виготовленні кондитерських виробів, для приготування напоїв).

					ХН 2108 1440 000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Відділення ретурної кальцинації гідрокарбонату натрію у виробництві кальцинованої соди	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Романченко Т.О.				У		
Перевір.		Прокоф'єва Г.М.						
Н. Контр.		Супрунчук В.І.				НТУУ "КПІ" ХТФ ХН-21		
Затверд.		Голстопалова Н.М.						

Зростаючі потреби у кальцинованій соді сприяють збільшенню потужностей її виробництва, особливо у зв'язку з тимчасовою недоступністю для України Кримського содового заводу. Отже, реконструкція діючих в Україні содових заводів є актуальною проблемою.

В даному дипломному проекті розглядається реконструкція заключної стадії содового виробництва – відділення кальцинації на ПАТ “Слов’янський содовий завод”.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1 ВИБІР СПОСОБУ КАЛЬЦИНАЦІЇ

В основі способу кальцинації лежить високотемпературний процес розкладання гідрокарбонату натрію. Реалізація цього процесу відбувається ретурним та безретурним способами.

Наявність вологи в гідрокарбонаті натрію ускладнює експлуатацію обладнання для його термічного розкладу, оскільки вологий NaHCO_3 малосипучий, грудкується і налипає на стінки апаратів. Останнє пояснюється тим, що вільна волога, яка є насиченим розчином NaHCO_3 , при контакті з гарячою поверхнею інтенсивно випаровується, і утворюється пересичений розчин гідрокарбонату натрію. Далі виділяючись тверда фаза, кристалізуючись, утворює щільно прилипаючу до поверхні печі кірку. Твердий шар соди, маючий низьку теплопровідність, погіршує теплопередачу, гальмує розкладання, що знижує якість продукту; а в содових печах, обігріваємих ззовні топковими газами, – призводить до перегріву і прогорання стінок печі. Для боротьби з цим явищем вологий гідрокарбонат натрію змішують 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.

Недоліком цього способу є велика енергоємність: у технологічну схему включаються додаткові апарати – змішувач, у якому активно змішується ретур і вологий гідрокарбонат натрію; а також розподільувач, розподіляючий готовий карбонат натрію на готову продукцію і на ретур.

В основі безретурного способу лежить така ж схема, що і в ретурному, але зі схеми вилучаються змішувач і розподільувач готової соди, а натомість ставиться закидаючий пристрій, з допомогою якого вологий гідрокарбонат натрію спрямовується вглиб печі, де вже є сода, виконуюча роль ретурної. У безретурного способу є переваги, які пов'язані зі зменшенням енергетичних витрат і кількості апаратів. До недоліків цього

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

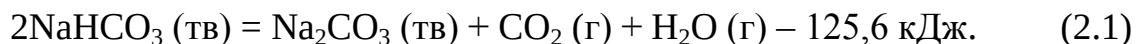
способу слід віднести недостатньо інтенсивне перемішування, що може спричинити погіршення якості продукту; також для кальцинації потрібна вища температура, ніж для ретурного способу, оскільки при змішуванні вологого гідрокарбонату натрію із содою утворюються грудочки; підвищення температури необхідне для завершення кальцинації у всій масі крупних гранул; в печі перемішування гідрокарбонату натрію і карбонату натрію йде гірше, ніж при ретурному способі, де перед кальцинатором стоїть змішувач, перемішуючий NaHCO_3 і Na_2CO_3 .

В основу даного дипломного проекту покладено ретурний спосіб кальцинації гідрокарбонату натрію в обертаючому паровому кальцинаторі.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2 ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ ПРОЦЕСУ КАЛЬЦИНАЦІЇ

Відфільтрований та відмитий вологий гідрокарбонат натрію надходить у відділення кальцинації, де в процесі його термічного розкладу утворюється карбонат натрію (кальцинована сода), вуглекислий газ і водяна пара. Сухий NaHCO_3 при нагріванні розкладається за реакцією:



Розкладання при сумарному тиску $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, дорівнюючому 100 кПа, відбувається за температури 120 °С. За правилом фаз ця система має один ступінь свободи, і тому рівноважний тиск парової фази залежить тільки від температури. З підвищенням температури рівновага зсувається вправо, і швидкість реакції зростає.

При розкладанні вологого гідрокарбонату натрію кількість складників і фаз збільшується на одиницю, і система залишається моноваріантною, тобто для вологого NaHCO_3 кожній температурі відповідатиме певний рівноважний тиск газової фази.

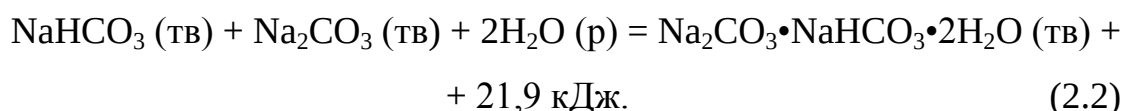
Волога в гідрокарбонаті натрію є насиченим розчином NaHCO_3 , тому рівноважний тиск газової фази над вологим гідрокарбонатом натрію визначається рівноважним тиском над насиченим розчином гідрокарбонату натрію. За даної температури цей тиск вищий, ніж над сухим NaHCO_3 . Тому при нагріванні вологого гідрокарбонату натрію спочатку розкладається розчинений NaHCO_3 з виділенням в газову фазу не тільки води, але й вуглекислого газу.

Після видалення води рівноважний тиск над залишившимся сухим гідрокарбонатом натрію знижується, в зв'язку з чим його розкладання стає важчим. Розкладання сухого NaHCO_3 при сумарному тиску утворюючихся CO_2 і H_2O , який становить 98066,5 Па, відбувається при 120 °С без утворення проміжних сполук. При доступі в зону розкладання повітря або іншого газу, знижуючого сумарний тиск $P(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})$ над осадом, розкладання може відбуватись і за більш низьких температур.

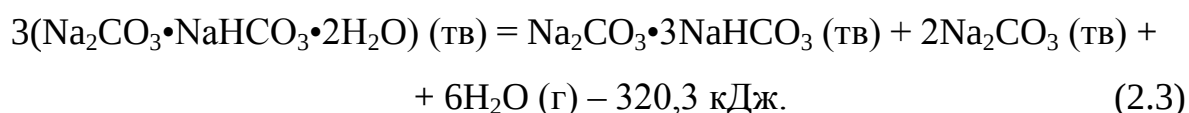
					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

В практичних умовах процес кальцинації сирого технічного гідрокарбонату натрію ускладнюється присутністю домішок і великої кількості вологи, що викликає грудкування NaHCO_3 , погіршує його перемішування і теплопередачу.

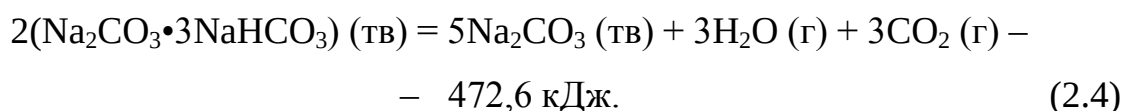
В ретурному способі для запобігання грудкуванню вводять ретур, сприяючий утворенню трони:



Трона при нагріванні спочатку при температурі 111°C втрачає кристалізаційну воду:



Далі при температурі 127°C відбувається розкладання подвійної солі:



Остання реакція є найповільнішою, лімітуючою процес кальцинації в цілому.

Сумарний рівноважний тиск $P(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})$ (в мм рт. ст.) над цією сіллю при 100°C становить 182, при 115°C – 420 і при 120°C – 551. Цю залежність можна виразити рівнянням

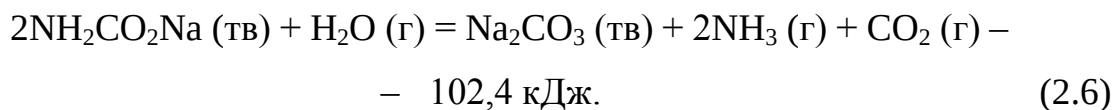
$$\lg (P(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})) = 11,72 - 3525/T. \quad (2.5)$$

Розрахунок за цим рівнянням показує, що тиск над подвійною сіллю, який становить 98066,5 Па, досягається при 126°C . Таким чином, на практиці процес кальцинації повинен здійснюватися за температури не нижче 126°C . Для прискорення процесу кальцинації в умовах виробництва температуру підвищують до 140°C і вище.

Крім вологи, технічний гідрокарбонат натрію містить також карбамат натрію, кристали якого включені в кристалічну ґратку гідрокарбонату натрію. При утворенні трони відбувається руйнування кристалічної

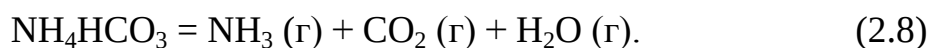
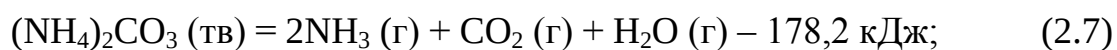
					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

решітки NaHCO_3 , і карбамат натрію легко розкладається в присутності водяної пари:

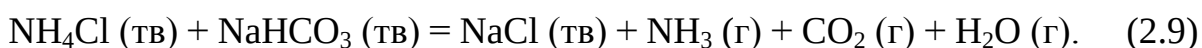


З фільтровою рідиною в технічний гідрокарбонат натрію потрапляють домішки карбонату амонію і гідрокарбонату амонію, та хлориду натрію і хлориду амонію.

Карбонат амонію і гідрокарбонат амонію легко розкладаються при нагріванні:



Хлорид амонію реагує з NaHCO_3 , забруднюючи при цьому соду утворюючимся хлоридом натрію:



Також в кальцинаторі проходить розкладання NaHCO_3 :



					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3 ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ І ГОТОВОГО ПРОДУКТУ

Сировиною є NaHCO_3 . Вологий технічний гідрокарбонат натрію містить, % масові:

NaHCO_3	76
Na_2CO_3	2,9
NH_4HCO_3	1,8
$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	1,1
NaCl	0,2
$\text{NH}_2\text{CO}_2\text{Na}$	0,8
NH_4Cl	1,2
H_2O	16

Вологий гідрокарбонат натрію малосипучий, грудкується і налипає на стінки апаратів. Волога являє собою насичений розчин NaHCO_3 .

Продуктом є кальцинована сода марки А ОКП 21 3111 0200 (вищий сорт ОКП 21 3111 0220), виготовляема згідно ГОСТ 5100—85 “Сода кальцинированная техническая. Технические условия”. Зовнішній вигляд кальцинованої соди: гранули білого кольору. Характеристики виготовляємої кальцинованої соди марки А: 1) масова частка Na_2CO_3 – не менше 99,4%; 2) масова частка Na_2CO_3 в перерахунку на непрожарений продукт – не менше 98,7%; 3) втрати маси при прожарюванні (за 270–300 °С) – не більше 0,7%; 4) масова частка хлоридів в перерахунку на NaCl , не більше 0,2%; 5) масова частка заліза в перерахунку на Fe_2O_3 – не більше 0,003%; 6) масова частка речовин, нерозчинних у воді, – не більше 0,04%; 7) масова частка сульфатів в перерахунку на Na_2SO_4 – не більше 0,04%. Гранулометричний склад: 1) залишок на ситі із сіткою № 2 К за ГОСТ 6613—86 – не нормується; 2) проходження крізь сито з сіткою № 1,25 К за ГОСТ 6613—86 – 100%; 3) залишок на ситі з сіткою № 1 К за ГОСТ 6613—86 – не більше 3%; 4) проходження крізь сито із сіткою № 01 К за

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ГОСТ 6613—86 – не більше 7%. Магнітні включення розміром більше 0,25 мм – відсутні. Насипна густина – не менше 1,1 г/см³.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

4 РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНОГО БАЛАНСУ ПАРОВОГО КАЛЬЦИНАТОРА

Розрахунок матеріального балансу виконано на основі закону збереження маси на 1000 кг сировини наступного складу, масові %: NaHCO_3 – 76; Na_2CO_3 – 2,9; NH_4HCO_3 – 1,8; $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ – 1,1; NaCl – 0,2; $\text{NH}_2\text{CO}_2\text{Na}$ – 0,8; NH_4Cl – 1,2; H_2O – 16. Отже, в 1000 кг сировини міститься:

$$m_{\text{NaHCO}_3} = 1000 \cdot 0,76 = 760 \text{ кг};$$

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 1000 \cdot 0,029 = 29 \text{ кг};$$

$$m_{\text{NH}_4\text{HCO}_3} = 1000 \cdot 0,018 = 18 \text{ кг};$$

$$m_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3} = 1000 \cdot 0,011 = 11 \text{ кг};$$

$$m_{\text{NaCl}} = 1000 \cdot 0,002 = 2 \text{ кг};$$

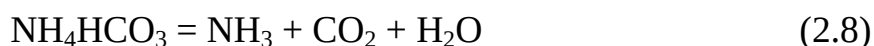
$$m_{\text{NH}_2\text{CO}_2\text{Na}} = 1000 \cdot 0,008 = 8 \text{ кг};$$

$$m_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 1000 \cdot 0,012 = 12 \text{ кг};$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \cdot 0,16 = 160 \text{ кг}.$$

Розрахунок матеріальних потоків за реакціями (2.6 – 2.10)

За реакцією 2.8:



$$M_{\text{NH}_4\text{HCO}_3} = 0,079 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$n_{\text{NH}_4\text{HCO}_3} = \frac{m_{\text{NH}_4\text{HCO}_3}}{M_{\text{NH}_4\text{HCO}_3}} \quad (4.1)$$

$$n_{\text{NH}_4\text{HCO}_3} = \frac{18}{0,079} = 227,848 \text{ моль}$$

$$n_{\text{NH}_3} = 227,848 \text{ моль}$$

$$M_{\text{NH}_3} = 0,017 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$m_{\text{NH}_3} = M_{\text{NH}_3} \cdot n_{\text{NH}_3} \quad (4.2)$$

$$m_{\text{NH}_3} = 0,017 \cdot 227,848 = 3,873 \text{ кг}$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$n_{\text{CO}_2} = 227,848 \text{ моль}$$

$$M_{\text{CO}_2} = 0,044 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$m_{\text{CO}_2} = M_{\text{CO}_2} \cdot n_{\text{CO}_2} \quad (4.3)$$

$$m_{\text{CO}_2} = 0,044 \cdot 227,848 = 10,025 \text{ кг}$$

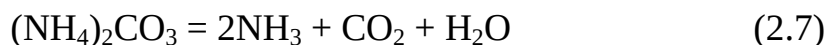
$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 227,848 \text{ моль}$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot n_{\text{H}_2\text{O}} \quad (4.4)$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 0,018 \cdot 227,848 = 4,101 \text{ кг}$$

За реакцією 2.7:



$$M_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3} = 0,096 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$n_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3} = \frac{m_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3}}{M_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3}} \quad (4.5)$$

$$n_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3} = \frac{11}{0,096} = 114,583 \text{ моль}$$

$$n_{\text{NH}_3} = 2 \cdot 114,583 = 229,166 \text{ моль} \quad (4.6)$$

$$m_{\text{NH}_3} = M_{\text{NH}_3} \cdot n_{\text{NH}_3} \quad (4.7)$$

$$m_{\text{NH}_3} = 0,017 \cdot 229,166 = 3,896 \text{ кг}$$

$$n_{\text{CO}_2} = 114,583 \text{ моль}$$

$$m_{\text{CO}_2} = M_{\text{CO}_2} \cdot n_{\text{CO}_2} \quad (4.8)$$

$$m_{\text{CO}_2} = 0,044 \cdot 114,583 = 5,042 \text{ кг}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 114,583 \text{ моль}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot n_{\text{H}_2\text{O}} \quad (4.9)$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 0,018 \cdot 114,583 = 2,062 \text{ кг}$$

Згідно з вихідними даними:

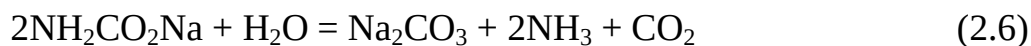
$$m_{\text{NaCl}} = 2 \text{ кг}$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Згідно з вихідними даними:

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 29 \text{ кг}$$

За реакцією 2.6:



$$M_{\text{NH}_2\text{CO}_2\text{Na}} = 0,083 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$n_{\text{NH}_2\text{CO}_2\text{Na}} = \frac{m_{\text{NH}_2\text{CO}_2\text{Na}}}{M_{\text{NH}_2\text{CO}_2\text{Na}}} \quad (4.10)$$

$$n_{\text{NH}_2\text{CO}_2\text{Na}} = \frac{8}{0,083} = 96,386 \text{ моль}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 96,386 : 2 = 48,193 \text{ моль} \quad (4.11)$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot n_{\text{H}_2\text{O}} \quad (4.12)$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 0,018 \cdot 48,193 = 0,867 \text{ кг}$$

$$M_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 0,106 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$n_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 96,386 : 2 = 48,193 \text{ моль} \quad (4.13)$$

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = M_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \cdot n_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \quad (4.14)$$

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 0,106 \cdot 48,193 = 5,108 \text{ кг}$$

$$n_{\text{NH}_3} = 96,386 \text{ моль}$$

$$m_{\text{NH}_3} = M_{\text{NH}_3} \cdot n_{\text{NH}_3} \quad (4.15)$$

$$m_{\text{NH}_3} = 0,017 \cdot 96,386 = 1,639 \text{ кг}$$

$$n_{\text{CO}_2} = 96,386 : 2 = 48,193 \text{ моль} \quad (4.16)$$

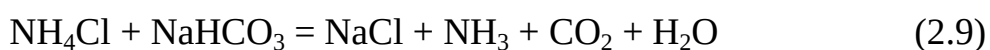
$$m_{\text{CO}_2} = M_{\text{CO}_2} \cdot n_{\text{CO}_2} \quad (4.17)$$

$$m_{\text{CO}_2} = 0,044 \cdot 48,193 = 2,12 \text{ кг}$$

Згідно з вихідними даними з урахуванням розрахунків:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 160 - 0,867 = 159,133 \text{ кг} \quad (4.18)$$

За реакцією 2.9:



					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$M_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 0,0535 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$n_{\text{NH}_4\text{Cl}} = \frac{m_{\text{NH}_4\text{Cl}}}{M_{\text{NH}_4\text{Cl}}} \quad (4.19)$$

$$n_{\text{NH}_4\text{Cl}} = \frac{12}{0,0535} = 224,299 \text{ моль}$$

$$M_{\text{NaHCO}_3} = 0,084 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$n_{\text{NaHCO}_3} = 224,299 \text{ моль}$$

$$m_{\text{NaHCO}_3} = M_{\text{NaHCO}_3} \cdot n_{\text{NaHCO}_3} \quad (4.20)$$

$$m_{\text{NaHCO}_3} = 0,084 \cdot 224,299 = 18,841 \text{ кг}$$

$$M_{\text{NaCl}} = 0,0585 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$n_{\text{NaCl}} = 224,299 \text{ моль}$$

$$m_{\text{NaCl}} = M_{\text{NaCl}} \cdot n_{\text{NaCl}} \quad (4.21)$$

$$m_{\text{NaCl}} = 0,0585 \cdot 224,299 = 13,121 \text{ кг}$$

$$n_{\text{NH}_3} = 224,299 \text{ моль}$$

$$m_{\text{NH}_3} = M_{\text{NH}_3} \cdot n_{\text{NH}_3} \quad (4.22)$$

$$m_{\text{NH}_3} = 0,017 \cdot 224,299 = 3,813 \text{ кг}$$

$$n_{\text{CO}_2} = 224,299 \text{ моль}$$

$$m_{\text{CO}_2} = M_{\text{CO}_2} \cdot n_{\text{CO}_2} \quad (4.23)$$

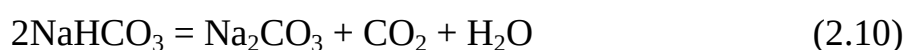
$$m_{\text{CO}_2} = 0,044 \cdot 224,299 = 9,869 \text{ кг}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 224,299 \text{ моль}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot n_{\text{H}_2\text{O}} \quad (4.24)$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 0,018 \cdot 224,299 = 4,037 \text{ кг}$$

За реакцією 2.10:



$$m_{\text{NaHCO}_3} = 760 - 18,841 = 741,159 \text{ кг} \quad (4.25)$$

$$n_{\text{NaHCO}_3} = \frac{m_{\text{NaHCO}_3}}{M_{\text{NaHCO}_3}} \quad (4.26)$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$n_{\text{NaHCO}_3} = \frac{741,159}{0,084} = 8823,321 \text{ моль}$$

$$n_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 8823,321 : 2 = 4411,661 \text{ моль} \quad (4.27)$$

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = M_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \cdot n_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \quad (4.28)$$

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 0,106 \cdot 4411,661 = 467,636 \text{ кг}$$

$$n_{\text{CO}_2} = 8823,321 : 2 = 4411,661 \text{ моль} \quad (4.29)$$

$$m_{\text{CO}_2} = M_{\text{CO}_2} \cdot n_{\text{CO}_2} \quad (4.30)$$

$$m_{\text{CO}_2} = 0,044 \cdot 4411,661 = 194,113 \text{ кг}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 8823,321 : 2 = 4411,661 \text{ моль} \quad (4.31)$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot n_{\text{H}_2\text{O}} \quad (4.32)$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 0,018 \cdot 4411,661 = 79,41 \text{ кг}$$

Сумарні кількості речовин:

$$\sum m_{\text{NH}_3} = 3,873 + 3,896 + 1,639 + 3,813 = 13,221 \text{ кг} \quad (4.33)$$

$$\begin{aligned} \sum m_{\text{CO}_2} &= 10,025 + 5,042 + 2,12 + \\ &+ 9,869 + 194,113 = 221,169 \text{ кг} \end{aligned} \quad (4.34)$$

$$\sum m_{\text{NaCl}} = 2 + 13,121 = 15,121 \text{ кг} \quad (4.35)$$

$$\begin{aligned} \sum m_{\text{H}_2\text{O}} &= 4,101 + 2,062 + 159,133 + \\ &+ 4,037 + 79,41 = 248,743 \text{ кг} \end{aligned} \quad (4.36)$$

$$\sum m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 29 + 5,108 + 467,636 = 501,744 \text{ кг} \quad (4.37)$$

$$\begin{aligned} \sum m_{\text{витрата}} &= \sum m_{\text{NH}_3} + \sum m_{\text{CO}_2} + \sum m_{\text{NaCl}} + \\ &+ \sum m_{\text{H}_2\text{O}} + \sum m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \end{aligned} \quad (4.38)$$

$$\begin{aligned} \sum m_{\text{витрата}} &= 13,221 + 221,169 + 15,121 + 248,743 + \\ &+ 501,744 = 999,998 \text{ кг} \end{aligned}$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Розрахунок масових відсотків речовин у приході:

$$\omega_{\text{NaHCO}_3} = \frac{m_{\text{NaHCO}_3}}{m_{\text{сировини}}} \cdot 100\% \quad (4.39)$$

$$\omega_{\text{NaHCO}_3} = \frac{760}{1000} \cdot 100\% = 76\%$$

$$\omega_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{m_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{m_{\text{сировини}}} \cdot 100\% \quad (4.40)$$

$$\omega_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{29}{1000} \cdot 100\% = 2,9\%$$

$$\omega_{\text{NH}_4\text{HCO}_3} = \frac{m_{\text{NH}_4\text{HCO}_3}}{m_{\text{сировини}}} \cdot 100\% \quad (4.41)$$

$$\omega_{\text{NH}_4\text{HCO}_3} = \frac{18}{1000} \cdot 100\% = 1,8\%$$

$$\omega_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3} = \frac{m_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3}}{m_{\text{сировини}}} \cdot 100\% \quad (4.42)$$

$$\omega_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3} = \frac{11}{1000} \cdot 100\% = 1,1\%$$

$$\omega_{\text{NaCl}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{m_{\text{сировини}}} \cdot 100\% \quad (4.43)$$

$$\omega_{\text{NaCl}} = \frac{2}{1000} \cdot 100\% = 0,2\%$$

$$\omega_{\text{NH}_2\text{CO}_2\text{Na}} = \frac{m_{\text{NH}_2\text{CO}_2\text{Na}}}{m_{\text{сировини}}} \cdot 100\% \quad (4.44)$$

$$\omega_{\text{NH}_2\text{CO}_2\text{Na}} = \frac{8}{1000} \cdot 100\% = 0,8\%$$

$$\omega_{\text{NH}_4\text{Cl}} = \frac{m_{\text{NH}_4\text{Cl}}}{m_{\text{сировини}}} \cdot 100\% \quad (4.45)$$

$$\omega_{\text{NH}_4\text{Cl}} = \frac{12}{1000} \cdot 100\% = 1,2\%$$

$$\omega_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{m_{\text{сировини}}} \cdot 100\% \quad (4.46)$$

$$\omega_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{160}{1000} \cdot 100\% = 16\%$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Розрахунок масових відсотків речовин у витраті (розході):

$$\omega_{\text{NH}_3} = \frac{m_{\text{NH}_3}}{\sum m_{\text{витрата}}} \cdot 100\% \quad (4.47)$$

$$\omega_{\text{NH}_3} = \frac{13,221}{999,998} \cdot 100\% = 1,32\%$$

$$\omega_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{\sum m_{\text{витрата}}} \cdot 100\% \quad (4.48)$$

$$\omega_{\text{CO}_2} = \frac{221,169}{999,998} \cdot 100\% = 22,12\%$$

$$\omega_{\text{NaCl}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{\sum m_{\text{витрата}}} \cdot 100\% \quad (4.49)$$

$$\omega_{\text{NaCl}} = \frac{15,121}{999,998} \cdot 100\% = 1,51\%$$

$$\omega_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{\sum m_{\text{витрата}}} \cdot 100\% \quad (4.50)$$

$$\omega_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{248,743}{999,998} \cdot 100\% = 24,87\%$$

$$\omega_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{m_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{\sum m_{\text{витрата}}} \cdot 100\% \quad (4.51)$$

$$\omega_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{501,744}{999,998} \cdot 100\% = 50,18\%$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Одержані результати розрахунків наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Матеріальний баланс парового кальцинатора

Прихід			Витрата		
Речовина	м, кг	ω, %	Речовина	м, кг	ω, %
NaHCO ₃	760	76	NH ₃	13,221	1,32
Na ₂ CO ₃	29	2,9	CO ₂	221,169	22,12
NH ₄ HCO ₃	18	1,8	NaCl	15,121	1,51
(NH ₄) ₂ CO ₃	11	1,1	H ₂ O	248,743	24,87
NaCl	2	0,2	Na ₂ CO ₃	501,744	50,18
NH ₂ CO ₂ Na	8	0,8			
NH ₄ Cl	12	1,2			
H ₂ O	160	16			
Σ	1000	100	Σ	999,998	100

Вологість сирого гідрокарбонату натрію:

$$W_{\text{вол. г.}} = 16\%$$

Приведена вологість суміші, надходячої на кальцинацію (з практичних даних):

$$W_{\text{сум.}} = 7\%$$

Кількість ретурної соди:

$$R = \frac{W_{\text{вол. г.}}}{W_{\text{сум.}}} - 1 \quad (4.52)$$

$$R = \frac{16}{7} - 1 = 1,286 \frac{\text{кг}}{\text{кг вологого NaHCO}_3}$$

Маса ретурної соди:

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ ретур}} = 1,286 \cdot 1000 = 1286 \text{ кг} \quad (4.53)$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

5 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ ПАРОВОГО КАЛЬЦИНАТОРА

Розрахунок статей приходу тепла:

$$Q_1 (\text{гріюча пара}) = x \text{ кДж}$$

$$t_2 (\text{вологий NaHCO}_3) = 20^\circ\text{C}$$

$$c_2 (\text{вологий NaHCO}_3) = 1,59 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$Q_2 (\text{вологий NaHCO}_3) = m_{\text{сировини}} \cdot t_2 (\text{вологий NaHCO}_3) \cdot c_2 (\text{вологий NaHCO}_3) \quad (5.1)$$

$$Q_2 (\text{вологий NaHCO}_3) = 1000 \cdot 20 \cdot 1,59 = 31800 \text{ кДж}$$

$$t_3 (\text{ретурна сода}) = 220^\circ\text{C}$$

$$c_3 (\text{ретурна сода}) = 1,09 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$Q_3 (\text{ретурна сода}) = m_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ ретур}} \cdot t_3 (\text{ретурна сода}) \cdot c_3 (\text{ретурна сода}) \quad (5.2)$$

$$Q_3 (\text{ретурна сода}) = 1286 \cdot 220 \cdot 1,09 = 308382,8 \text{ кДж}$$

Розрахунок статей витрати тепла:

$$t_4 (\text{сода}) = 220^\circ\text{C}$$

$$c_4 (\text{сода}) = 1,09 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$Q_4 (\text{сода}) = (m_{\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ ретур}} + m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} + m_{\text{NaCl}}) \cdot t_4 (\text{сода}) \cdot c_4 (\text{сода}) \quad (5.3)$$

$$Q_4 (\text{сода}) = (1286 + 501,744 + 15,121) \cdot 220 \cdot 1,09 = 432327,027 \text{ кДж}$$

$$t_5 (\text{NH}_3) = 120^\circ\text{C}$$

$$c_5 (\text{NH}_3) = 2,14 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$Q_5 (\text{NH}_3) = m_{\text{NH}_3} \cdot t_5 (\text{NH}_3) \cdot c_5 (\text{NH}_3) \quad (5.4)$$

$$Q_5 (\text{NH}_3) = 13,221 \cdot 120 \cdot 2,14 = 3395,153 \text{ кДж}$$

$$t_6 (\text{CO}_2) = 120^\circ\text{C}$$

$$c_6 (\text{CO}_2) = 0,9 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$Q_6 (\text{CO}_2) = m_{\text{CO}_2} \cdot t_6 (\text{CO}_2) \cdot c_6 (\text{CO}_2) \quad (5.5)$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$Q_6(\text{CO}_2) = 221,169 \cdot 120 \cdot 0,9 = 23886,252 \text{ кДж}$$

$$t_7(\text{H}_2\text{O}) = 120^\circ\text{C}$$

$$c_7(\text{H}_2\text{O}) = 2700 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$Q_7(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{H}_2\text{O}} \cdot t_7(\text{H}_2\text{O}) \cdot c_7(\text{H}_2\text{O}) \quad (5.6)$$

$$Q_7(\text{H}_2\text{O}) = 248,743 \cdot 120 \cdot 2700 = 80592732 \text{ кДж}$$

$$t_8(\text{підсмоктує повітря}) = 120^\circ\text{C}$$

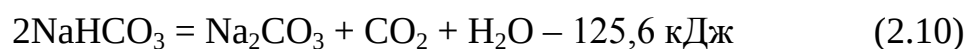
$$c_8(\text{підсмоктує повітря}) = 1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$m_{\text{підсмоктує повітря}} = 10 \text{ кг}$$

$$Q_8(\text{підсмоктує повітря}) = m_{\text{підсмоктує повітря}} \cdot t_8(\text{підсмоктує повітря}) \times \\ \times c_8(\text{підсмоктує повітря}) \quad (5.7)$$

$$Q_8(\text{підсмоктує повітря}) = 10 \cdot 120 \cdot 1 = 1200 \text{ кДж}$$

За реакцією 2.10:



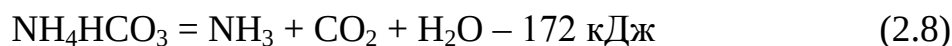
$$Q'_{(\text{розкладання NaHCO}_3)} = \frac{Q_{(\text{розкладання NaHCO}_3)}}{2} \cdot \frac{m_{\text{NaHCO}_3}}{M_{\text{NaHCO}_3}} \quad (5.8)$$

$$Q'_{(\text{розкладання NaHCO}_3)} = \frac{125,6}{2} \cdot \frac{1}{0,084} = 747,619 \frac{\text{кДж}}{\text{кг NaHCO}_3}$$

$$Q_9(\text{розкладання NaHCO}_3) = m_{\text{NaHCO}_3} \cdot Q'_{(\text{розкладання NaHCO}_3)} \quad (5.9)$$

$$Q_9(\text{розкладання NaHCO}_3) = 760 \cdot 747,619 = 568190,44 \text{ кДж}$$

За реакцією 2.8:



$$Q'_{(\text{розкладання NH}_4\text{HCO}_3)} = Q_{(\text{розкладання NH}_4\text{HCO}_3)} \cdot \frac{m_{\text{NH}_4\text{HCO}_3}}{M_{\text{NH}_4\text{HCO}_3}} \quad (5.10)$$

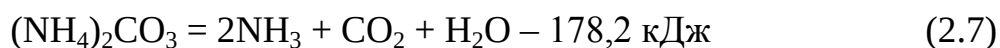
$$Q'_{(\text{розкладання NH}_4\text{HCO}_3)} = 172 \cdot \frac{1}{0,079} = 2177,215 \frac{\text{кДж}}{\text{кг NH}_4\text{HCO}_3}$$

$$Q_{10}(\text{розкладання NH}_4\text{HCO}_3) = m_{\text{NH}_4\text{HCO}_3} \cdot Q'_{(\text{розкладання NH}_4\text{HCO}_3)} \quad (5.11)$$

$$Q_{10}(\text{розкладання NH}_4\text{HCO}_3) = 18 \cdot 2177,215 = 39189,87 \text{ кДж}$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

За реакцією 2.7:



$$Q'_{(\text{розкладання } (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3)} = Q_{(\text{розкладання } (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3)} \cdot \frac{m_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3}}{M_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3}} \quad (5.12)$$

$$Q'_{(\text{розкладання } (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3)} = 178,2 \cdot \frac{1}{0,096} = 1856,25 \frac{\text{кДж}}{\text{кг } (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3}$$

$$Q_{11} (\text{розкладання } (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = m_{(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3} \cdot Q'_{(\text{розкладання } (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3)} \quad (5.13)$$

$$Q_{11} (\text{розкладання } (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 11 \cdot 1856,25 = 20418,75 \text{ кДж}$$

$$Q_{911} (\text{покриття ендотермічного ефекту реакцій}) = Q_9 + Q_{10} + Q_{11} \quad (5.14)$$

$$Q_{911} (\text{покриття ендотермічного ефекту реакцій}) = 568190,44 + 39189,87 + \\ + 20418,75 = 627799,06 \text{ кДж}$$

$$Q_{12} (\text{втрати в довкілля}) = 0,1x \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{прих.}} = Q_{\text{витр.}} \quad (5.15)$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_{911} + Q_{12} \quad (5.16)$$

$$x + 31800 + 308382,8 = 432327,027 + 3395,153 + \\ + 23886,252 + 80592732 + 1200 + 627799,06 + 0,1x \quad (5.17)$$

$$x + 340182,8 = 81681339,492 + 0,1x \quad (5.18)$$

$$0,9x = 81341156,692 \quad (5.19)$$

$$Q_1 = x = 81341156,692 : 0,9 = 90379062,991 \text{ кДж} \quad (5.20)$$

$$Q_{12} = 0,1x = 0,1 \cdot 90379062,991 = 9037906,299 \text{ кДж} \quad (5.21)$$

$$Q_{\text{прих.}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (5.22)$$

$$Q_{\text{прих.}} = 90379062,991 + 31800 + 308382,8 = 90719245,791 \text{ кДж}$$

$$Q_{\text{витр.}} = Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_{911} + Q_{12} \quad (5.23)$$

$$Q_{\text{витр.}} = 432327,027 + 3395,153 + 23886,252 + 80592732 + 1200 + \\ + 627799,06 + 9037906,299 = 90719245,791 \text{ кДж}$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Одержані результати розрахунків наведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Тепловий баланс парового кальцинатора

Прихід			Витрата		
Тепловий потік	Q, кДж	%	Тепловий потік	Q, кДж	%
З гріючою парою	90379062,991	99,62	Із содою	432327,027	0,48
З вологим NaHCO ₃	31800	0,04	З газом кальцинації NH ₃ CO ₂ H ₂ O З підсмоктуємим повітрям На покриття ендотермічного ефекту реакцій Втрати в довкілля (10%)	3395,153 23886,252 80592732 1200 627799,06 9037906,299	0,0037 0,025 88,84 0,0013 0,69 9,96
З ретурною содою	308382,8	0,34			
Σ	90719245,791	100	Σ	90719245,791	100

Температура водяної пари:

$$t_{\text{пари}} = 240 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Теплоємність водяної пари за температури 240°C:

$$c_{\text{пари}} = 3,48 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

Маса водяної пари:

$$m_{\text{пари}} = \frac{Q}{c_{\text{пари}} \cdot t_{\text{пари}}} \quad (5.24)$$

$$m_{\text{пари}} = \frac{90379062,991}{3,48 \cdot 240} = 108212 \text{ кг}$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

6 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ КАЛЬЦИНАЦІЇ

Суспензія, одержуєма в колонах і містяча 26 мас.% осажденного NaHCO_3 , надходить на декантатор 6 і центрифугу 7, де осад відділяється від маточної рідини.

Промитий сирий гідрокарбонат натрію із центрифуги подається скребачковим або стрічковим транспортером 4 у приймач 2 з вертикальною мішалкою, яка розпушує і прошовує сирий NaHCO_3 у дозатор 3 і далі у змішувач 1. У приймач і у дозатор, а далі у змішувач шнековим транспортером 8 подається гаряча ретурна сода у заданому співвідношенні. Одержана суміш надходить далі в обертаючийся паровий кальцинатор 22, де і протікає процес кальцинації.

Підготовлену в змішувачі содогідрокарбонатну суміш (трону) направляють в міжтрубний простір барабана кальцинатора 22. Завдяки обертанню і нахилу барабана, кальцинуєма маса рухається вздовж оребрених труб в бік вивантаження, контактуючи з теплопередаючою поверхнею (оребреними трубами). Тепло витрачається на випаровування води гідрокарбонату, хімічні реакції розкладання і нагрів продуктів реакції. В результаті теплової обробки трони одержують кальциновану соду і газу кальцинації ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3$).

Готова сода із парового кальцинатора за допомогою вивантажувального шнека 19 і передавального шнека 20 передається у загальний збірний шнековий транспортер 21, а потім до елеватора 18. Елеватор розвантажує соду на транспортер 12, із якого за допомогою розподільного шнека 10 частина соди (ретур) надходить у паровий кальцинатор, а частина – готова продукція – передається на склад в бункери 5 шнековим транспортером 9.

Газ, виходячий із парового кальцинатора, містить CO_2 , NH_3 , водяну пару і содовий пил, і при 150°C направляється у циклон 11, де більша частина содового пилу вловлюється і передається назад у паровий кальцинатор шнековим транспортером 8. Циклон обігрівается водною

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

парою. Із циклона газ надходить у механічний фільтр 13 для ще глибшої очистки від содового пилу. Вловлений у механічному фільтрі содовий пил передається назад у паровий кальцинатор шнековим транспортером 8. З електрофільтра газ направляється у колектор газу кальцинації 14, зрошуваний всередині слабкою рідиною, яку одержують при охолодженні газу в тому ж колекторі 14 до температури $\sim 80^{\circ}\text{C}$, і далі в холодильник газу кальцинації (ХГК) 15 до $\sim 38^{\circ}\text{C}$.

Утворюючийся конденсат розчиняє із газу залишившийся після електрофільтра і циклона содовий пил, NH_3 і CO_2 . Цей розчин, містячий Na_2CO_3 , NaHCO_3 і вуглекислі солі амонію, і називають слабкою рідиною. Частина цієї рідини повертається назад на зрошення колектора газу кальцинації, а частина направляється у відділення дистиляції для відгонки NH_3 і CO_2 , а потім – на вакуум-фільтри для промивки NaHCO_3 .

Колектор газу кальцинації має нахил у бік холодильника газу парового кальцинатора, тому слабка рідина із колектора стікає в холодильник, зрошуючи охолоджуючі трубки для запобігання їх закристалізовування і кращої промивки газу від содового пилу, і разом з додатково утворюючимся в холодильнику 15 конденсатом стікає у збірник слабкої рідини 17. У холодильнику 15 газ рухається зверху вниз в міжтрубному просторі, а в трубках протічєю проходить охолоджуюча вода.

В ХГК надходить також газ із промивача газу абсорбції (ПГА) з метою використання CO_2 , який залишився в газі після амонізації розсолу. Із ХГК газ іде для остаточної очистки і охолодження в промивач газу кальцинації (ПГК) 16 скрубєрного типу, в якому хордова насадка зрошується зверху водою. Скрубєрну рідину після ПГК додають до слабкої рідини. Охолоджений і очищений газ після ПГК змішують з газом вапняних печей і подають компресором в карбонізаційні колони.

Для обігріву кальцинатора подають водяну пару високого тиску. Перед подачею в кальцинатор вона проходить редуційну охолоджувальну

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

установку (РОУ) 23, де її температура знижується до 270°C, а тиск – до 3 МПа. В трубках кальцинатора пара конденсується, віддаючи тепло кальцинуємому матеріалу. Конденсат із кальцинатора виводиться у збірник конденсату 24 і далі в розширювачі, де перетворюється у пару низького тиску.

У схемі передбачена аварійна лінія. У випадку зупинки надходження обігрівуючої водяної пари у сорочку циклона 11 содовий подається не на змішування із ретуром, а у аварійний збірник вологого карбонату натрію, і далі – на виробництво NaOH або на очистку розсолу. Також в такому випадку газу кальцинації із циклона подаються в обхід механічного фільтра 13 зразу у колектор газу кальцинації 14.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

7 ОПИС І РОЗРАХУНОК ОСНОВНОГО І ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ВІДДІЛЕННЯ КАЛЬЦИНАЦІЇ

Паровий кальцинатор (22). Відомо, що інтенсивність теплопередачі від конденсуючоїсь пари у багато разів вища, ніж від топкових газів у вогневих печах. В парових кальцинаторах відсутній шкідливий вплив високих температур топкових газів на барабан печі. При однаковій потужності апаратів об'єм приміщення, займаемого паровим кальцинатором, значно менший, ніж вогневої печі. Також у паровому кальцинаторі відсутня громіздка вогнетривка обмурівка, яка піддається зношенню, він має меншу вартість і низькі розходи по експлуатації. Недоліками парових кальцинаторів є підвищена вартість водяної пари у порівнянні з газовим та рідким паливом та більше винесення содового пилу у процесі кальцинації.

Будова парового кальцинатора: всередині обертаючогось сталевого барабана розташовані три концентричні ряди теплопередаючих труб, розвальцьованих на кінцях у стінках кільцевих камер. Барабан кальцинатора та обігрівуючі труби мають нахил у бік вивантаження соди, яка виходить із кальцинатора через вивантажувальну кишеню. Пару подають у кільцеву парову камеру через штуцер в нерухомій частині парового кальцинатора і далі по центральній трубі та відходячим від неї до парової камери трьом патрубкам. Конденсат із труб стікає в парову камеру і з неї через ряд отворів – в кільцеву камеру конденсату, яка розділена перегородками на три секції. Кожна перегородка з одного боку має отвори для стоку конденсату, а з другого – отвори і трубопровід для виводу конденсату із парового кальцинатора. Потрапивши в секцію при нижньому її положенні конденсат в процесі обертання барабана витікає з другого кінця секції по трубопроводу і далі виводиться із парового кальцинатора.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Кальцинатор працює з вводом ретурної соди. Завантажувальний механізм аналогічний механізму вогневих печей з ретурним живленням: гідрокарбонат натрію змішується у змішувачі з ретурною содою і подається в барабан парового кальцинатора. Зовнішня поверхня кальцинатора має теплоізоляцію. Кальцинатор обігрівается парою під тиском 2500000—3500000 Па. Температура соди досягає 190—250°C, тому вона виходить з вищою насипною густиною.

Швидкість кальцинації при таких температурах вища, ніж у вогневих содових печах. Парові кальцинатори дозволяють розвинути більшу поверхню нагріву. Обігрівачі труби для збільшення поверхні мають по всіх довжині поперечне оребрення. При однакових розмірах видатність (продуктивність) парових кальцинаторів більша, ніж вогневих содових печей.

Видатність кальцинатора з барабаном довжиною 20 м і діаметром 2,6 м досягає 300 т/доба при вологості гідрокарбонату натрію 16% і вологості суміші з ретуром 7%. Витрата пари при тиску 3200000 Па становить 1,7 т на тону соди. Частота обертання барабана 7 об./хв.. Ступінь заповнення барабана 30%. Парові кальцинатори діаметром 3 м і довжиною 33 випускають за добу 600 т соди.

Циклон (11) – апарат, вловлюючий содовий пил із газу кальцинації, має наступні специфічні для содового виробництва особливості: в циклоні недопустима конденсація із газу водяної пари, парціальний тиск якої в газі кальцинації складає приблизно 60000 Па/см², і температура конденсації підтримується близько 80°C. Тому циклон ззовні обігрівается водяною парою з температурою 150°C. В циклоні з механічним вивантаженням соди встановлена мішалка, зсовуюча до вивантажувального отвору вловлюємий содовий пил і, крім того, очищуюча від соди внутрішню поверхню циклона і зовнішню поверхню центральної труби, виводячої газ із циклона.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Механічний фільтр (13) являє собою батарею паперових циліндричних механічних фільтрів. Запилений газ запускають у циліндр. Проходячи через фільтруючу паперову оболонку, газ позбавляється від пилу. Вловлений пил потім підмішується до ретура.

Холодильник газу кальцинації (15) складається із ряду з'єднаних одна з одною холодильних бочок, аналогічних використовувемим у карбонізаційній колоні. Газ і слабка рідина із колектора газу кальцинації надходять зверху в міжтрубний простір і рухаються вниз. Протитечією газу в трубах іде охолоджуюча вода. Для одержання кожної тони соди за добу необхідно близько 2 м^2 охолоджуючої поверхні труб.

Промивач газу кальцинації (16) – чавунний апарат скрубєрного типу діаметром 2 м і висотою 10 м. На висоту 7 м апарат заповнений хордовою дерев'яною насадкою або кільцями Рашига, зрошувемими водою.

Транспортування сирого гідрокарбонату натрію здійснюється за допомогою **скребачкових (4) або стрічкових транспортерів**.

Суха гаряча сода курить, тому для її транспортування використовуються закриті **транспортери – шнекові (8; 9; 20; 21) або трубчасті** у вигляді спираючоїся на ролики обертаючоїсь труби, всередині якої закріплена гвинтова поверхня, при обертанні пересуваюча гідрокарбонат вздовж труби. Такі **трубчасті транспортери** одночасно можуть служити і для охолодження гарячої соди при передачі її в бункер готової продукції. В цьому випадку транспортер зрошують охолоджуючою водою.

7.1 Розрахунок парового кальцинатора (22)

Вид змішувача – одноваловий.

Частота обертання барабана – 7 об./хв..

Продуктивність (видатність) парового кальцинатора $Q_K = 300 \text{ т/добу}$.

Діаметр парового кальцинатора $D = 2,6 \text{ м}$.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

З'єм соди без урахування ретура $g = 1,5 \frac{\tau}{\text{доба} \cdot \text{м}^2}$.

Початкова температура трони (на вході) $t_c^{\text{п}} = 100^\circ\text{C}$.

Кінцева температура соди (на виході) $t_c^{\text{к}} = 210^\circ\text{C}$.

Температура конденсації водяної пари $t_{\text{конд}} = 240^\circ\text{C}$.

Тиск пари $P=3200000$ Па.

Довжина парового кальцинатора:

$$L = \frac{Q_{\text{к}}}{\pi \cdot D \cdot g} \quad (7.1)$$

$$L = \frac{300}{3,14 \cdot 2,6 \cdot 1,5} = 24,5 \text{ м}$$

Об'єм парового кальцинатора:

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot L \quad (7.2)$$

$$V = 3,14 \cdot 1,3^2 \cdot 24,5 = 130,01 \text{ м}^3$$

Радіус парового кальцинатора:

$$R = \frac{D}{2} \quad (7.3)$$

$$R = \frac{2,6}{2} = 1,3 \text{ м}$$

Більша різниця температур:

$$\Delta t_6 = t_{\text{конд}} - t_c^{\text{п}} \quad (7.4)$$

$$\Delta t_6 = 240 - 100 = 140^\circ\text{C}$$

Менша різниця температур:

$$\Delta t_{\text{м}} = t_{\text{конд}} - t_c^{\text{к}} \quad (7.5)$$

$$\Delta t_{\text{м}} = 240 - 210 = 30^\circ\text{C}$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Середня різниця температур:

$$\Delta t_{\text{сер}} = \frac{\Delta t_{\text{г}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{г}}}{\Delta t_{\text{м}}}} \quad (7.6)$$

$$\Delta t_{\text{сер}} = \frac{140 - 30}{\ln \frac{140}{30}} = 71,43^{\circ}\text{C}$$

Середня температура соди:

$$t_{\text{сер}}^{\text{с}} = t_{\text{конд}} - \Delta t_{\text{сер}} \quad (7.7)$$

$$t_{\text{сер}}^{\text{с}} = 240 - 71,43 = 168,57^{\circ}\text{C}$$

Теплоємність соди за температури $t_{\text{сер}}^{\text{с}} = 168,57^{\circ}\text{C}$:

$$c_{\text{с}} = 1206,4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$$

Масова витрата соди:

$$G_{\text{с}} = Q_{\text{к}} = 300 \frac{\text{т}}{\text{доба}} = 3,47 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Кількість передаваного тепла:

$$Q = G_{\text{с}} \cdot c_{\text{с}} \cdot (t_{\text{с}}^{\text{к}} - t_{\text{с}}^{\text{п}}) \quad (7.8)$$

$$Q = 3,47 \cdot 1206,4 \cdot (210 - 100) = 460482,88 \text{ Вт}$$

Коефіцієнт теплопередачі (наближене значення):

$$K_{\text{орієнт}} = 5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{K}}$$

Орієнтовна площа поверхні теплообміну:

$$F_{\text{орієнт}} = \frac{Q}{K_{\text{орієнт}} \cdot \Delta t_{\text{сер}}} \quad (7.9)$$

$$F_{\text{орієнт}} = \frac{460482,88}{5 \cdot 71,43} = 1289,33 \text{ м}^2$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Довжина труб:

$$l = 24,5 \text{ м}$$

Питома теплота конденсації технологічної пари при $P=3200000 \text{ Па}$:

$$r = 1776900 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Масова витрата пари:

$$G_{\text{пари}} = \frac{Q}{r} \quad (7.10)$$

$$G_{\text{пари}} = \frac{460482,88}{1776900} = 0,26 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Відстань між осями труб:

$$t = 1,3 \cdot d_{\text{зовн}} \quad (7.11)$$

$$t = 1,3 \cdot 0,05 = 0,065 \text{ м}$$

Густина пари при $P=3200000 \text{ Па}$:

$$\rho_{\text{пари}} = 16,016 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Об'ємна витрата пари:

$$V_{\text{пари}} = \frac{G_{\text{пари}}}{\rho_{\text{пари}}} \quad (7.12)$$

$$V_{\text{пари}} = \frac{0,26}{16,016} = 0,016 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Густина конденсату при $P=3200000 \text{ Па}$:

$$\rho_{\text{конд}} = 819,131 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Об'ємна витрата конденсату:

$$V_{\text{конд}} = \frac{G_{\text{пари}}}{\rho_{\text{конд}}} \quad (7.13)$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$V_{\text{конд}} = \frac{0,26}{819,131} = 0,00032 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Швидкість руху пари в трубах:

$$W_{\text{пари}} = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Внутрішній діаметр вхідного патрубка (для пари):

$$d_{\text{внутр. вх}}^{\text{патр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{пари}}}{\pi \cdot W_{\text{пари}}}} \quad (7.14)$$

$$d_{\text{внутр. вх}}^{\text{патр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,016}{3,14 \cdot 15}} = 0,037 \text{ м}$$

Швидкість руху конденсату в трубах:

$$W_{\text{конд}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Внутрішній діаметр вихідного патрубка (для конденсату):

$$d_{\text{внутр. вих}}^{\text{патр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{конд}}}{\pi \cdot W_{\text{конд}}}} \quad (7.15)$$

$$d_{\text{внутр. вих}}^{\text{патр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00032}{3,14 \cdot 1}} = 0,02 \text{ м}$$

Сума коефіцієнтів місцевих опорів для трубного середовища:

$$\sum \xi = 1,5 + 1 = 2,5 \quad (7.16)$$

Динамічний коефіцієнт в'язкості пари:

$$\mu_{\text{пари}} = 0,000017 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Критерій Рейнольдса для трубного середовища:

$$Re = \frac{W_{\text{парі}} \cdot l \cdot \rho_{\text{парі}}}{\mu_{\text{парі}}} \quad (7.17)$$

$$Re = \frac{15 \cdot 24,5 \cdot 16,016}{0,000017} = 346228235,29$$

Середня висота виступів на стінках труб:

$$e = 0,0002 \text{ м}$$

Відносна шорсткість труб:

$$\varepsilon = \frac{e}{d_{\text{внутр}}} \quad (7.18)$$

$$\varepsilon = \frac{0,0002}{0,04} = 0,005$$

Коефіцієнт тертя:

$$\lambda = \left(\frac{1}{-2 \cdot l \cdot g \cdot \left(\frac{\varepsilon}{3,7} + \left(\frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} \right)} \right)^2 \quad (7.19)$$

$$\lambda = \left(\frac{1}{-2 \cdot 24,5 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{0,005}{3,7} + \left(\frac{6,81}{346228235,29} \right)^{0,9} \right)} \right)^2 = 2,37$$

Гідравлічний опір для трубного простору:

$$\Delta P = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d_{\text{внутр}}} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho_{\text{парі}} \cdot W_{\text{парі}}^2}{2} \quad (7.20)$$

$$\Delta P = \left(2,37 \cdot \frac{24,5}{0,04} + 2,5 \right) \cdot \frac{16,016 \cdot 15^2}{2} = 2620042,43 \text{ Па}$$

Загальний к. к. д. компресорної установки:

$$\eta = 0,8$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Потужність, споживаєма двигуном компресора:

$$N = \frac{V_{\text{парі}} \cdot \Delta P}{\eta} \quad (7.21)$$

$$N = \frac{0,016 \cdot 2620042,43}{0,8} = 52400,85 \text{ Вт}$$

7.2 Розрахунок механічного фільтра (13)

Ефективність очистки запиленого повітря – 99,68%.

Опір (початковий) чистих механічних фільтрів – не більше 350 Па.

Втрата повного тиску на забруднених фільтрах при номінальній пропускній здатності – 600 Па.

Втрата повного тиску при номінальній пропускній здатності – 1000 Па.

Аеродинамічний опір глушника шуму – 200 Па.

Рівень звукового тиску – 80 дБ.

Повний строк служби – не менше 100000 годин.

Температура оточуючого середовища становить від –30 до +45°C.

Тиск у фільтрі – 1733 ÷ 2666 Па.

Температура газу у фільтрі становить 130 ÷ 150°C.

Порозність фільтруючого паперу – 10 мкм.

Мінімальний діаметр затримуюемого пилу – 2 мкм.

Висота одного фільтруючого циліндра:

$$H = 1 \text{ м}$$

Діаметр одного фільтруючого циліндра:

$$D = 0,4 \text{ м}$$

Радіус одного фільтруючого циліндра:

$$R = \frac{D}{2} \quad (7.22)$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$R = \frac{0,4}{2} = 0,2 \text{ м}$$

Площа поверхні одного фільтруючого циліндра:

$$S = 2\pi R \cdot (R + H) \quad (7.23)$$

$$S = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,2 \cdot (0,2 + 1) = 1,51 \text{ м}^2$$

Кількість фільтруючих циліндрів в одному блоці:

$$n = 27$$

Загальна площа поверхні фільтруючого блоку:

$$S_{\text{блок}} = S \cdot n \quad (7.24)$$

$$S_{\text{блок}} = 1,51 \cdot 27 = 40,77 \text{ м}^2$$

Об'єм одного фільтруючого циліндра:

$$V = \pi R^2 H \quad (7.25)$$

$$V = 3,14 \cdot 0,2^2 \cdot 1 = 0,126 \text{ м}^3$$

Загальний об'єм фільтруючого блоку:

$$V_{\text{блок}} = V \cdot n \quad (7.26)$$

$$V_{\text{блок}} = 0,126 \cdot 27 = 3,402 \text{ м}^3$$

Вміст пилу в газі кальцинації після входу його з парового кальцинатора становить 2 г/м³. Після очистки газу кальцинації у гарячому циклоні вміст пилу складає 0,3 г/м³. Далі після очистки цього ж газу у механічному паперовому фільтрі вміст пилу становить 0,00096 г/м³.

Обираємо механічний фільтр ФЭЦ-1.0 ТУУ 24103035.001-98.

7.3 Розрахунок ємностей (17; 24; 28)

Об'єм однієї ємності:

$$V = 20 \text{ м}^3$$

Кількість ємностей:

$$n = 4$$

Ступінь заповнення ємності становить 85% від всього об'єму.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Об'єм однієї ємності з урахуванням ступеня заповнення:

$$V_{\text{зап.}} = 17 \text{ м}^3$$

Висота однієї ємності:

$$H = 1,5 \cdot 2 \cdot R \quad (7.27)$$

Радіус однієї ємності:

$$R = \sqrt[3]{\frac{V}{3\pi}} \quad (7.28)$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{20}{3 \cdot 3,14}} = 1,28 \text{ м}$$

Висота однієї ємності:

$$H = 1,5 \cdot 2 \cdot 1,28 = 3,84 \text{ м}$$

7.4 Розрахунок насосів (25; 26; 27)

Кількість насосів:

$$n = 3$$

Геометрична висота:

$$H_{\text{геом}} = 30 \text{ м}$$

Перепад висоти:

$$\Delta P = 1,25 \cdot H_{\text{геом}} \quad (7.29)$$

$$\Delta P = 1,25 \cdot 30 = 37,5 \text{ м}$$

Густина розчину:

$$\rho = 1,05 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Подача розчину:

$$Q = 1,678 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Потужність одного насоса:

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta P}{1000 \cdot 0,7} \quad (7.30)$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$N = \frac{1,05 \cdot 9,81 \cdot 1,678 \cdot 37,5}{1000 \cdot 0,7} = 0,9259 \text{ кВт}$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

8 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА

Складність і висока швидкість протікання технологічних процесів у хімічній промисловості та їх чутливість до порушень режиму спричиняють підвищену увагу до питань автоматизації хіміко-технологічних процесів. Автоматичні контроль та керування технологічними процесами забезпечують високу якість продукції, раціональне використання сировини та енергії, подовження термінів міжремонтного періоду роботи устаткування, зменшення чисельності технічного персоналу.

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

На підставі аналізу технологічного процесу, а саме ретурного способу кальцинації гідрокарбонату натрію, постають наступні задачі автоматизації:

- 1) і 2) контроль та регулювання співвідношення витрат гідрокарбонату і ретурної соди у трубопроводах;
- 3) контроль рівня суміші вологого гідрокарбонату натрію і ретурної соди;
- 4) контроль температури в паровому кальцинаторі та регулювання витрати обігрівуючої пари за температурою в паровому кальцинаторі;
- 4) контроль рівня води в збірнику конденсату;
- 5) контроль витрати готової соди у трубопроводі;
- 6) контроль витрати ретурної соди у трубопроводі;
- 7) контроль температури в циклоні та регулювання витрати обігрівуючої пари за температурою в циклоні;
- 8) контроль і сигналізація перепаду тиску в механічному фільтрі;

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

10) і 11) контроль і регулювання витрати готової соди у трубопроводі з коригуванням за рівнем готової соди в бункері, контроль рівня готової продукції в бункері;

12) контроль і регулювання витрати суміші газу кальцинації та конденсату у трубопроводі;

13) контроль температури в холодильнику газу кальцинації та регулювання витрати охолоджуючої води в трубопроводі за температурою в холодильнику газу кальцинації;

14) контроль і регулювання витрати промивної води в трубопроводі;

15) контроль і регулювання витрати слабкої рідини в трубопроводі;

16) і 17) контроль і регулювання витрати слабкої рідини в трубопроводі з коригуванням за рівнем у збірнику слабкої рідини;

18) і 19) контроль і регулювання витрати слабкої рідини і води в трубопроводі з коригуванням за рівнем у збірнику внизу промивача газу кальцинації;

20) контроль рівня вологої соди у аварійному збірнику вологого карбонату натрію;

21) контроль витрати не поглинених газів у трубопроводі.

Параметри регулювання та контролю у виробництві карбонату натрію методом ретурної кальцинації наведено у таблиці 8.1.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 8.1 – Параметри регулювання та контролю виробництва

№	Найменування стадії процесу, місце заміру параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норма технологічного режиму та допустимих відхилень	Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1 і 2	Трубопровід 28 і трубопровід 29	Витрата	9500 кг/год і 12217 кг/год	Контроль, регулювання
3	Приймач	Рівень	3,3 м	Контроль
4	Паровий кальцинатор	Температура	210 °С	Контроль, регулювання
5	Збірник конденсату	Рівень	3,3 м	Контроль,
6	Трубопровід 30	Витрата	9500 кг/год	Контроль
7	Трубопровід 29	Витрата	12217 кг/год	Контроль
8	Циклон	Температура	150 °С	Контроль, регулювання
9	Механічний фільтр	Перепад тиску	1000 Па	Контроль, сигналізація
10 і 11	Трубопровід 30 і бункер	Витрата і рівень	9500 кг/год і 5 м	Контроль, регулювання
12	Трубопровід 33	Витрата	7850,91 кг/год	Контроль, регулювання
13	Холодильник газу кальцинації	Температура	32 °С	Контроль, регулювання
14	Трубопровід 1	Витрата	7246,98 кг/год	Контроль, регулювання
15	Трубопровід 31	Витрата	1811,75 кг/год	Контроль, регулювання
16 і 17	Трубопровід 31 і збірник слабкої рідини	Витрата і рівень	2415,66 кг/год і 3,3 м	Контроль, регулювання
18 і 19	Трубопровід 34 і збірник внизу промивача газу кальцинації	Витрата і рівень	8152,86 кг/год і 3,3 м	Контроль, регулювання

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

20	Аварійний збірник вологого карбонату натрію	Рівень	3,3 м	Контроль,
21	Трубопровід 35	Витрата	905,87 кг/год	Контроль

8.2 Опис розробленої схеми автоматизації відділення ретурної кальцинації гідрокарбонату натрію

Автоматизація виробництва – один із найважливіших напрямків науково-технічного прогресу, розвиток якого має об'єктивний характер. Це пов'язано насамперед з тим, що завдяки автоматизації вирішуються задачі стабільності продуктивності виробництва і покращення умов праці. Впровадження спеціальних автоматичних пристроїв сприяє безаварійній роботі устаткування, виключає випадки травмування, попереджає забруднення атмосферного повітря та водойм промисловими відходами.

Робота сучасного відділення ретурної кальцинації гідрокарбонату натрію можлива лише за умови його повного автоматизування. При ручному керуванні таким процесом найменше заміщення людини і як наслідок не своєчасний вплив на процес можуть призвести до серйозних наслідків.

Для контролю та регулювання співвідношення витрат ретурної соди і вологого гідрокарбонату натрію у трубопроводах 29 і 28 розроблено контури 1 і 2, як об'єднані в один. Ці контури складаються із сенсорів витратомірів для вимірювання сипких речовин (1-1) і (2-1), модулів обробки витратомірів для вимірювання сипких речовин (1-2) і (2-2), вторинного показувального і реєструвального приладу (1-3), регуляторів (1-4) і (2-3), магнітних пускачів МП1 і МП2, кнопок запобіжного вимикання SL1 і SL2, виконавчих механізмів (1-5) і (2-4).

Для контролю рівня ретурної соди і вологого гідрокарбонату натрію у приймачі розроблено контур 3, який складається з первинного вимірювального

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

перетворювача акустичного рівнеміра (3-1), проміжного вимірювального перетворювача акустичного рівнеміра (3-2), вторинного показувального і реєструвального приладу (3-3).

Для контролю температури у паровому кальцинаторі і регулювання витрати пари за температурою у паровому кальцинаторі розроблено контур 4, який складається з термоелектричного перетворювача (4-1), нормувального перетворювача (4-5), вторинного показувального і реєструвального приладу (4-2); регулятора (4-3), виконавчого механізму (4-4).

Для контролю рівня води у збірнику конденсату розроблено контур 5, який складається з первинного вимірювального перетворювача акустичного рівнеміра (5-1), проміжного вимірювального перетворювача акустичного рівнеміра (5-2), вторинного показувального і реєструвального приладу (5-3).

Для контролю витрати готової соди у трубопроводі 30 розроблено контур 6, який складається із сенсора витратоміра для вимірювання сипких речовин (6-1), модуля обробки витратоміра для вимірювання сипких речовин (6-2), вторинного показувального і реєструвального приладу (6-3).

Для контролю витрати ретурної соди у трубопроводі 29 розроблено контур 7, який складається із сенсора витратоміра для вимірювання сипких речовин (7-1), модуля обробки витратоміра для вимірювання сипких речовин (7-2), вторинного показувального і реєструвального приладу (7-3).

Для контролю температури у циклоні і регулювання витрати пари за температурою у циклоні розроблено контур 8, який складається з термоелектричного перетворювача (8-1), вторинного показувального і реєструвального приладу (8-2); регулятора (8-3), виконавчого механізму (8-4).

Для контролю та сигналізації перепаду тиску в механічному фільтрі розроблено контур 9, який складається з вимірювального тензоперетворювача різниці тисків (9-1), вторинного показувального і реєструвального приладу з пристроєм сигналізації (9-2), сигнальної лампочки HL1.

Для контролю та регулювання витрати готової соди в трубопроводі 30 з

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

коригуванням за рівнем готової соди в бункері, і для контролю рівня готової соди в бункері було розроблено контури 10 і 11, які об'єднані в один. Контури складаються із сенсора витратоміра для вимірювання сипких речовин (10-1), модуля обробки витратоміра для вимірювання сипких речовин (10-2), вторинного показувального і реєструвального приладу (10-3); регулятора (10-4); первинного вимірювального перетворювача акустичного рівнеміра (11-1), проміжного вимірювального перетворювача акустичного рівнеміра (11-2), вторинного показувального і реєструвального приладу (11-3), магнітного пускача МПЗ, кнопки запобіжного вимикання SL3, виконавчого механізму (10-5).

Для контролю та регулювання витрати газу кальцинації та конденсату в трубопроводі 33 було розроблено контур 12. Контур складається із коріолісового витратоміра (12-1), вторинного показувального і реєструвального приладу (12-2); регулятора (12-3), магнітного пускача МП4, кнопки запобіжного вимикання SL4, виконавчого механізму (12-4).

Для контролю температури у холодильнику газу кальцинації і регулювання витрати води за температурою у холодильнику газу кальцинації розроблено контур 13, який складається з термоелектричного перетворювача (13-1), вторинного показувального і реєструвального приладу (13-2); регулятора (13-3), виконавчого механізму (13-4).

Для контролю та регулювання витрати води в трубопроводі 1 було розроблено контур 14. Контур складається із коріолісового витратоміра (14-1), вторинного показувального і реєструвального приладу (14-2); регулятора (14-3), магнітного пускача МП5, кнопки запобіжного вимикання SL5, виконавчого механізму (14-4).

Для контролю та регулювання витрати слабкої рідини в трубопроводі 31 було розроблено контур 15. Контур складається із коріолісового витратоміра (15-1), вторинного показувального і реєструвального приладу (15-2); регулятора (15-3), магнітного пускача МП6, кнопки запобіжного вимикання SL6, виконавчого механізму (15-4).

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Для контролю та регулювання витрати слабкої рідини в трубопроводі 31 з коригуванням за рівнем слабкої рідини в збірнику слабкої рідин, і для контролю рівня слабкої рідини в збірнику слабкої рідини було розроблено контури 16 і 17, які об'єднані в один. Контури складаються із коріолісового витратоміра (16-1), вторинного показувального і реєструвального приладу (16-2); регулятора (16-3); первинного вимірювального перетворювача акустичного рівнеміра (17-1), проміжного вимірювального перетворювача акустичного рівнеміра (17-2), вторинного показувального і реєструвального приладу (17-3), магнітного пускача МП7, кнопки запобіжного вимикання SL7, виконавчого механізму (16-4).

Для контролю та регулювання витрати слабкої рідини і води в трубопроводі 34 з коригуванням за рівнем слабкої рідини і води в збірнику внизу промивача газу кальцинації, і для контролю рівня слабкої рідини і води в збірнику внизу промивача газу кальцинації було розроблено контури 18 і 19, які об'єднані в один. Контури складаються із коріолісового витратоміра (18-1), вторинного показувального і реєструвального приладу (18-2); регулятора (18-3); первинного вимірювального перетворювача акустичного рівнеміра (19-1), проміжного вимірювального перетворювача акустичного рівнеміра (19-2), вторинного показувального і реєструвального приладу (19-3), магнітного пускача МП8, кнопки запобіжного вимикання SL8, виконавчого механізму (18-4).

Для контролю рівня вологого карбонату натрію у аварійному збірнику вологого карбонату натрію розроблено контур 20, який складається з первинного вимірювального перетворювача акустичного рівнеміра (20-1), проміжного вимірювального перетворювача акустичного рівнеміра (20-2), вторинного показувального і реєструвального приладу (20-3).

Для контролю витрати непоглиненого газу в трубопроводі 35 було розроблено контур 21. Контур складається із витратоміра-лічильника газового теплового (12-1), вторинного показувального і реєструвального приладу (12-2).

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

8.3 Висновки

У цьому розділі пояснювальної записки на підставі аналізу технологічної схеми, норм технологічного режиму та апаратного оформлення технологічного процесу визначено необхідний рівень автоматизації виробництва, а також розроблена спрямована на його забезпечення схема автоматизації.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

9 СТАНДАРТИЗАЦІЯ І МЕТРОЛОГІЯ

Для поліпшення якості продукції та підвищення економічної ефективності виробництва, зниження видаткових коефіцієнтів по сировині й енергії, інтенсифікації ремонтних робіт дипломний проект передбачає використання стандартної сировини кальцинованої соди за ГОСТ 5100-85* проміжного продукту – гідрокарбонату натрію, якість якого визначається місцевими технічними умовами. Хімічне устаткування, використовуємо у відділенні, стандартне.

Таблиця 9.1 – Норми, стандарти, використовувані при проектуванні відділення кальцинації

Стандарти, норми	Найменування
ГОСТ 12.1.003-82*	ССБП. Шум. Загальні вимоги безпеки.
ГОСТ 12.1.005-88*	ССБП. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони.
ГОСТ.12.1.007-76*	ССБП. Шкідливі речовини. Класифікація і загальні вимоги безпеки.
ГОСТ 12.1.018-86*	ССБП. Пожежна безпека. Електростатична іскробезпека. Загальні вимоги.
ГОСТ 12.1.019-76*	ССБП. Електробезпека. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту.
ГОСТ 13372-78*	Ємності і апарати. Ряд номінальних об'ємів.
ГОСТ 5100-85*	Сода кальцинована технічна. Технічні умови.
ГОСТ 6000-88*	Насоси відцентрові конденсатні. Параметри і розміри.
СНиП II-4-79*	Природне і штучне освітлення.
ПУЭ-85*	Правила побудови електроустановок.
ПТЭ і ПТБ	Правила технічної експлуатації і правила техніки безпеки.

* – документ переглянуто і подовжено до 2020 року

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

10 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

У цеху кальцинації всі транспортери і стики між ними знаходяться у закритих зйомник сорочках, які запобігають просочуванню пилу у повітря цеху. Також всі транспортери знаходяться у окремому відділенні цеху з метою недопущення запилення повітря у всьому цеху. Оскільки такі сорочки не є повністю герметичними, то в цій секції цеху кальцинації також передбачена вентиляція з подальшою передачею запиленого повітря у циклон і механічний фільтр.

Стічні води від промивання обладнання перед ремонтними роботами і після санітарної обробки направляються на станцію нейтралізації, звідки після нейтралізації кислотою спрямовуються у загальну каналізацію. На станції нейтралізації ці води можуть бут використані для нейтралізації кислих стоків.

Таблиця 10.1 – Характеристика речовин-забруднювачів повітря цеху кальцинації (секція, де знаходяться всі транспортери)

Назва забруднюючої речовини	Концентрація забруднюючої речовини в повітрі, мг/м ³	ГДК, мг/м ³	Спосіб очищення повітря	Вміст шкідливих речовин після очистки, мг/м ³	ККД очисних установок, %
Содовий пил	10	3	Вентиляція, далі – циклон і механічний фільтр	0,8	90 – 95

Також в місці вивантаження соди з бункера знаходиться місцева посилена вентиляція.

Навколо підприємства передбачена санітарно-захисна зона шириною 1000 м. Флору цієї зони можна урізноманітнити різними новими видами

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

рослин (зробити щось на подобі ботанічного саду, але при цьому викорис-
товувати лише види, не потребуючі особливого догляду). На території ви-
робництва також існує зелена зона – 20% від усієї площі. Тут теж бажано
використати невибагливі, але нові види дерев, кущів і ліан.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

11 ОХОРОНА ПРАЦІ

В даному розділі на основі даних атестації робочого місця розроблені заходи, направлені на вдосконалення умов праці та пожежної профілактики.

11.1 Виявлення й аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектуваному об'єкті (у відділенні кальцинації гідрокарбонату натрію).

Заходи з охорони праці

Реконструйований цех кальцинації являє собою приміщення, маюче розміри 48×55,5 м, площу 26664 м² і об'єм 79920 м³. На одного робітника припадає 15 м³ об'єму і 4,5 м³ площі, що відповідає СН 245-71. Кількість працюючих – 40 чоловік. У цеху кальцинації присутнє незначне тепловиділення, джерелами якого є апарати, комунікації та централізоване опалення. Категорія виконуємих робіт – 1б, оскільки технологія виробництва ґрунтується на автоматизації, комплексній механізації, дистанційному керуванні, що виключає систематичні фізичні напруженні і підняття та перенос ваг.

11.1.1 Повітря робочої зони

У таблиці 11.1 наведені оптимальні і допустимі значення параметрів мікроклімату в залежності від пори року і категорії виконуваних робіт згідно з ДСН 3.3.6.042-99. Допустима температура зовнішньої стінки апарата повинна бути:

$$T_{з.с.} = t_{опт} \pm 2^{\circ}\text{C} \quad (11.1)$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 11.1 – Оптимальні і допустимі значення параметрів мікроклімату в залежності від пори року і категорії виконуваної роботи

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С		Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, $\frac{м}{с}$
		Оптимальна	Допустима	Допустима	Допустима
Холодний	1б	20 – 24	17 – 25	75	не більше 0,2
Теплий		21 – 28	19 – 30	60 (при 27°С)	0,1 – 0,3

Далі в таблиці 11.2 наведена коротка санітарна характеристика проєктованого виробництва.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХН 2108 1440 000 ПЗ				
Таблиця 11.2 – коротка санітарна характеристика реконструйованого цеху									
Назва цеху	Виділяючісх шкідливі речовини, причини їхнього виділення	Група шкідливої речовини, характер токсичної дії	ГДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони, $\frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$	Клас небезпеки шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту, тип, марка, ГОСТ	Засоби долікарської допомоги	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Клас підприємства (виробництва) згідно СН 345-71	Санітарна група виробничого процесу за СНиП 2.09.04-87
Відділення кальцинації	Содовий пил – містця завантаження соди на сипом у спецвагони, затарення	Подразнюючі	2	3	Спецодяг, спецвзуття, рукавиці, респіратори типу «Пелюсток», «Кама», ТУ 6-16-2513-81	Свіже повітря або провітрює приміщення	Титриметричний	II	III
	Аміак – газівдходи, колектори парових кальцинаторів	Подразнюючі; хімічні опіки й отруєння	20	4	Протигаз марки «М», ГОСТ 12.40.28-76, спецодяг	Промивання ураженої ділянки шкіри холодною водою (15 хв.), далі – примочка з 2% розчиним NaHCO_3	Лінійно-колориметричний, газоаналізатори УГ-1, УГ-2		
	Оксид вуглецю – газівдходи, колектори парових кальцинаторів	Загальнотоксичні; дія на центральну нервову систему, кров і кровотворні тканини	20	4	Протигаз марки «КД», «СО», ГОСТ 12.40.28-76, спецодяг	Свіже повітря або провітрює приміщення	Лінійно-колориметричний, газоаналізатор УГ-3		
Арк.									

Для нормалізації температури повітря робочої зони цех у зимовий період утеплюється й обігрівається водяною центральною системою опалення. З метою запобігання виникненню протягів і зменшення захворюваності на всіх відмітках цеху використовуються вікна з подвійним заскленням.

Для забезпечення нормальних температурних умов і чистоти повітря на робочих місцях проектом передбачений ряд заходів: механізація й автоматизація важких і трудомістких процесів; дистанційне керування; припливно-витяжна загально обмінна механічна вентиляція; повітрянотеплові загорожі; місцеві відсоси пилу в місцях затарювання продукції. З метою уникнення виділення пилу в повітря робочої зони передбачені місцеві укриття та аспіраційні системи.

Для забезпечення безпечного ведення процесу кальцинації та обслуговування устаткування на виробництві усувається безпосередній контакт працюючих зі шкідливими речовинами й установками. Усі процеси здійснюються за допомогою автоматичного регулювання.

Температура повітря у відділенні кальцинації контролюється ртутним термометром. В якості попереджувальних заходів в цеху передбачена видача працівникам засобів індивідуального захисту: костюм бавовняний; черевики шкіряні або чоботи гумові; рукавиці.

Проектом передбачено використання засобів вентиляції за схемою «зверху вниз», яка використовується у випадку, коли припливне повітря в холодну пору року має нижчу температуру, ніж температура у приміщенні. Припливне повітря, перш ніж досягти робочої зони, нагрівається за рахунок повітря приміщення. Схему «зверху вниз» використовують, коли кратність повітрообміну перевищує 5 год^{-1} .

11.1.2 Виробниче освітлення

Реконструйований цех кальцинації відповідно до СНиП П-4-79 відноситься до 1-шої групи приміщення за завданнями зорової роботи, у цеху використовується природне, штучне і суміщене освітлення. У даному дипломному проекті передбачене природне бічне двостороннє освітлення (вікна), штучне електрич-

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

не загальне рівномірне освітлення (люмінесцентні лампи), аварійне освітлення (лампи розжарювання), ремонтне освітлення (лампи розжарювання).

У таблиці 11.3 наведено норми освітленості робочих місць цеху кальцинації.

Таблиця 11.3 – Норми освітленості робочих місць

Характер зорової роботи	Розряд зорової роботи	Освітленість місцева, загальна, Лк	КПО, %	
			верхнє і бічне	верхнє і бічне
Загальне спостереження за ходом виробничого процесу	VIIIa	75	1	0,7

На підставі характеристик зорової роботи, освітленість при системі загального освітлення становить 75 Лк, і передбачає використання наступних типів джерел світла.

На робочих місцях – люмінесцентні лампи типу ЛБ і ЛТБ. Для аварійного освітлення передбачені люмінесцентні лампи типу ЛХБ. При пофарбовці виробничих приміщень прийняті світлі тони, що знижують стомлюваність і підвищують безпеку роботи.

При кольоровому оформленні зовнішніх поверхонь устаткування проектом передбачені салатний, фісташковий та інші барви, рекомендовані як найбільш спокійні і мало стомлюючі зір.

При вимірюванні освітленості застосовуються люксметри Ю-116. Строк контролю – не рідше раз у рік і після ремонту світильників. У даному проекті передбачено для штучного освітлення цеху використовувати люмінесцентні лампи типу ДРИ, ЛБ потужністю 200 Вт. Для загального освітлення використовуються пиловологозахищені світильники типу СПБ. Для аварійного і евакуаційного освітлення використовуються лампи розжарення ЛН потужністю 150 Вт і номінальною напругою 220 В.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

11.1.3 Захист від виробничого шуму і вібрації

На даному підприємстві джерелами шуму і вібрації є шнекові та скребачкові транспортери і відцентрові насоси. Допустимий рівень шуму складає 60 дБА згідно ДСН 3.3.6.037–99 і ДСН 3.3.6.039–99. Фактичний рівень шуму перевищує це значення.

На даному підприємстві рівень шуму знижується за рахунок використання автоматизованих систем керування, облицювання приміщень звукоізолюючим матеріалом, а також використання засобів індивідуального захисту – протишумів. Також на підприємстві розроблений комплекс заходів попередження, зниження і захисту від шуму і вібрації:

- 1) фундамент під основне устаткування заглиблений і ізольований;
- 2) на огорожі, виготовлені із сталевих листів, наноситься шар гуми, розсіюючий енергію коливань;
- 3) використовується взуття на повстяній або товстій гумовій підшві.

Засобами контролю параметрів шуму в цеху кальцинації є шумоміри ВШВ-003, а для контролю вібрації використовуються пристрої ВМ-1 із фільтром ФЕ-2.

11.1.4 Електробезпека

Реконструюємий цех за електробезпечністю (ПУЕ-87) класифікується як приміщення з підвищеною небезпекою, оскільки характеризується наявністю струмопровідних підлог і можливістю доторку людини до металоконструкції споруди, маючої з'єднання із землею, технологічним апаратом і механізмом з одного боку, і до металевого корпусу електроустаткування з іншого. Електроустановки в цеху живляться від електромережі напругою 380/220 В і частотою 50 Гц; тип мережі – чотирипровідна із заземленою нейтраллю. У раз дотику до відкритих струмоведучих частин, до струмопровідних не струмоведучих елементів устаткування, які знаходяться під напругою в результаті порушення ізоляції, а також через електричну дугу в цеху можуть відбутися ураження людей електричним струмом.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Джерелами статичної електрики в цеху кальцинації є апарати, при роботі яких можуть з'являтися іскрові розряд, що можуть спричинити займання і пожежу.

1. При нормальному режимі: $I_L = 0,3 \text{ мА}$; $U_{\text{ДОТ}} = 3 \text{ В}$; $t = 10 \text{ об./хв.}$.
2. При аварійному режимі: $I_L = 6 \text{ мА}$; $U_{\text{ДОТ}} = 36 \text{ В}$; $t > 1 \text{ с.}$ за ГОСТ 12.1.038-82.

Розрахунок I_L і $U_{\text{ДОТ}}$.

$$U_{\phi} = 380/220 \text{ В}$$

При однофазному включенні людини в електромережу струм крізь людину визначається за формулою, мА:

$$I_L = \frac{U_{\phi} \cdot 10^3}{R_L \cdot R_0} \quad (11.2)$$

Опір тіла людини:

$$R_L = 3000 \text{ Ом}$$

$$R_0 = 4 \text{ Ом}$$

Фазна напруга:

$$U_{\phi} = 220 \text{ В}$$

$$I_L = \frac{220 \cdot 10^3}{3000 \cdot 4} = 18,3 \text{ мА}$$

Напруга дотику, В:

$$U_{\text{ДОТ}} = I_L \cdot R_L \quad (11.3)$$

$$U_{\text{ДОТ}} = 18,3 \cdot 3 = 54,9 \text{ В}$$

При двофазному включенні людини в електричну мережу струм крізь людину визначається за формулою, мА:

$$I_L = \frac{U_{\phi} \cdot 10^3}{1000} \quad (11.4)$$

$$I_L = \frac{380 \cdot 10^3}{1000} = 380 \text{ мА}$$

Напруга дотику, В:

$$U_{\text{ДОТ}} = 380 \cdot 3 = 1140 \text{ В} \quad (11.5)$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Виходячи з порівняння даних розрахунку з допустимими $I_{\text{д}}$ і $U_{\text{дот}}$ впливає, що при порушенні вимог ПУЕ в цеху можливу електроураження з тяжкими наслідками.

У даному проекті безпека експлуатації забезпечується використанням ізоляції струмоведучих частин (робоча, подвійна і додаткова $R = 0,5 \text{ МОм}$); блокуванням безпеки; методами орієнтації; застосуванням малих напруг (джерела – спеціальні понижуючі трансформатори із вторинною напругою 12 – 36 В) для живлення світильників стаціонарного освітлення, переносних ламп; вирівнюванням потенціалів; зануленням. Безперервний контроль опору ізоляції проводиться за допомогою спеціального приладу – УАКИ. З метою електробезпеки в цеху використовуються струмозахисні засоби: токовимірювальні кліщі, діелектричні рукавички, інструмент з ізолюючими ручками і попереджувальна сигналізація (звукова і світлова), плакати.

11.1.5 Безпека технологічних процесів і обслуговування устаткування

Процес кальцинації відбувається за підвищених температур, близько 127°C , а на виході з парових кальцинаторів становить $180 - 220^{\circ}\text{C}$. Пара надходить у кальцинатор з температурою $270 \pm 15^{\circ}\text{C}$ і тиском 3,5 МПа, тому кальцинація відноситься до найбільш небезпечних технологічних процесів, при яких можливі відхилення від нормального проходження процесу.

У цеху можуть виникати аварійні ситуації, які призводять до відхилення від нормального режиму роботи, а саме: зміна співвідношення подаваних складників; відсутність перемішування; потрапляння сторонніх речовин в апарат; порушення складу вихідних складників, подаваних у вигляді суміші. Також при підвищенні температури і тиску можливі розриви апаратів, що призводить до зупинки всього виробничого процесу та травмування людей.

Проектом прийняті заходи щодо зупинки (пуску) технологічного устаткування за допомогою автоматичного регулювання (дистанційного керування) для усунення контакту працюючих із обладнанням. Також для забезпечення безпеки технологічного процесу в цеху здійснена герметизація всього

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

устакування. Оскільки паровий кальцинатор працює за високої температури, то для уникнення термічних опіків і втрат тепла його стінки теплоізовані пресою скловатою, внаслідок чого температура його зовнішніх стінок складає $\leq 26^{\circ}\text{C}$. При роботі на висоті передбачені перехідні містки з поручнями висотою 1 м. Для безпечної роботи насосів передбачена корозійна стійкість матеріалів, герметичність ущільнення рухаючихся частин і контроль за справністю арматури контрольно-вимірювальними приладами (манометрами).

Зі змісту підрозділу даного проекту випливає, що колективних методів і засобів захисту робітників від дії шкідливих факторів виробничого середовища цеху недостатньо. Тому на підставі «Норм безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття й інших засобів індивідуального захисту працівникам хімічних виробництв» обрана номенклатура і виконаний розрахунок кількості комплектів засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) для персоналу цеху кальцинації. Ці норми введені замість збірника «Типові галузеві норми безплатної видачі робітникам та службовцям спеціального одягу, спеціального взуття й інших засобів індивідуального захисту», затверджених постановою Державного комітету СРСР з праці і соціальних питань і президії ВЦСПС від 29.05.81 р. №154/П-5, які доповнені і змінені постановою цих органів від 21.08.85 р. №289/П-8.

У таблиці 11.4 наведений вибір і розрахунок номенклатури і кількості комплектів засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) для персоналу.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 11.4 – Вибір і розрахунок номенклатури і кількості комплектів засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) для персоналу

№	Професія та посада	Кількість комплектів	Спецодяг, спецвзуття і інші засоби індивідуального захисту
1	Апаратник випалювання.	12	Костюм бавовняний; білизна натільна; шолом бавовняний; черевики шкіряні; рукавиці брезентові; рукавиці сукняні; окуляри захисні темні з закритими бічними частинами; респіратор типу «Пелюстка» ТУ 6-16-2513-81. На зовнішні роботи узимку: куртка бавовняна на підкладці.
2	Апаратник підготовки сировини і випуску напівфабрикатів та готової продукції.	10	Костюм бавовняний; білизна натільна; черевики шкіряні; рукавиці брезентові або рукавиці комбіновані. На зовнішні роботи взимку: куртка бавовняна на підкладці.
	Шихтувальник.	10	
	Приймальник сировини, напівфабрикатів і готової продукції.	10	
3	Майстер.	2	Костюм бавовняний; білизна натільна; черевики шкіряні; рукавиці комбіновані. На зовнішні роботи взимку: куртка бавовняна на підкладці.
	Начальник відділення.	2	
	Начальник зміни.	6	
	Інспекція.	2	
4	Оператор з обслуговування пиловловлюючих установок.	10	Куртка з каптуром; білизна натільна; шолом бавовняний; черевики шкіряні; рукавиці брезентові; окуляри захисні темні з закритими бічними частинами; респіратор типу «Пелюстка» ТУ 6-16-2513-81. На зовнішні роботи узимку: куртка бавовняна на підкладці.

№	Професія та посада	Кількість комплектів	Спецодяг, спецвзуття і інші засоби індивідуального захисту
5	Слюсар-ремонтник.	8	Костюм бавовняний; білизна натільна; черевики шкіряні; чоботи гумові; рукавиці сукняні; рукавиці гумові; шолом бавовняний. На зовнішні роботи взимку: куртка бавовняна на підкладці.
6	Укладач-пакувальник.	8	Костюм бавовняний; білизна натільна; черевики шкіряні; рукавиці комбіновані. На зовнішні роботи узимку: куртка бавовняна на підкладці.
Усього комплектів			80

У реконструюємому цеху знаходяться шнекові і скребачкові транспортери та елеватор для транспортування сировини, ретуру і готового продукту. При обслуговуванні цього обладнання, а також при неправильному його розміщенні в цеху можливе травмування обслуговуючого персоналу. Для безпеки роботи рухомих та обертаючихся деталей машин всі пристрої повинні бути обгороджені. Захисні огорожі мають бути міцними, довговічними, стійкими до корозій та механічних навантажень.

Вимоги з безпеки щодо транспортерів викладені у ГОСТ 12.2.022-80 ССБТ. Згідно з цими вимогами заходи щодо безпеки полягають в наступному:

- 1) недопустимо виконувати будь-які роботи при роботі транспортера, у тому числі прибирати, видаляти прилипші матеріали, виправляти зіскок стрічки;
- 2) привідні та натягуючі барабани, а також тягові пристрої транспортерів необхідно огороджувати;
- 3) огорожі транспортерів, розташованих над робочими місцями, проїздами та проходами, повинні бути міцними та в змозі витримати вагу та деталі транспортера у випадку їх падіння;
- 4) постійні перехідні мостики з перилами у місцях знаходження

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

транспортерів повинні бути на невеликій висоті над підлогою приміщення.

Для безпеки роботи рухаючихся і обертаючихся деталей машин, механізмів, виробів і матеріалів передбачене огорожування майданчиків і працюючих механізмів. Обслуговування і ремонт транспортерів здійснюється лише при їх повній зупинці. Всі транспортери закриті, що забезпечує недопущення травмування персоналу. Також передбачене використання пускового блокувального пристрою зі звуковим сигналом – його ввімкнення через 1 – 2 секунди призводить до зупинки обладнання.

11.2 Пожежна безпека

У відділенні кальцинації можливі займання: при перевантаженні електрообладнання; при роботі насоса можливе його загоряння, тому на ньому ставлять захисні плавкі запобіжники; на привідній голівці транспортера може зруйнуватися підшипник, і якщо його не змазувати, то виникає тертя, нагрів і загоряння кабеля та електропроводки, тому його проводять у стінах, тунелях або в металевих рукавах і трубах.

Проектом передбачені будівельні заходи пожежної безпеки: ступінь вогнестійкості будівель не нормується; число поверхів не перевищує допустиме. У відділенні існує два запасних виходи із приміщення. Усі спроектовані будівлі і споруди розташовані в безпосередній близькості до існуючих виробничих будівель. Розриви між ними прийнятні, з дотриманням вимог пожежної безпеки становлять близько 6 – 42 м. Протипожежні перешкоди виготовлені з неспалимих матеріалів. Будівлі III категорії повинні бути захищені від прямих ударів блискавки, вторинних її дій і проходження високих потенціалів по комунікаціям. Висота блискавковідводу має бути не менше, ніж 10 метрів.

Показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин і матеріалів, а також класифікація виробництва за пожежо- і вибухонебезпечністю і пристроєм блискавковідводу наведені у таблиці 11.5.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

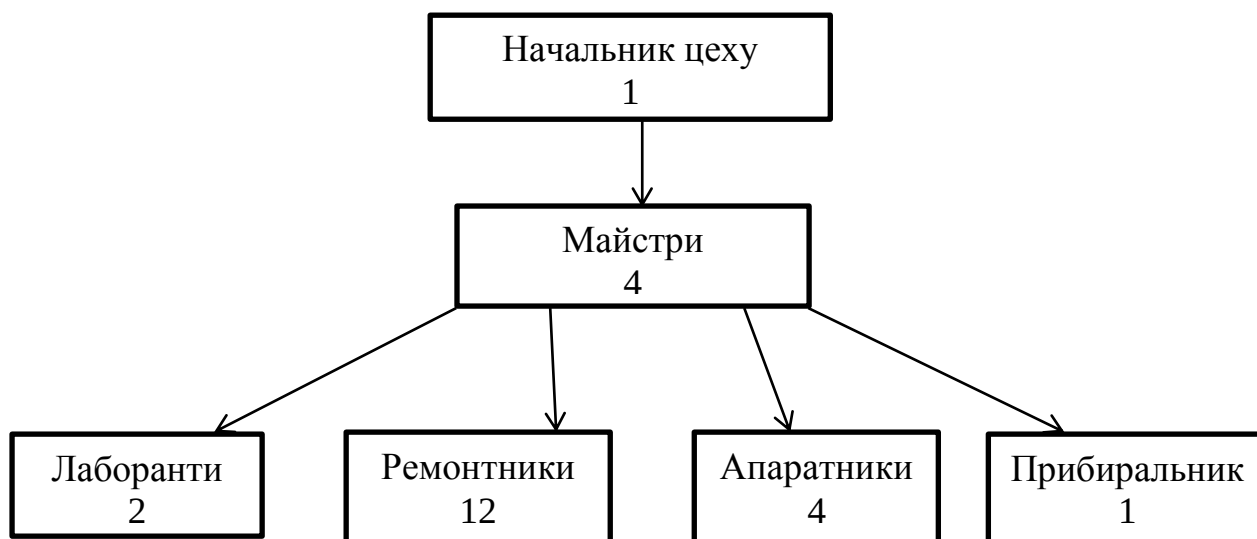
Таблиця 11.5 – Показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин

Цех кальцинації				Найменування приміщення			Межі запа- лення		Вогнегасні засоби	Категорія приміщень за ОНТЛ 24-86	Клас приміщень (зони) і зовнішніх уста- новок за ПУЕ	Категорія об'єкта і тип зони за пристроєм блискавководводу згідно СН 305-77	
Ма- шинні олії	Дере- во	Гума	Текс- толїт	Речовини, використовуючійся у виробни- цтві	Агрегатний стан речовини за нормальних умов	Горючість, заpalення, вибухонебезпеч- ність	Температура спалаху, °C	Температура заpalення, °C					Температура самозапалюван- ня, °C
Рідина	Тверде	Тверда	Твер- дий	Важ- кого- рю- чий	>45	358	480	<5	65	Порошок ПСБ і СН-2; вогнега- сник ОУ-5	Д	2-2а	Ш
Легко козай зай- мисті	Легко козай зай- мисте	Легко козай зай- миста			>45	100	635	<5	65	Вода			
Легко козай зай- мисті	Легко козай зай- миста				>45	250	320	<5	65	Вуглекислотні вогнегасники ОЦ-5, ОЦ-8			
168	200	380	<5	65	Порошок ПСБ і СН-2								

12 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

12.1 Організаційна схема відділення ретурної кальцинації гідрокарбонату натрію

Рисунок 12.1. – Схема організаційної структури цеху ретурної кальцинації гідрокарбонату натрію



Для вдосконаленої і старої схем виробництва кальцинованої соди схеми організаційної структури цеху будуть однакові.

12.2 Технологічна підготовка виробництва

Всі виробничі процеси вдосконаленої схеми кальцинації можна розділити на чотири основні групи:

1. основні – зневоднення вологого гідрокарбонату натрію, змішування гідрокарбонату натрію із ретурною содою; кальцинація гідрокарбонату натрію, розділення одержаної соди на готову продукцію і ретур, знепилення і промивка газу кальцинації;
2. допоміжні – енерго- і теплозабезпечення, паро- та водозабезпечення, ремонтне забезпечення;
3. обслуговуючі – транспортування, матеріально-технічне забезпечення.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Для старої схеми кальцинації буде ще один допоміжний процес – одержання димових газів.

12.3 Оптимальний вид руху предметів праці

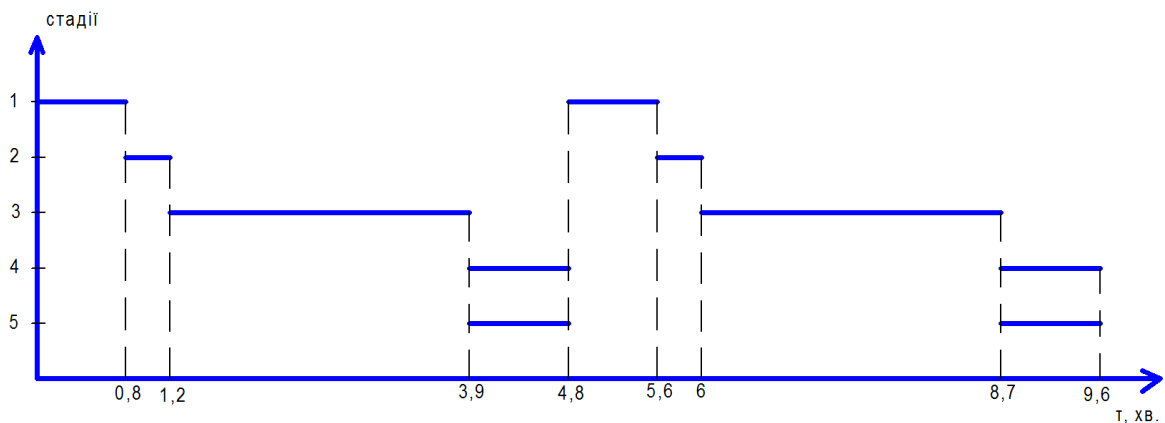
Виділимо основні стадії виробництва вдосконаленої схеми кальцинації. Кожна операція має свій час виконання. В таблиці 12.1 представлено час виробництва 1 т готової продукції (кальцинованої соди) за виробничий процес по кожній операції. Процес безперервний. Допоміжні процеси йдуть одночасно із основними.

Таблиця 12.1 – Стадії та тривалість

№ стадії	Назва стадії	Тривалість, хв.
1	Зневоднення NaHCO_3	0,8
2	Змішування NaHCO_3 із ретурною содою	0,4
3	Кальцинація трони	2,7
4	Розділення соди на готову продукцію і ретур	0,9
5	Очистка і промивка газу кальцинації	0,9

Очистка і промивка газу кальцинації проходить паралельно зі стадією розділення соди на готову продукцію і ретур.

Рисунок 12.2 – графік ВРПП процесу



Обрано оптимальний ВРПП – змішаний послідовно-паралельний. На графіку є одна паралельна стадія – очистка і промивка газу кальцинації, але при розрахунку тривалості виробничого циклу її можна не враховувати, оскільки у даному відділенні вона є супутньою (хоча для всього виробництва ця стадія важлива). Випуск соди – 300 т/доба (така потужність парового кальцинатора).

$$B = 300 \frac{т}{доба}$$

При послідовному ВРПП тривалість виробничих циклів становить:

$$T_{ВЦ}^{посл.} = B \sum_{i=1}^n t \quad (12.1)$$

$$T_{ВЦ}^{посл.} = 300 \cdot (0,8 + 0,4 + 2,7 + 0,9) = 1440 \text{ хв} = 24 \text{ год}$$

Для старої схеми кальцинації все те ж саме, змінюються лише тривалості операцій і значення випуску готової продукції.

Випуск соди (за потужністю вогневої печі):

$$B = 180 \frac{т}{доба}$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

12.4 Визначення середньорічної тривалості виробничого циклу, річного випуску продукції для послідовного ВРПП

Цех ретурної кальцинації гідрокарбонату натрію (вдосконалена схема кальцинації) працює 7 днів на тиждень у три зміни, тривалість зміни – 8 годин. У році 52 тижні. Кількість днів у році – 365, кількість робочих днів впродовж року – 365. Середньорічна тривалість виробничого циклу цеху:

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{сер.р.}} = \frac{D_K \cdot 24}{T_p \cdot D_p} \cdot T_{\text{ВЦ}}^{\text{ф.}} \quad (12.2)$$

$$T_{\text{ВЦ}}^{\text{сер.р.}} = \frac{365 \cdot 24}{24 \cdot 365} \cdot 24 = 24 \text{ год,}$$

де: 24 – кількість годин на добу; D_K – кількість календарних днів у році; T_p, D_p – тривалість роботи цеху впродовж доби і кількість робочих днів цеху на протязі року; $T_{\text{ВЦ}}^{\text{ф.}}$ – фактична тривалість.

Кількість виробничих циклів впродовж року:

$$n_{\text{ВЦ}} = \frac{365 \cdot 24}{T_{\text{ВЦ}}^{\text{сер.р.}}} \quad (12.3)$$

$$n_{\text{ВЦ}} = \frac{365 \cdot 24}{24} = 365$$

Річний випуск кальцинованої соди для послідовного ВРПП:

$$B_{\text{річ.}} = B_{\text{ВЦ}} \cdot n_{\text{ВЦ}} \quad (12.4)$$

$$B_{\text{річ.}} = 300 \cdot 365 = 109500 \frac{\text{т}}{\text{рік}}$$

Річний випуск кальцинованої соди для послідовного ВРПП (стара схема кальцинації):

$$B_{\text{річ.}} = 180 \cdot 365 = 65700 \frac{\text{т}}{\text{рік}} \quad (12.5)$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

12.5 Розрахунок необхідної кількості обладнання і працівників

Визначимо кількість обладнання для вдосконаленої схеми кальцинації:

Таблиця 12.2 – Обладнання

№	Назва обладнання	Кількість
1	Зневоднююча установка	1
2	Змішуюча установка	1
3	Паровий кальцинатор	1
4	Розділюючий шнек	1
5	Знепилювально-промивна установка	1

У старій схемі кальцинації відсутній механічний фільтр, замість парового кальцинатора – вогнева піч, відсутні редукційна охолоджувальна установка і збірник конденсату (це додаткове обладнання, обслуговуюче паровий кальцинатор) (замість них будується спеціальне відділення одержання димових газів, де спалюється природний газ або вугілля; також в цьому відділенні існує склад вугілля на випадок зупинки підвозу палива; і також там здійснюється переробка вугільного шлаку, залишаючогось після спалювання вугілля).

Кількість працюючих у цеху (вдосконалена схема кальцинації):

Таблиця 12.3 – Кількість персоналу

Відділ	Посада	Кількість
Адміністрація	Начальник цеху	1
Спеціалісти	Лаборанти	2
Робітники	Майстри	4
	Апаратники	4
Обслуговування	Ремонтники	12
	Прибиральник	1

Для старої схеми кальцинації кількість працюючих така ж.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

12.6 Розрахунок чисельності персоналу явочної і за списком

Кількість працюючих у цеху кальцинації (вдосконалена схема кальцинації) визначена із послідовного ВРПП. Дана кількість становить 24 особи. Кожний структурний підрозділ повністю укомплектований. Процес безперервний і працює 24 години на добу, 365 днів на рік. Сумарна явочна кількість складає:

$$\text{Ч}_{\text{яв.}} = 24 \text{ людини}$$

Чисельність за списком – потреба підприємства у кадрах. Крім явочної чисельності включає додатково необхідну для заміщення тих, хто у відпустці, хворіють, або відсутні з інших поважних причин; а також сюди включають сумісників. В даному цеху на заміну відсутньому працівнику може вийти інший з іншої зміни. Цех працює без вихідних, зупинки можуть бути лише у випадку поломок або під час капремонту.

Коефіцієнт перепрацювання:

$$K_{\text{пер.}} = \frac{T_{\text{рік}}}{T_{\text{прац.}}}, \quad (12.6)$$

де $T_{\text{рік}}$ – річний фонд часу роботи цеху; $T_{\text{прац.}}$ – річний час роботи цеху з урахуванням вихідних, святкових, відпусток, хвороб.

$$K_{\text{пер.}} = \frac{365}{365} = 1$$

Чисельність за списком:

$$\text{Ч}_{\text{сп.}} = \text{Ч}_{\text{яв.}} \cdot K_{\text{пер.}} \quad (12.7)$$

$$\text{Ч}_{\text{сп.}} = 24 \cdot 1 = 24 \text{ людини}$$

Для старої схеми кальцинації все таке саме.

12.7 Графік роботи цеху кальцинації, графік змінності

Для оптимальної роботи працівників в умовах безперервного виробництва в цеху кальцинації працюватиме 4 бригади.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Тривалість змін:

1-ша зміна: 8:00 – 16:00;

2-га зміна: 16:00 – 24:00;

3-тя зміна: 24:00 – 8:00.

Начальник цеху, лаборанти і прибиральник працюють у першу зміну.

1 бригада: 1 майстер; 1 апаратник; 3 ремонтники;

2 бригада: 1 майстер; 1 апаратник; 3 ремонтники;

3 бригада: 1 майстер; 1 апаратник; 3 ремонтники;

4 бригада: 1 майстер; 1 апаратник; 3 ремонтники.

Графік змінності роботи наведений у таблиці 12.4.

Таблиця 12.4 – Графік змінності роботи

Дата Бригада	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
1	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В
2	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1
3	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2
4	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3

Кількість посад і заробітна плата працівників представлена в таблиці 12.5.

Таблиці 12.5 – Кількість посад і заробітна плата

Посада	Кількість	Тарифний розряд	З/п, грн. за мі- сяць	Всього, грн. за місяць
Начальник цеху	1	19	4053	4053
Лаборанти	2	14	2868	5736
Майстри	4	16	3306	13224
Апаратники	4	13	2690	10760
Ремонтники	12	14	2868	34416
Прибиральник	1	7	1825	2050
Всього				70239

					ХН 2108 1440 000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-			

$$ЗП_{\text{рік}} = 70239 \cdot 12 = 842868 \text{ грн.} \quad (12.8)$$

$$\text{Нарахування} = ЗП_{\text{рік}} \cdot 0,37 \quad (12.9)$$

$$\text{Нарахування} = 842868 \cdot 0,37 = 311861 \text{ грн.}$$

Всі дані справедливі як для вдосконаленої, так і для старої схем кальцинації.

12.8 Баланс споживання оборотних фондів у цеху

Матеріальний баланс цеху (вдосконалена схема кальцинації) представлений у таблиці 12.6.

Таблиця 12.6 – Матеріальний баланс виробництва

Прихід (сировина)			Витрата (готова продукція)		
Речовина	т, кг	ω, %	Речовина	т, кг	ω, %
NaHCO ₃	760	33,24	NH ₃	13,221	0,58
Na ₂ CO ₃	29	1,27	CO ₂	221,169	9,67
NH ₄ HCO ₃	18	0,79	NaCl	15,121	0,66
(NH ₄) ₂ CO ₃	11	0,48	H ₂ O	248,743	10,88
NaCl	2	0,09	Na ₂ CO ₃	501,744	21,95
NH ₂ CO ₂ Na	8	0,35			
NH ₄ Cl	12	0,52			
H ₂ O	160	7			
Na ₂ CO ₃ (ретур)	1286	56,26	Na ₂ CO ₃ (ретур)	1286	56,26
Σ	2286	100	Σ	2286	100

Матеріальний баланс цеху для старої схеми кальцинації такий самий.

Витрати на сировину (для вдосконаленої схеми кальцинації) представлені у таблиці 12.7

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 12.7 – Витрати на сировину.

Сировина	Вартість, грн./кг	Вартість, $\frac{\text{грн.}}{109500 \text{ т}}$ (за рік)
Вологий NaHCO_3	5	547500000
Ретурна сода	8	10288
Всього		547510288

Ретурну соду потрібно купити тільки для першого запуску парового кальцинатора. Далі ретур буде вже вироблятися внаслідок реакції у паровому кальцинаторі.

Витрати на сировину (для старої схеми кальцинації) представлені у таблиці 12.8.

Таблиця 12.8 – Витрати на сировину.

Сировина	Вартість, грн./кг	Вартість, $\frac{\text{грн.}}{65700 \text{ т}}$ (за рік)
Вологий NaHCO_3	5	328500000
Ретурна сода	8	10288
Всього		328510288

Ретурну соду потрібно купити тільки для першого запуску вогневої печі. Далі ретур буде вже вироблятися внаслідок реакції у вогневій печі.

Потужність обладнання (для вдосконаленої і старої схем кальцинації) наведена у таблиці 12.9.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 12.9 – Потужність обладнання

Найменування устаткування	Кількість одиниць	Загальна потужність, кВт/год.
Паровий кальцинатор або Вогнева піч	1	200
Транспортери	7	140
Відцентрові насоси	3	60

Витрати на освітлення та на автоматизацію і комп'ютерну техніку (для вдосконаленої і старої схем кальцинації) представлені у таблиці 12.10.

Таблиця 12.10 – Потужність освітлення та засобів автоматизації і комп'ютерної техніки

Найменування	Загальна потужність, кВт/год.
Освітлення	10
Засоби автоматизації і комп'ютерна техніка	4

Ціна електроенергії наведена в таблиці 12.11

Таблиця 12.11 – Ціна електроенергії

Доба, год.	грн. кВт · год.
7 – 23	1,2
23 – 7	1,8

Сумарна потужність:

$$\sum \text{Потужність} = 200 + 140 + 60 + 10 + 4 = 414 \frac{\text{кВт}}{\text{год.}} \quad (12.10)$$

Впродовж доби витрачається:

$$14 \cdot 1,8 + 8 \cdot 1,2 = 34,8 \frac{\text{грн.}}{\text{кВт} \cdot \text{год.}} \quad (12.11)$$

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

За рік:

$$34,8 \cdot 365 \cdot 414 = 5258628 \frac{\text{грн.}}{\text{кВт} \cdot \text{год.}} \quad (12.12)$$

Витрати і ціна на воду і водяну пару (для вдосконаленої схеми кальцинації) представлені у таблиці 12.12.

Таблиця 12.12 – Витрати і ціни на воду і водяну пару

Найменування	Витрата	Витрата за рік	Вартість за рік, грн.
Вода	4,3 м ³ /т	470850 $\frac{\text{м}^3}{109500 \text{ т}}$	2825100
Водяна пара	1,1 т/т	120450 $\frac{\text{т}}{109500 \text{ т}}$	108405000
Всього			111230100

Вартість 1 м³ води – 6 грн.

Вартість води за рік:

$$C_{\text{води}} = 470850 \cdot 6 = 2825100 \text{ грн.} \quad (12.13)$$

Вартість 1 т водяної пари – 900 грн.

Вартість водяної пари за рік:

$$C_{\text{пари}} = 120450 \cdot 900 = 108405000 \text{ грн.} \quad (12.14)$$

Витрати і ціна на воду, водяну пару і вугілля для димових газів (для старої схеми кальцинації) представлені у таблиці 12.13.

Таблиця 12.13 – Витрати і ціни на воду, водяну пару і димові гази

Найменування	Витрата	Витрата за рік	Вартість за рік, грн.
Вода	4,3 м ³ /т	282510 $\frac{\text{м}^3}{65700 \text{ т}}$	1695060
Водяна пара	0,1 т/т	6570 $\frac{\text{т}}{65700 \text{ т}}$	5913000
Вугілля	0,3 т/т	19710 $\frac{\text{т}}{65700 \text{ т}}$	59130000
Всього			66738060

Вартість 1 м³ води – 6 грн.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Вартість води за рік:

$$C_{\text{води}} = 282510 \cdot 6 = 1695060 \text{ грн.} \quad (12.15)$$

Вартість 1 т водяної пари – 900 грн.

Вартість водяної пари за рік:

$$C_{\text{пар}} = 6570 \cdot 900 = 5913000 \text{ грн.} \quad (12.16)$$

Вартість 1 т вугілля – 3000 грн.

Вартість вугілля за рік

$$C_{\text{вугілля}} = 19710 \cdot 3000 = 59130000 \text{ грн.} \quad (12.17)$$

Оборотні засоби (для вдосконаленої схеми кальцинації):

$$\begin{aligned} \text{Об.З.} &= 842868 + 311861 + 547510288 + 5258628 + \\ &+ 111230100 = 665153745 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (12.18)$$

Оборотні засоби (для старої схеми кальцинації):

$$\begin{aligned} \text{Об.З.} &= 842868 + 311861 + 328510288 + 5258628 + \\ &+ 66738060 = 401661705 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (12.19)$$

12.9 Основні фонди у цеху

Вартість основних фондів цеху кальцинації (для вдосконаленої схеми кальцинації) та строк їх експлуатації представлені у таблиці 12.14.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 12.14 – Вартість основних фондів цеху кальцинації та строк їх експлуатації

Основні фонди	Вартість, грн.	Строк ек- сплуатації, років	Амортизація, грн.	Норма аморти- зації, %
Корпус вироб- ничо-побутовий	10485504	30	346022	3,3
Конвеєр	200579	10	20058	10
Паровий каль- цинатор	1000421	10	100042	10
Редукційна охо- лоджувальна установка	30535	10	3054	10
Збірник конденса- ту	6400	10	640	10
Декантатор	5627	10	563	10
Центрифуга	15842	10	1584	10
Приймач і жи- витель	10259	10	1026	10
Бункер	15644	10	1564	10
Циклон	50277	10	5028	10
Механічний фільтр	80555	10	8056	10
Збірник газу кальцинації	7542	10	754	10
Холодильник газу кальцинації	400550	10	40055	10
Промивач газу кальцинації	200850	10	20085	10
3 відцентрові насоси	9600	10	960	10
Інвентар	20000	3	6660	33,3

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Продовження таблиці 12.14

Невиробничі фонди	60000	3	19980	33,3
Нематеріальні активи	15000	15	1005	6,7
Сума	12615185		577136	

Вартість основних фондів цеху кальцинації (для старої схеми кальцинації) та строк їх експлуатації представлені у таблиці 12.15 (все таке ж, але відсутні паровий кальцинатор, редукційна охолоджувальна установка, збірник конденсату, механічний фільтр, але є вогнева піч)

Таблиця 12.15 – Вартість основних фондів цеху кальцинації та строк їх експлуатації

Основні фонди	Вартість, грн.	Строк експлуатації, років	Амортизація, грн.	Норма амортизації, %
Вогнева піч	870432	10	87043	10
Сума	12448261		560443	

12.10 Калькуляція на вид продукції

Калькуляція собівартості виготовлення 1 т кальцинованої соди (для вдосконаленої схеми кальцинації):

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

Таблиця 12.16 – Калькуляція собівартості виготовлення 1 т соди

Елементи	Вартість, грн./т соди
Сировина	5000,1
Електроенергія	48
Вода і водяна пара	1015,8
Амортизація	5,3
Заробітна плата	7,7
Нарахування на заробітну плату	2,8
Сума (собівартість 1 т кальцинової соди)	6079,7

Калькуляція собівартості виготовлення 1 т кальцинованої соди (для старої схеми кальцинації):

Таблиця 12.17 – Калькуляція собівартості виготовлення 1 т соди

Елементи	Вартість, грн./т соди
Сировина	5000,2
Електроенергія	80
Вода, водяна пара і вугілля	1015,8
Амортизація	8,5
Заробітна плата	12,8
Нарахування на заробітну плату	4,7
Сума (собівартість 1 т кальцинованої соди)	6122

12.11 Техніко-економічні показники

Таблиця 12.18 – ТЕП для вдосконаленої схеми кальцинації

Показник ТЕ	Розрахунок	Розмірність
Випуск продукції	$B = 109500$	т/рік
Чисельність персоналу	$\text{Ч}_{\text{яв.}} = \text{Ч}_{\text{сп.}} = 24$	людини
Капіталовкладення	$K = \text{ОФ} + \text{Об.З} =$ $= 12615185 + 665153745 =$ $= 677768930$	грн.
Собівартість	$C = A + \text{Об.З} =$ $= 577136 + 665153745 =$ $= 665730881$	грн./рік
Ціна	$\text{Ц} = 9000 \cdot 109500 =$ $= 985500000$	грн./рік
Прибуток	$\text{П} = \text{Ц} - C =$ $= 985500000 -$ $- 665730881 =$ $= 319769119$	грн./рік
Рентабельність	$P = \frac{\text{П}}{C} \cdot 100\% =$ $= \frac{319769119}{665730881} \cdot 100\% =$ $= 48,03$	%
Економічна ефективність	$E = \frac{\text{П}}{K} = \frac{319769119}{677768930} =$ $= 0,47$	грн./грн.
Період повернення капіталовкладень	$T = 1 : E = 1 : 0,47 = 2,13$	роки
Фондовіддача	$\text{ФВ} = \frac{B}{\text{ОФ}} = \frac{109500}{12615185} =$ $= 0,0087$	грн./грн.
Фондоємність	$\text{ФЄ} = 1 : \text{ФВ} = 1 : 0,0087 =$ $= 114,94$	грн./грн.

Таблиця 12.19 – ТЕП для старої схеми кальцинації

Показник ТЕ	Розрахунок	Розмірність
Випуск продукції	$B = 65700$	т/рік
Чисельність персоналу	$\text{Ч}_{\text{яв.}} = \text{Ч}_{\text{сп.}} = 24$	людини
Капіталовкладення	$K = O\Phi + O\delta.3 =$ $= 12448261 + 401661705 =$ $= 414109966$	грн.
Собівартість	$C = A + O\delta.3 =$ $= 560443 + 401661705 =$ $= 402222148$	грн./рік
Ціна	$\text{Ц} = 9000 \cdot 65700 =$ $= 591300000$	грн./рік
Прибуток	$\text{П} = \text{Ц} - \text{C} =$ $= 591300000 -$ $- 402222148 =$ $= 189077852$	грн./рік
Рентабельність	$P = \frac{\text{П}}{\text{C}} \cdot 100\% =$ $= \frac{189077852}{402222148} \cdot 100\% =$ $= 47,01$	%
Економічна ефективність	$E = \frac{\text{П}}{K} = \frac{189077852}{414109966} =$ $= 0,46$	грн./грн.
Період повернення капіталовкладень	$T = 1 : E = 1 : 0,46 = 2,17$	роки
Фондовіддача	$\Phi B = \frac{B}{O\Phi} = \frac{65700}{12448261} =$ $= 0,0053$	грн./грн.
Фондоємність	$\Phi \epsilon = 1 : \Phi B = 1 : 0,0053 =$ $= 188,68$	грн./грн.

12.12 Висновки

Було розраховано ТЕП для вдосконаленої та старої схем кальцинації. Більшість показників ТЕП – однакові. Але у старій схемі при використанні вогневої печі її видатність (180 т/добу) менша на третину, ніж у вдосконаленій схемі при використанні парового кальцинатора (300 т/добу). Також у вдосконаленій схемі є ще одна перевага: наявність механічного фільтра сприяє якнайповнішій очистці газу кальцинації від содового пилу. У старій схемі і й інші недоліки: у вогневій печі якість одержаної соди буде нижчою, ніж у паровому кальцинаторі (вогнева піч обігривається димовими газами тільки ззовні, а паровий кальцинатор містить трубну решітку, розташовану всередині кальцинатора, і обігриваючесь водяною парою); при використанні вогневої печі потрібно будувати окремий цех підготовки димових газів, де будуть знаходитися склад палива, дробарки, печі, і шлакопереробні установки.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

ВИСНОВКИ

Проведено критичний аналіз існуючих способів кальцинації гідрокарбонату натрію та обґрунтований вибір ретурного способу кальцинації. Розглянуті фізико-хімічні основи виробництва та здійснено вибір оптимального технологічного режиму – ретурну кальцинацію за температури 240 °С. Наведена характеристика сировини і готового продукту. Сировина містить 76% NaHCO_3 і 16% вологи; готовий продукт – 99,4% Na_2CO_3 . Розроблена технологічна схема виробництва. Розраховані матеріальний і тепловий баланси процесу кальцинації. Витрата ретуру становить 1,286 кг на 1 кг вологого NaHCO_3 . Витрата гріючої пари складає 108212 кг на 1000 кг вологого NaHCO_3 і 1286 кг ретуру. Здійснений розрахунок та вибір основного і допоміжного обладнання. Основні параметри парового кальцинатора: видатність – 300 т/доба; діаметр – 2,6 м; частота обертання барабана – 7 об./хв..

Розроблена схема автоматичного контролю та регулювання виробництва.

Розглянуті питання стандартизації виробництва.

Розглянути екологічні аспекти процесу кальцинації.

Виявлені та проаналізовані шкідливі і небезпечні виробничі фактори, і розроблені заходи з охорони праці.

Розраховано техніко-економічні показники для вдосконаленої і старої схем кальцинації. Для вдосконаленої схеми кальцинації випуск продукції становить 109500 т кальцинованої соди на рік, собівартість – 665730881 грн./рік; для старої випуск – 65700 т/рік, собівартість – 402222148 грн./рік.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Зайцев И. Д. Производство соды [Текст] / И. Д. Зайцев, Г. А. Ткач, Н. Д. Стоев. – М.: Химия, 1986. – 312 с.
2. Шокин И. Н. Технология соды [Текст] / И. Н. Шокин, С. А. Крашенинников. – М.: Химия, 1975. – 288 с.
3. Исламов М. Ш. Печи химической промышленности [Текст] / М. Ш. Исламов. – Ленинград: Химия, 1975. – 432 с.
4. Пищулин В. П. Расчёт кожухотрубчатого теплообменника: учебное пособие [Текст] / В. П. Пищулин. – Северск: СТИ НИЯУ МИФИ, 2010. – 37 с.
5. Банных О. П. Основные конструкции и тепловой расчёт теплообменников. Учебное пособие [Текст] / О. П. Банных. – Санкт-Петербург: СПбНИУ ИТМО, 2012. – 42 с.
6. Макаров Г. В. Охрана труда в химической промышленности [Текст] / Г. В. Макаров, А. Я. Васин, Л. К. Маринина. – М.: Химия, 1989. – 497 с.
7. Даева М. И. Типовые отраслевые нормы бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты рабочим и служащим химических производств [Текст] / М. И. Даева – М: Профиздат, 1989. – 242с.
8. Ардасенов В. Н. Средства индивидуальной защиты работающих на производстве: каталог-справочник [Текст] / Под. ред. В. Н. Ардасенова. – М: Профиздат, 1988. – 176 с.
9. Ткачук К. Н. Основи охорони праці. Підручник, 2-е видання, доповнене та перероблене [Текст] / За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського – К.: Основа, 2006. – 448 с.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

10. Лукінюк М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами. Книга 1. Методи та технічні засоби автоматичного контролю хіміко-технологічних процесів [Текст] / М. В. Лукінюк. – К.: Політехніка, 2012. – 336 с.
11. Лукінюк М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами. Книга 2. Керування хіміко-технологічними процесами. [Текст] / М. В. Лукінюк. – К.: Політехніка, 2012. – 336 с.
12. Бабіченко А. К. Промислові засоби автоматизації. Частина 1. Вимірювальні пристрої. [Текст] / А. К. Бабіченко, В. І. Тощинський, В. С. Михайлов, М. О. Подустов, О. В. Пугановський. За заг. ред. А. К. Бабіченка. – Харків: НТУ «ХП», 2001. – 470 с.
13. Бабіченко А. К. Промислові засоби автоматизації. Частина 2. Регулювальні і виконавчі пристрої. [Текст] / А. К. Бабіченко, В. І. Тощинський, В. С. Михайлов, В. І. Молчанов, М. О. Подустов, О. В. Пугановський, В. І. Вельма. За заг. ред. А. К. Бабіченка. – Харків: НТУ «ХП», 2003. – 658 с.
14. Круш П. В. Економіка підприємства: навчальний посібник. 2-ге видання, стереотипне. [Текст] / За заг. ред. П. В. Круша, В. І. Подвігіної, Б. М. Сердюка. – К.: Ельга-Н, КНТ, 2009. – 780 с.

					ХН 2108 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да-		

ДОДАТОК А

Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

Позиція на схемі	Технологічний параметр	Середовище і місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва та характеристика	Тип моделі	Кількість	Завод-виробник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
УСТАТКУВАННЯ ТА ПРИЛАДИ								
3-1	Рівень	Суміш твердих подрібнених Na_2CO_3 і NaHCO_3 ; приймач	3,3 м	Приймач	Первинний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра ЭХО-5Н; температура контролюваного середовища (-40)...80 °С, температура навколишнього до АП повітря (-30)...50 °С, діапазон вимірювання 0...6,0 м; граничнодопустима основна похибка $\pm 1,5$ %	АП-91	1	ТОВ «Старорусприбор», м. Стара Руса
3-2	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Проміжний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра ЭХО-5Н, $I_{\text{вих}} = 0...5$ (4...20) мА	ППИ-5Н	1	ТОВ «Старорусприбор», м. Стара Руса
5-1	Рівень	Вода; збірник конденсату	3,3 м	Збірник конденсату	Первинний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра ЭХО-5Н; температура контролюваного середовища (-40)...80 °С, температура навколишнього до АП повітря (-30)...50 °С, діапазон вимірювання 0...6,0 м; граничнодопустима основна похибка $\pm 1,5$ %	АП-91	1	ТОВ «Старорусприбор», м. Стара Руса
5-2	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Проміжний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра ЭХО-5Н, $I_{\text{вих}} = 0...5$ (4...20) мА	ППИ-5Н	1	ТОВ «Старорусприбор», м. Стара Руса
11-1	Рівень	Кристалічний Na_2CO_3 ; бункер	5 м	Бункер	Первинний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра ЭХО-5Н; температура контролюваного середовища (-40)...80 °С, температура навколишнього до АП повітря (-30)...50 °С, діапазон вимірювання 0...6,0 м; граничнодопустима основна похибка $\pm 1,5$ %	АП-91	1	ТОВ «Старорусприбор», м. Стара Руса

Продовження додатка А

1	2	3	4	5	6	7	8	9
11-2	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Проміжний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра ЭХО-5Н, $I_{\text{вих}} = 0...5$ (4...20) мА	ППИ-5Н	1	ТОВ «Старорусприбор», м. Стара Руса
17-1	Рівень	Слабка рідина; збірник слабкої рідини	3,3 м	Збірник слабкої рідини	Первинний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра ЭХО-5Н; температура контролюваного середовища (-40)...80 °С, температура навколишнього до АП повітря (-30)...50 °С, діапазон вимірювання 0...6,0 м; граничнодопустима основна похибка $\pm 1,5$ %	АП-91	1	ТОВ «Старорусприбор», м. Стара Руса
17-2	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Проміжний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра ЭХО-5Н, $I_{\text{вих}} = 0...5$ (4...20) мА	ППИ-5Н	1	ТОВ «Старорусприбор», м. Стара Руса
19-1	Рівень	Розчин NH_3 і CO_2 ; збірник внизу промивача газу кальцинації	3,3 м	Збірник внизу промивача газу кальцинації	Первинний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра ЭХО-5Н; температура контролюваного середовища (-40)...80 °С, температура навколишнього до АП повітря (-30)...50 °С, діапазон вимірювання 0...6,0 м; граничнодопустима основна похибка $\pm 1,5$ %	АП-91	1	ТОВ «Старорусприбор», м. Стара Руса
19-2	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Проміжний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра ЭХО-5Н, $I_{\text{вих}} = 0...5$ (4...20) мА	ППИ-5Н	1	ТОВ «Старорусприбор», м. Стара Руса
20-1	Рівень	Кристалічний вологий Na_2CO_3 ; аварійний збірник вологого Na_2CO_3	3,3 м	Аварійний збірник вологого Na_2CO_3	Первинний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра ЭХО-5Н; температура контролюваного середовища (-40)...80 °С, температура навколишнього до АП повітря (-30)...50 °С, діапазон вимірювання 0...6,0 м; граничнодопустима основна похибка $\pm 1,5$ %	АП-91	1	ТОВ «Старорусприбор», м. Стара Руса
20-2	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Проміжний вимірювальний перетворювач акустичного рівнеміра ЭХО-5Н, $I_{\text{вих}} = 0...5$ (4...20) мА	ППИ-5Н	1	ТОВ «Старорусприбор», м. Стара Руса

Продовження додатка А

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4-1	Темпера- тура	Трона; паровий кальцинатор	210 °C	Паровий кальци- натор	Термоелектричний перетворювач, НСХ L, діапазон вимірювання 0...300 °C, захисна арматура – сталь 12X18H10T, довжина монтажної частини 50...2000 мм; діаметр захисної арматури 10 мм; $P_y = 8 - 25$ МПа; інерційність 8 с; клас допуску 2	ТХА- 1087	1	НВО «Електро- термія», При- ладобудівний завод, м. Луцьк
8-1	Темпера- тура	Запилений газ кальцинації; циклон	150 °C	Циклон	Термоелектричний перетворювач, НСХ К, діапазон вимірювання 0...200 °C, захисна арматура – сталь 12X18H10T, довжина монтажної частини 200; 250 мм; $P_y = 50$ МПа; основна похибка 2%	ТХАУ- 0289	1	НВО «Електро- термія», При- ладобудівний завод, м. Луцьк
13-1	Темпера- тура	Слабка рідина; збірник слабкої рідини	32 °C	Збірник слабкої рідини	Термоперетворювач опору, НСХ 100П, діапазон ви- мірювання (-50)...60 °C, захисна арматура – сталь 12X18H10T, довжина монтажної частини 80 мм; ді- аметр захисної арматури 6 мм; $P_y = 0,4$ МПа; інерцій- ність 20 с; клас допуску А	ТСП- 1288	1	НВО «Електро- термія», При- ладобудівний завод, м. Луцьк
9-1	Перепад тиску	Газ кальцина- ції; механічний фільтр	1000 Па	Місце- вий	Вимірювальний тензоперетворювач різниці тисків, $\Delta P_{\max} = 1,6$ МПа, температура 5...50 °C, матеріал мем- брани – сплав 06ХН28МДТ; клас точності 0,25; $I_{\text{вих}} =$ 4...20 мА	САФІР- М, мод. 2460	1	ЗАТ «Мано- метр», м. Харків
1-1	Витрата	Вологий NaHCO_3 ; тру- бопровід 28 (між скребач- ковим транспо- ртом і прий- мачем)	9500 кг/год	Трубоп- ровід 28 (між скребач- ковим транспо- ртом і прийма- чем)	Сенсор витратоміра для вимірювання витрати сипких речовин DensFlow; робоча частота 100 кГц, діапазон швидкостей сипкого продукту 1...10 м/с, граничнодопус- тима похибка $\pm 2...5$ %; робоча температура: електроніки сенсора (-20)...60 °C, процесу (труба сенсора) – (-20)...+80 °C (вище – на замовлення), робочий тиск – до 1,6 МПа (2,5 МПа)	Dens Flow-S	1	Компанія SWR engineer- ing Messtechnik GmbH, Німеччина

Продовження додатка А

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-2	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Модуль обробки витратоміра для вимірювання витрати сипких речовин Dens Flow, робоча температура модуля обробки – (-10)...+45 °С; вихідні сигнали: витрата: 4...20 мА, швидкість: 4...20 мА, щільність: 4...20 мА, послідовний інтерфейс RS-485 (протокол Modbus), блок управління – РК-дисплей з підсвічуванням	DME 100	1	Компанія SWR engineering Messtechnik GmbH, Німеччина
2-1	Витрата	Ретурна сода; трубопровід 29 (між шнековим транспортером і приймачем)	12217 кг/год	Трубопровід 29 (між шнековим транспортером і приймачем)	Сенсор витратоміра для вимірювання витрати сипких речовин DensFlow; робоча частота 100 кГц, діапазон швидкостей сипкого продукту 1...10 м/с, граничнодопустима похибка $\pm 2...5$ %; робоча температура: електроніки сенсора (-20)...60 °С, процесу (труба сенсора) – (-20)...+80 °С (вище – на замовлення), робочий тиск – до 1,6 МПа (2,5 МПа)	Dens Flow-S	1	Компанія SWR engineering Messtechnik GmbH, Німеччина
2-2	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Модуль обробки витратоміра для вимірювання витрати сипких речовин Dens Flow, робоча температура модуля обробки – (-10)...+45 °С; вихідні сигнали: витрата: 4...20 мА, швидкість: 4...20 мА, щільність: 4...20 мА, послідовний інтерфейс RS-485 (протокол Modbus), блок управління – РК-дисплей з підсвічуванням	DME 100	1	Компанія SWR engineering Messtechnik GmbH, Німеччина

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6-1	Витрата	Готовий Na ₂ CO ₃ ; трубопровід 30 (між розподільчим шнеком і шнековим транспортером)	9500 кг/год	Трубопровід 30 (між розподільчим шнеком і шнековим транспортером)	Сенсор витратоміра для вимірювання витрати сипких речовин DensFlow; робоча частота 100 кГц, діапазон швидкостей сипкого продукту 1...10 м/с, граничнодопустима похибка ±2...5 %; робоча температура: електроніки сенсора (-20)...60 °С, процесу (труба сенсора) – (-20)...+80 °С (вище – на замовлення), робочий тиск – до 1,6 МПа (2,5 МПа)	Dens Flow-S	1	Компанія SWR engineering Messtechnik GmbH, Німеччина
6-2	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Модуль обробки витратоміра для вимірювання витрати сипких речовин Dens Flow, робоча температура модуля обробки – (-10)...+45 °С; вихідні сигнали: витрата: 4...20 мА, швидкість: 4...20 мА, щільність: 4...20 мА, послідовний інтерфейс RS-485 (протокол Modbus), блок управління – РК-дисплей з підсвічуванням	DME 100	1	Компанія SWR engineering Messtechnik GmbH, Німеччина
7-1	Витрата	Ретурна сода; трубопровід 29 (між розподільчим шнеком і шнековим транспортером)	12217 кг/год	Трубопровід 29 (між розподільчим шнеком і шнековим транспортером)	Сенсор витратоміра для вимірювання витрати сипких речовин DensFlow; робоча частота 100 кГц, діапазон швидкостей сипкого продукту 1...10 м/с, граничнодопустима похибка ±2...5 %; робоча температура: електроніки сенсора (-20)...60 °С, процесу (труба сенсора) – (-20)...+80 °С (вище – на замовлення), робочий тиск – до 1,6 МПа (2,5 МПа)	Dens Flow-S	1	Компанія SWR engineering Messtechnik GmbH, Німеччина

Продовження додатка А

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7-2	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Модуль обробки витратоміра для вимірювання витрати сипких речовин Dens Flow, робоча температура модуля обробки – (-10)...+45 °С; вихідні сигнали: витрата: 4...20 мА, швидкість: 4...20 мА, щільність: 4...20 мА, послідовний інтерфейс RS-485 (протокол Modbus), блок управління – РК-дисплей з підсвічуванням	DME 100	1	Компанія SWR engineering Messtechnik GmbH, Німеччина
10-1	Витрата	Готовий Na ₂ CO ₃ ; трубопровід 30 (з бункера)	9500 кг/год	Трубопровід 30 (з бункера)	Сенсор витратоміра для вимірювання витрати сипких речовин DensFlow; робоча частота 100 кГц, діапазон швидкостей сипкого продукту 1...10 м/с, граничнодопустима похибка ±2...5 %; робоча температура: електроніки сенсора (-20)...60 °С, процесу (труба сенсора) – (-20)...+80 °С (вище – на замовлення), робочий тиск – до 1,6 МПа (2,5 МПа)	Dens Flow-S	1	Компанія SWR engineering Messtechnik GmbH, Німеччина
10-2	Те саме	Те саме	Те саме	Місцевий	Модуль обробки витратоміра для вимірювання витрати сипких речовин Dens Flow, робоча температура модуля обробки – (-10)...+45 °С; вихідні сигнали: витрата: 4...20 мА, швидкість: 4...20 мА, щільність: 4...20 мА, послідовний інтерфейс RS-485 (протокол Modbus), блок управління – РК-дисплей з підсвічуванням	DME 100	1	Компанія SWR engineering Messtechnik GmbH, Німеччина

1	2	3	4	5	6	7	8	9
12-1	Витрата	Газ кальцинації і конденсат; трубопровід 33 (між колектором газу кальцинації і холодильником газу кальцинації)	7850,91 кг/год	Трубопровід 33 (між колектором газу кальцинації і холодильником газу кальцинації)	Коріолісів витратомір, вимірювані середовища: рідини, в т. ч. високов'язкі, емульсії; $D_{\text{тр}} = 4,5 \dots 100$ мм; температура вимірюваного середовища $(- 50) \dots 200$ °С, тиск – до 4 МПа; діапазон вимірювання густини $600 \dots 1800$ кг/м ³ , граничнодопустима похибка 0,002 кг/л; граничнодопустима похибка вимірювання $\pm 0,2; 0,25; 0,5$ %; вихідні сигнали: частотно-імпульсний (оптопара, 30 В, 50 мА), струмовий 4...20 мА, цифровий RS-485, дискретний (оптопара, 30 В, 50 мА, сигналізація); має вбудований графічний рідинно-кристалічний індикатор (місцевий)	ЭЛМЕ-ТРО-Фломак	1	ТОВ «ЭЛМЕТРО-Инжиниринг», м. Челябинськ
14-1	Витрата	Вода; трубопровід 1 (до промивача газу кальцинації)	7246,98 кг/год	Трубопровід 1 (до промивача газу кальцинації)	Коріолісів витратомір, вимірювані середовища: рідини, в т. ч. високов'язкі, емульсії; $D_{\text{тр}} = 4,5 \dots 100$ мм; температура вимірюваного середовища $(- 50) \dots 200$ °С, тиск – до 4 МПа; діапазон вимірювання густини $600 \dots 1800$ кг/м ³ , граничнодопустима похибка 0,002 кг/л; граничнодопустима похибка вимірювання $\pm 0,2; 0,25; 0,5$ %; вихідні сигнали: частотно-імпульсний (оптопара, 30 В, 50 мА), струмовий 4...20 мА, цифровий RS-485, дискретний (оптопара, 30 В, 50 мА, сигналізація); має вбудований графічний рідинно-кристалічний індикатор (місцевий)	ЭЛМЕ-ТРО-Фломак	1	ТОВ «ЭЛМЕТРО-Инжиниринг», м. Челябинськ

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15-1	Витрата	Слабка рідина; трубопровід 31 (між збірником слабкої рідни і колектором газу кальцина- ції)	1811,75 кг/год	Трубоп- ровід 31 (між збірни- ком сла- бкої рі- дини і колекто- ром газу кальци- нації)	Коріолісів витратомір, вимірювані середовища: рідини, в т. ч. високов'язкі, емульсії; $D_{тр} = 4,5...100$ мм; температу- ра вимірюваного середовища $(- 50)...200$ °С, тиск – до 4 МПа; діапазон вимірювання густини $600...1800$ кг/м ³ , граничнодопустима похибка 0,002 кг/л; граничнодопу- стима похибка вимірювання $\pm 0,2; 0,25; 0,5$ %; вихідні сигнали: частотно-імпульсний (оптопара, 30 В, 50 мА), струмовий 4...20 мА, цифровий RS-485, дискретний (оптопара, 30 В, 50 мА, сигналізація); має вбудований графічний рідинно-кристалічний індикатор (місцевий)	ЭЛМЕ- ТРО- Фломак	1	ТОВ «ЭЛМЕТ- РО- Инжиниринг», м. Челябинськ
16-1	Витрата	Слабка рідина; трубопровід 31 (зі збірника слабкої рідини)	2415,66 кг/год	Трубоп- ровід 31 (зі збір- ника слабкої рідини)	Коріолісів витратомір, вимірювані середовища: рідини, в т. ч. високов'язкі, емульсії; $D_{тр} = 4,5...100$ мм; температу- ра вимірюваного середовища $(- 50)...200$ °С, тиск – до 4 МПа; діапазон вимірювання густини $600...1800$ кг/м ³ , граничнодопустима похибка 0,002 кг/л; граничнодопу- стима похибка вимірювання $\pm 0,2; 0,25; 0,5$ %; вихідні сигнали: частотно-імпульсний (оптопара, 30 В, 50 мА), струмовий 4...20 мА, цифровий RS-485, дискретний (оптопара, 30 В, 50 мА, сигналізація); має вбудований графічний рідинно-кристалічний індикатор (місцевий)	ЭЛМЕ- ТРО- Фломак	1	ТОВ «ЭЛМЕТ- РО- Инжиниринг», м. Челябинськ

1	2	3	4	5	6	7	8	9
18-1	Витрата	Слабка рідина і вода; трубопровід 34 (зі збірника внизу промивача газу кальцинації)	8152,86 кг/год	Трубопровід 33 (зі збірника внизу промивача газу кальцинації)	Коріолісів витратомір, вимірювані середовища: рідини, в т. ч. високов'язкі, емульсії; $D_{\text{тр}} = 4,5 \dots 100$ мм; температура вимірюваного середовища $(-50) \dots 200$ °С, тиск – до 4 МПа; діапазон вимірювання густини $600 \dots 1800$ кг/м ³ , граничнодопустима похибка 0,002 кг/л; граничнодопустима похибка вимірювання $\pm 0,2; 0,25; 0,5$ %; вихідні сигнали: частотно-імпульсний (оптопара, 30 В, 50 мА), струмовий $4 \dots 20$ мА, цифровий RS-485, дискретний (оптопара, 30 В, 50 мА, сигналізація); має вбудований графічний рідинно-кристалічний індикатор (місцевий)	ЭЛМЕ-ТРО-Фломак	1	ТОВ «ЭЛИМЕТРО-Инжиниринг», м. Челябинськ
21-1	Витрата	Непоглинені гази; трубопровід 35 (з промивача газу кальцинації)	905,87 кг/год	Трубопровід 35 (з промивача газу кальцинації)	Витратомір-лічильник газовий тепловий типу ТРГ; вихідні сигнали: сигнал постійного струму $0(4) \dots 20$ мА або сигнал постійного струму напруги $0 \dots 5$ В; тиск – до 10 МПа; температура $(-30) \dots 50$ °С; діаметр трубопровода $20 \dots 1600$ мм; граничнодопустима похибка вимірювання ± 2 %	ТРГ-250	1	НВО «Оріон», м. Харків

Продовження додатка А

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-3; 3-3; 4-2; 5-3; 6-3; 7-3; 8-2; 10-3; 11-3; 12-2; 13-2; 14-2; 15-2; 16-2; 17-3; 18-2; 19-3; 20-3; 21-2				Щит керуван- ня	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад; вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	ДИСК-250ДД	19	ЗАТ «Промышлен- ная группа „Мет- ран”», м. Челябинськ
9-2				Щит керуван- ня	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (з пристроєм сигналізації); вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	ДИСК-250ДД	1	ЗАТ «Промышлен- ная группа „Мет- ран”», м. Челябинськ

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-4; 2-3; 4-3; 8-3; 10-4; 12-3; 13-3; 14-3; 15-3; 16-3; 18-3				Щит керуван- ня	Регулятор мікропроцесорний. Реалізує дво- та трипозиційне регулювання, а також пропорційний (П), пропорційно-інтегральний (ПІ), пропорційно-диференціальний (ПД) та пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) алгоритми регулювання з імпульсним або аналоговим виходами. Забезпечує корекцію за другим параметром. Кількість входів: аналогових – 2 (0...5 мА, 0(4)...20 мА, 0...10 В), максимальна похибка АЦП $\pm 0,2\%$; кількість виходів: дискретних або імпульсних – 4 (транзисторний ключ ВК – відкритий ключ або релейний вихід на напругу 220 В і струм 8 А), аналогових – 1 (0...5 мА, 0(4)...20 мА), максимальна похибка ЦАП $\pm 0,5\%$	МІК-21	11	ВАТ «Підприємство “МІКРОЛ”», м. Івано- Франківськ
1-5				Трубо- провід 28 (від скребач- кового транспо- ртера до прийма- ча)	Механізм виконавчий електричний однообертовий: 6,3 – номінальний обертовий момент на вихідному валу, Н·м; 12,5 – номінальний час повного ходу вихідного валу, с; 0,25 – номінальний повний хід вихідного валу, об	МЭО- 6,3/12,5- 0,25-99	1	Севанський завод елек- тричних вико- навчих ме- ханізмів, м. Севан

Продовження додатка А

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2-4				Трубопровод 29 (від шнекового транспортера до приймача)	Механізм виконавчий електричний однообертовий: 6,3 – номінальний обертовий момент на вихідному валу, Н·м; 12,5 – номінальний час повного ходу вихідного валу, с; 0,25 – номінальний повний хід вихідного валу, об	МЭО-6,3/12,5-0,25-99	1	Севанський завод електричних виконавчих механізмів, м. Севан
4-4				Трубопровод 2 (від редукційної охолоджувальної установки до парового кальцинатора)	Механізм виконавчий електричний однообертовий: 6,3 – номінальний обертовий момент на вихідному валу, Н·м; 12,5 – номінальний час повного ходу вихідного валу, с; 0,25 – номінальний повний хід вихідного валу, об	МЭО-6,3/12,5-0,25-99	1	Севанський завод електричних виконавчих механізмів, м. Севан

Продовження додатка А

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8-4				Трубопровід 2 (у циклон)	Механізм виконавчий електричний однообертовий: 6,3 – номінальний обертовий момент на вихідному валу, Н·м; 12,5 – номінальний час повного ходу вихідного валу, с; 0,25 – номінальний повний хід вихідного валу, об	МЭО-6,3/12,5-0,25-99	1	Севанський завод електричних виконавчих механізмів, м. Севан
10-5				Трубопровід 30 (з бункера)	Механізм виконавчий електричний однообертовий: 6,3 – номінальний обертовий момент на вихідному валу, Н·м; 12,5 – номінальний час повного ходу вихідного валу, с; 0,25 – номінальний повний хід вихідного валу, об	МЭО-6,3/12,5-0,25-99	1	Севанський завод електричних виконавчих механізмів, м. Севан
12-4				Трубопровід 33 (від колектора газу калъцинації до холодильника газу калъцинації)	Механізм виконавчий електричний однообертовий: 6,3 – номінальний обертовий момент на вихідному валу, Н·м; 12,5 – номінальний час повного ходу вихідного валу, с; 0,25 – номінальний повний хід вихідного валу, об	МЭО-6,3/12,5-0,25-99	1	Севанський завод електричних виконавчих механізмів, м. Севан

Продовження додатка А

1	2	3	4	5	6	7	8	9
13-4				Трубопровід 1 (у холодильнику газу калъцинації)	Механізм виконавчий електричний однообертовий: 6,3 – номінальний обертовий момент на вихідному валу, Н·м; 12,5 – номінальний час повного ходу вихідного валу, с; 0,25 – номінальний повний хід вихідного валу, об	МЭО-6,3/12,5-0,25-99	1	Севанський завод електричних виконавчих механізмів, м. Севан
14-4				Трубопровід 1 (у поглиначі газу калъцинації)	Механізм виконавчий електричний однообертовий: 6,3 – номінальний обертовий момент на вихідному валу, Н·м; 12,5 – номінальний час повного ходу вихідного валу, с; 0,25 – номінальний повний хід вихідного валу, об	МЭО-6,3/12,5-0,25-99	1	Севанський завод електричних виконавчих механізмів, м. Севан
15-4				Трубопровід 31 (від збірника слабкої рідини у колекторі газу калъцинації)	Механізм виконавчий електричний однообертовий: 6,3 – номінальний обертовий момент на вихідному валу, Н·м; 12,5 – номінальний час повного ходу вихідного валу, с; 0,25 – номінальний повний хід вихідного валу, об	МЭО-6,3/12,5-0,25-99	1	Севанський завод електричних виконавчих механізмів, м. Севан

Продовження додатка А

1	2	3	4	5	6	7	8	9
16-4				Трубопровод 31 (із збірника слабкої рідин)	Механізм виконавчий електричний однообертовий: 6,3 – номінальний обертовий момент на вихідному валу, Н·м; 12,5 – номінальний час повного ходу вихідного валу, с; 0,25 – номінальний повний хід вихідного валу, об	МЭО-6,3/12,5-0,25-99	1	Севанський завод електричних виконавчих механізмів, м. Севан
18-4				Трубопровод 34 (із збірника внизу промишляча газу кальцинації)	Механізм виконавчий електричний однообертовий: 6,3 – номінальний обертовий момент на вихідному валу, Н·м; 12,5 – номінальний час повного ходу вихідного валу, с; 0,25 – номінальний повний хід вихідного валу, об	МЭО-6,3/12,5-0,25-99	1	Севанський завод електричних виконавчих механізмів, м. Севан
4-5				Щит керування	Перетворювач нормувальний, вхідні сигнали: 0...5 мА, 4...20 мА, а також від ТП НСХ В, К, L, S, R та ТО НСХ 50П, 100П, 50М, 100М; клас точності 0,4 (0,5) – залежно від діапазону вимірювання ТП, ТО; $I_{\text{вих}} = 0...5$ (4...20 мА), $U_{\text{вих}} = 0...10$ В; цифровий інтерфейс RS-485	П282	1	НВО «Електро-термія», м. Луцьк

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ЕЛЕКТРОАПАРАТИ								
МП1; МП2; МП3; МП4; МП5; МП6; МП7; МП8				Місцевий	Магнітний пускач безконтактний (на семісторах), реверсивний, для керування електричними виконавчими механізмами, у приводі яких використано однофазні електродвигуни; температура довкілля $(-10) \dots 50$ °С, відносна вологість до 80 %; керувальний сигнал $U_{вх} = 24 \pm 6$ В, $U_{жив} = 220$ В, 50/60 Гц, $W_{жив} = 10$ В·А	ПБР-2М	8	ПО «Электроприбор», м. Чебоксари
SA1; SA2; SA3; SA4; SA5; SA6; SA7; SA8				Місцевий	Кнопка запобіжного вимикання; номінальна робоча напруга: змінна (частота 50/60 Гц) 660 В, постійна – 440 В, номінальний тепловий струм – 10 А	КМЕ-5111 УЗ	8	ТОВ «Кам'янець-Подільський електромеханічний завод»; м. Кам'янець-Подільський
HL1				Місцевий	Лампа сигнальна світлодіодна із жовтим індикатором $U_{жив} = 220$ В, 50/60 Гц, $d = 27$ мм, сила світла 20 мКд	СКЛ-11-Ж-2-220	1	ВАТ «Кашинский завод электроаппаратуры», м. Москва

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Справ. №		A1			ДП ХН2108 1440 001 000	Технологічна схема				
Подп. и дата				1	ДП ХН2108 1440 001 001	Змішувач	1			
				2	ДП ХН2108 1440 001 002	Приймач	1			
				3	ДП ХН2108 1440 001 003	Дозатор	1			
				4	ДП ХН2108 1440 001 004	Скребачковий транспортер	1			
				5	ДП ХН2108 1440 001 005	Бункер	1			
				6	ДП ХН2108 1440 001 006	Декантатор	1			
				7	ДП ХН2108 1440 001 007	Центрифуга	1			
				8	ДП ХН2108 1440 001 008	Шнековий транспортер	1			
				9	ДП ХН2108 1440 001 009	Шнековий транспортер	1			
				10	ДП ХН2108 1440 001 010	Розподільчий шнек	1			
Взам. инв. №				11	ДП ХН2108 1440 001 011	Циклон	1			
				12	ДП ХН2108 1440 001 012	Шнековий транспортер	1			
				13	ДП ХН2108 1440 001 013	Механічний фільтр	1			
				14	ДП ХН2108 1440 001 014	Колектор газу кальцинації	1			
				15	ДП ХН2108 1440 001 015	Холодильник газу кальцинації	1			
				16	ДП ХН2108 1440 001 016	Промивач газу кальцинації	1			
				17	ДП ХН2108 1440 001 017	Збірник сладкої рідини	1			
				18	ДП ХН2108 1440 001 018	Елеватор	1			
				19	ДП ХН2108 1440 001 019	Вивантажувальний шнек	1			
				20	ДП ХН2108 1440 001 020	Шнековий транспортер	1			
Подп. и дата				21	ДП ХН2108 1440 001 021	Шнековий транспортер	1			
				22	ДП ХН2108 1440 001 022	Паровий кальцинатор	1			
				23	ДП ХН2108 1440 001 023	Редуційна охолоджувальна установка	1			
Инв. № подл.		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП ХН2108 1440 001			
		Разраб.	Романченко Т. О.							
		Пров.	Прокоф'єва Г. М.							
		Н.контр.	Супрунчук В. І.							
	Утв.	Толстополова Н. М.					Відділення ретурної кальцинації гідрокарбонату натрію у виробництві кальцинованої соди Технологічна схема	Лит.	Лист	Листов
У		1	2							
							НТУУ "КПІ"			
							ХТФ, ХН-21			

[illegible]

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Справ. №		A1			ДП ХН2108 1440 002 000	Паровий кальцинатор				
				1	ДП ХН2108 1440 002 001	Стінка барабана кальцинатора	1			
				2	ДП ХН2108 1440 002 002	Теплоізоляція	1			
				3	ДП ХН2108 1440 002 003	Обігрівальні труби				
				4	ДП ХН2108 1440 002 004	Отвір для виводу конденсату	1			
						із парової камери				
				5	ДП ХН2108 1440 002 005	Парова камера	1			
				6	ДП ХН2108 1440 002 006	Патрубок для підводу пари	1			
						у парову камеру				
				7	ДП ХН2108 1440 002 007	Трубопровід для виводу	1			
						конденсату				
				8	ДП ХН2108 1440 002 008	Трубопровід для пари	1			
				9	ДП ХН2108 1440 002 009	Вивантажувальна кишеня	1			
				10	ДП ХН2108 1440 002 010	Кільцева камера для	1			
Инд. № подл.						конденсату				
				11	ДП ХН2108 1440 002 011	Приводячий обертальний	1			
						механізм				
				12	ДП ХН2108 1440 002 012	Рейка обертального механізму				
				13	ДП ХН2108 1440 002 013	Зубчаста передача обертального	1			
						механізму				
				14	ДП ХН2108 1440 002 014	Розпірна решітка	1			
		Инд. № подл.		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП ХН2108 1440 002	
Разраб.	Романченко Т. О.									
Пров.	Прокоф'єва Г. М.						Відділення ретурної кальцинації гідрокарбонату натрію у виробництві кальцинованої соди Паровий кальцинатор	Лит.	Лист	Листов
								У		1
Н.контр.	Супрунчук В. І.							НТУУ "КПІ", ХТФ, ХН-21		
Утв.	Толстополова Н. М.									