

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інженерії  
Кафедра Машинознавства та обладнання промислових підприємств  
Освітньо-кваліфікаційний рівень спеціаліст  
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування  
Спеціалізація Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри МОПП

\_\_\_\_\_ д.т.н., проф.  
Архипов О.Г.  
16 березня 2017 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

**Бєленков Сергій Анатольович**  
виконавець

1. Тема проекту  
***Виробництво каустичної соди потужністю 40 тис. т/рік з розробкою випарного апарату.***  
Керівник проекту (роботи) *доцент Тараненко Г.В.*

затверджені наказом вищого навчального закладу від 15 березня 2017 року № 79/78

2. Строк подання студентом проекту (роботи) *30.05.2017 р.*

3. Вихідні дані до проекту (роботи) *Дані діючого виробництва*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
*Зміст визначається "Методичними вказівками до виконання дипломного проекту" та методичними вказівками до виконання відповідних обов'язкових розділів проекту*

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

*5.1. Технологічна схема – 1 лист формату А1*

*5.2. Креслення загального виду апарату - 1÷2 листа формату А1*

*5.3. Креслення загального виду основних складових одиниць - 3÷4 листів формату А1*

*5.4. Креслення складних деталей – до 2 листів формату А1*

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 16.03.2017 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проектування	Строк виконання етапів	Приймаючий
1.	Аналітичний огляд	20.03.2017 р.	
2.	Технологічна частина	25.03.2017 р.	
3.	Конструкція та принцип дії апарата	29.03.2017 р.	
4.	Вибір конструкційних матеріалів	31.03.2017 р.	
5.	Параметричні розрахунки апарата (матеріальний баланс, технологічний розрахунок, гідравлічний розрахунок, тепловий баланс, тепловий розрахунок)	11.04.2017 р.	
6.	Розрахунок елементів апарата на міцність, жорсткість та стійкість)	24.04.2017 р.	
7.	Технологія виготовлення апарата	27.04.2017 р.	
8.	Ремонт та монтаж апарата	03.05.2017 р.	
9.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	04.05.2017 р.	
10.	Промислова екологія	10.05.2017 р.	
11.	Техніко-економічні розрахунки	18.05.2017 р.	
12.	Креслення:		Креслення виконують поетапно під час проробки розділів поз.5÷12
	Технологічна схема.	16.05.2017 р.	
	Загальний вигляд апарата.	22.05.2017 р.	
	Складальні одиниці. Деталі.	29.05.2017 р.	

Студент \_\_\_\_\_ Беленков С.А.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_ Тараненко Г.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

№	Формат	Позначення	Найменування	Кіл. листів	№ экз.	Примітки		
1								
2			<u>Документація загальна</u>					
3								
4	A1	121.008.00.000 ВЗ	Випарний апарат	1		A1		
5	A1	2017.008.00.000 ТЗ	Схема технологічна	1		A1		
6								
7	A4	2017.008.00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	125		A4		
8								
9								
10			<u>Документація</u>					
11			<u>за складальними</u>					
12			<u>одиницями</u>					
13								
14	A1	121.008.01.000 ВЗ	Гріюча камера	1		A1		
15	A1	121.008.02.000 ВЗ	Днище	1		A1		
16	A1	121.008.03.000 ВЗ	Нижній люк	1		A1		
17	A1	121.008.04.000 ВЗ	Сепаратор	1		A1		
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
Взам. Инв. №					2017.008.00.000 ПЗ			
	3	Ар	№ докум.	Підпис	Дата			
Инв. № подл.	Разраб	Беленков			Виробництво каустичної соди потужністю 40 тис. т/рік з розробкою випарного апарату	Літ	Лист	Листів
	Пров.	Тараненко				Д	1	1
	Н.контр.	Карпюк				СНУ Кафедра МОПІ		
	Утв.	Архипов						

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії

Кафедра машинознавства та обладнання промислових підприємств

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
до дипломного проекту

освітньо-кваліфікаційного рівня *спеціаліст*

спеціальності *133 Галузеве машинобудування*  
спеціалізації *Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів*

на тему «***Виробництво каустичної соди потужністю 40 тис. т/рік з розробкою випарного апарату***»

Виконав: студент групи ОХП-16зс

Беленков С.А.  
(прізвище, та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник Тараненко Г.В.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Завідувач кафедри Архипов О.Г.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент Табунціков В.Г.  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Севєродонецьк - 2017

## Зміст

<b>Вступ .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Аналітичний огляд .....</b>	<b>6</b>
1.1. Області застосування каустичної соди.....	6
1.2. Характеристика процесу випарювання.....	7
<b>2. Технологічна частина .....</b>	<b>9</b>
2.1 Обґрунтування обраного методу виробництва .....	9
2.2 Опис технологічної схеми виробництва .....	12
2.3 Характеристика готової продукції.....	19
2.4 Характеристика вихідної сировини, матеріалів і напівфабрикатів.....	20
<b>3. Конструкція та принцип дії обладнання .....</b>	<b>21</b>
<b>4. Вибір конструкційних матеріалів .....</b>	<b>25</b>
<b>5. Параметричні розрахунки обладнання .....</b>	<b>28</b>
5.1 Витрата основної сировини.....	28
5.2 Розрахунок процесів, які протікають в гасителі – каустифікатори.....	31
5.3 Матеріальний баланс першої каустифікації.....	34
5.4 Розрахунок кількості речовин, що направляються зі слабким щолоком на випарювання.....	37
5.5 Розрахунок процесів другої каустифікації.....	40
5.6 Визначення кількості промивних вод.....	43
5.7 Розрахунок процесу приготування “нормального” содового розчину.....	44
5.8 Матеріальний баланс промивача шламу.....	46
<b>6. Розрахунок елементів апарата на міцність, жорсткість та стійкість .....</b>	<b>51</b>
6.1 Розрахунок випарної установки.....	51
6.2 Міцнісні розрахунки апарату.....	57
6.3 Висновки по конструкції і розрахункам апарату.....	79

					2017.008.00.000 ПЗ							
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Лат	Виробництво каустичної соди потужністю 40 тис. т/рік з розробкою випарного апарату			Літера	Аркуш	Аркушів		
Розроб.	Беленков									2	125	
Пев.	Тараненко							СНУ Кафедра МОПП				
Н. контр.	Карпюк											
Затв.	Архипов											

<b>7. Технологія виготовлення обладнання.....</b>	<b>80</b>
7.1 Виготовлення днищ.....	82
7.2 Технологічний процес зборки камер.....	83
<b>8. Ремонт та монтаж обладнання.....</b>	<b>86</b>
8.1 Організація ремонтної служби підприємства.....	86
8.2 Проведення капітального ремонту випарного апарату.....	87
8.3 Опис ремонтного пристосування.....	89
8.4 Складання сітьового графіка капітального ремонту випарного апарату.....	90
<b>9. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях .....</b>	<b>93</b>
9.1 Охорона праці .....	93
9.2 Безпека у надзвичайних ситуаціях .....	103
<b>10. Промислова екологія .....</b>	<b>107</b>
10.1 Відходи, що утворюються, на виробництві каустичної соди.....	107
10.2 Вплив на здоров'я людини.....	109
<b>11. Техніко – економічні розрахунки .....</b>	<b>112</b>
11.1 Проектовані організаційно–технічні заходи .....	112
11.2 Загальна характеристика проєктованих заходів .....	112
11.3 Розрахунок річної виробничої потужності .....	113
11.4 Аналіз зміни собівартості продукції. ....	116
11.5 Розрахунок техніко-економічних показників .....	118
<b>Висновки .....</b>	<b>123</b>
<b>Використана література .....</b>	<b>124</b>

## ВСТУП

Хімічна промисловість є однією з основних галузей економіки країни. За своєю якістю хімічна продукція підприємств України може гідно конкурувати на світовому ринку. На сьогоднішній день металургійна і хімічна промисловості є основними джерелами надходження валюти до України.

В ході проведення ринкових реформ і в результаті лібералізації цін на енергоносії з'ясувалося, що за рахунок застарілих технологій і практичної відсутності енергозбереження собівартість виробництва більшості видів хімічної продукції перевищила рівень світових цін. Все вищесказане повною мірою відноситься і до виробництва кальцинованої соди на СІС "Сода". Виробництво побудоване і пущене в експлуатацію в 1952 році за вапняним способом.

Основним споживачем продукції є Миколаївський глиноземний завод, який у свою чергу поставляє сировину для виробництва алюмінію. Окрім цього, невеликими партіями використовують кальцинована сода в масложировій промисловості, виробництві синтетичних миючих засобів і інших різних галузях.

Останнім часом більш широкі масштаби має виробництво кальцинованої соди методом електролізу з водних розчинів кухонної солі. За цим способом вартість продукції значно нижча, але вміст NaCl в готовому продукті значно перевищує вимоги, що пред'являються при виробництві глинозему.

Основними недоліками існуючого виробництва є висока собівартість продукції, обумовлена використанням у виробництві вихідних розчинів малих концентрацій, і застосування пари на випарку низьких параметрів, а також велика кількість відходів у вигляді репульпованого шламу.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними завданнями даного дипломного проекту є розробка виробництва кальцинованої соди потужністю 40000 т/рік з відповідним апаратурним оформленням процесів, внесення пропозицій по утилізації відходів виробництва і значному зниженню собівартості товарної продукції.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						5
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



# 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

## 1.1. Области застосування каустичної соди

Область застосування каустичної соди охоплює велику кількість галузей промисловості.

Серед них:

- хімічна промисловість (їдкий натр використовується для титрування алюмінію, нейтралізації кислот, виробництва миючих засобів і різних масел, а також в якості каталізатора реакцій);
- целюлозно-паперова промисловість (для виготовлення різних видів паперу, картону, плит з деревних волокон тощо);
- харчова промисловість (в якості харчової добавки E524 для виробництва різних напоїв, морозива, шоколаду і т. д., а також для очищення харчового обладнання);
- автомобільна промисловість (для виготовлення лужних акумуляторів);
- легка промисловість (в якості відбілювача для тканин, в основному з бавовни, льону, а також при виробництві шовку);
- для виробництва біопалива.

В домашніх умовах каустичну соду зазвичай застосовують для очищення посуду (кастрюль, сковорідок і чайників) від нагару, застарілих плям жиру і накипу.

Також її використовують для прочищення каналізаційних стоків. Вона роз'їдає все органічне, тому легко видаляє з поверхні труб всі жирові, білкові і інші відкладення.

Також їдкий натр використовують для очищення трубопроводів. Його додають у воду під час перевірки труб за допомогою ударної хвилі. Цей розчин допомагає очистити їх від іржі і накипу, що утворилася на внутрішній поверхні труб.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

## 1.2. Характеристика процесу випарювання

Випарювання – це процес підвищення концентрації розчинів твердих нелетких речовин шляхом часткового випаровування розчинника при кипінні рідини.

Для нагрівання випаровуваних розчинів до кипіння використовують пічні гази, електрообігрів і високотемпературні теплоносії, але найбільше використовують водяну пару, що характеризується високою питомою теплотою конденсації і високим коефіцієнтом тепловіддачі.

Процес випарювання проводиться у випарних апаратах.

За принципом роботи випарні апарати розділяються на періодичні і безперервно діючі.

Періодичне випарювання застосовується при малій продуктивності установки або для отримання високих концентрацій. При цьому розчин, що подається в апарат випаровується до необхідної концентрації, зливається і апарат завантажується новою порцією початкового розчину.

В установках безперервної дії початковий розчин безперервно подається в апарат, а випарений розчин безперервно виводиться з нього.

В хімічній промисловості в основному застосовують безперервно діючі випарні установки з високою продуктивністю за рахунок великої поверхні нагріву (до 2500 м<sup>2</sup> в одиничному апараті).

Найбільше застосування в хімічній технології знайшли випарні апарати поверхневого типу, особливо вертикальні трубчасті випарні апарати з паровим обігрівом безперервної дії. Залежно від режиму руху киплячої рідини у випарних апаратах їх розділяють на апарати з вільною, природною і примусовою циркуляцією, плівкові випарні апарати, до яких відносяться і апарати роторного типу.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В сучасних випарних апаратах випарюється дуже великі кількості води. Витрати пару можуть бути значно знижені, якщо процес випарки проводити в багатокорпусному випарному апараті (принцип дії такої установки полягає в багатократному використанню тепла гріючого пару, який поступає в перший корпус установки і в якості вторинного пару подається в наступний корпус.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Обґрунтування обраного методу виробництва

Каустичну соду одержують у промисловості хімічним і електрохімічним способами.

З хімічних способів одержання каустичної соди в промисловості знайшли застосування вапняний і феритний.

Для одержання каустичної соди за феритним способом сушу кальциновану соду, змішану з подрібненим оксидом заліза в співвідношенні 1 : 3, прожарюють в горизонтальних обертових печах при 1000-1200°C. При цьому утворюється плав – ферит натрію. Утворення фериту натрію протікає за наступним рівнянням



При дії на ферит натрію гарячою водою він розкладається з утворенням каустичної соди і оксиду заліза



Утворений оксид заліза відділяється від розчину каустичної соди і знову повертається у виробничий процес. Отриманий при вилугованні фериту натрію розчин каустичної соди (360-410 г/л) концентрують і плавлять для одержання твердого продукту.

До переваг феритного способу виробництва відносяться: 1) відсутність відходів; 2) одержання концентрованих розчинів каустичної соди. Недоліками цього способу є: 1) витрата палива на випал суміші; 2) громіздкий внутрішньоцеховий транспорт.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

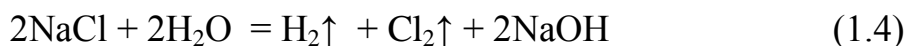
Вапняний спосіб одержання каустичної соди заснований на каустифікації 10-12%-вого розчину кальцинованої соди вапном або вапняним молоком при нагріванні і перемішуванні



Отриманий розчин каустичної соди, що містить 90-120 г/л NaOH, після відділення CaCO<sub>3</sub> упарюють, після чого його можна переробляти у твердий плавлений продукт.

До переваг вапняного способу необхідно віднести можливість застосування розчинів Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> замість твердої соди, що дозволяє легко автоматизувати процес; при цьому вартість виробництва каустичної соди зменшується. Недоліками вапняного способу є: велика витрата вапна або вапняного молока; наявність великих кількостей шламу у вигляді CaCO<sub>3</sub>; збільшена витрата пари на випарювання слабких лугів.

Найбільш сучасним способом одержання каустичної соди є електрохімічний спосіб виробництва, який здійснюється шляхом електролізу розчину галіту (кухонна сіль NaCl) з одночасним одержанням водню і хлору



На сьогоднішній день каустичну соду одержують трьома електрохімічними методами. Два з яких – електроліз з твердим сталевим (діафрагмовий метод) або полімерним (мембранний метод) катодом, третій – електроліз з рідким ртутним катодом (ртутний метод). Анодом в усіх випадках є графіт.

Діафрагмовий метод. Процес електролізу здійснюється в електролізері, порожнина якого розділена пористою перегородкою – діафрагмою – на катодний і анодний простір. В анодний простір безупинно надходить насичений розчин NaCl. У результаті електрохімічного процесу на аноді виділяється хлор.



					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електроліт через діафрагму просочується в катодний простір, де виділяється водень і утворюється NaOH. Хлор і водень виводяться з електролізера окремо, не змішуючись.



На наступній стадії електролітичний луг випарюють і доводять вміст у ньому NaOH до 42-50 %(мас.). Галіт і сульфат натрію при підвищенні концентрації каустичної соди випадають в осад. Розчин каустичної соди декантують від осаду і передають як готовий продукт на склад або на стадію випарювання для одержання твердого продукту, з наступним плавленням або грануляцією.

Мембранний метод аналогічний діафрагмовому, але анодний і катодний простір електролізера розділені полімерною мембраною, що попереджає потрапляння хлориду натрію із анодного простору, в який подається розсіл, в катодний і перешкоджає переносу іонів  $\text{OH}^-$  до аноду електролізера. Хлор виділяється на аноді і виводиться із анодного простору разом зі збідненим розсолем. Іони натрію і частково молекули води проходять через мембрану до катоду, куди подається вода в кількості, необхідній для утворення лугу заданої концентрації.

Ртутний метод. В електролізерах з ртутним катодом хлорид-іони розряджаються на аноді з наступним утворенням газоподібного  $\text{Cl}_2$ . На ртутному катоді розряджаються тільки іони натрію. Металевий натрій, що виділяється, розчиняється в ртуті, утворюючи амальгаму:



Амальгаму натрію потім розкладають водою; при цьому виділяється каустична сода, водень і ртуть:



					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вивільнену після розкладання амальгами ртуть знову подають в електролізер.

Електрохімічне виробництво каустичної соди є перспективним, особливо мембранний. Для мембранного методу характерні менша питома витрата електроенергії, одержання чистої каустичної соди і відсутність забруднення навколишнього середовища. Однак, цей метод складний в організації, вимагає використання іонообмінних мембран, що мають низьку механічну міцність, термічну стійкість, а також дуже чутливі до домішок в розчині NaCl. Ртутний метод дає можливість одержувати висококонцентровані розчини (~700 г/л NaOH), що майже не містять домішок. Однак використання ртуті, яка є дорогим і дефіцитним матеріалом, її дуже шкідливий вплив на організм людини, її значні використані кількості і втрати в процесі виробництва, що приводять до забруднення атмосфери і утворення стічних вод, обмежують застосування цього способу. Діафрагмовий метод більш економічний, ніж ртутний, оскільки вимагає меншої витрати електричної енергії і менших капітальних вкладень, є можливість використання дешевих підземних розсолів (при ртутному способі використовується тільки тверда сіль). Однак, каустична сода, одержувана за цим способом має нижчу концентрацію і містить значну кількість домішок.

Розглянувши детально всі існуючі способи виробництва каустичної соди їх переваги і недоліки, в дипломному проекті обирається вапняний спосіб виробництва.

## 2.2. Опис технологічної схеми виробництва

Виробництво розчину кальцинованої соди технічного здійснюється вапняним способом.

Технологічна схема цеху включає наступні стадії:

- приготування “нормального” содового розчину;
- каустифікація “нормального” содового розчину;

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

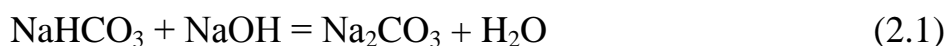
- промивка і фільтрація шламу;
- випарка слабкого розчину кальцинованої соди.

Содовий розчин з відділення декарбонізації цеху кальцинованої соди насосом подається в два приймальних баки содового розчину. З приймальних баків содовий розчин направляється у витратні баки. Під час спорожнення одного з приймальних баків, надходження в нього содового розчину припиняється.

Всі промивні води відцентровими насосами або самопливом направляються в мішалку промивних вод (поз. 14). Мішалка зв'язана переливом з приймачем шламових насосів.

З мішалки промивних вод насосами рідина подається у змішувач, де змішується з содовим розчином, що подається сюди. Утворюється “нормальний” содовий розчин.

При змішуванні рідин бікарбонат натрію, що міститься в содовому розчині декарбонатора, реагує з NaOH, який міститься в промивних водах за реакцією:



У змішувачі розчинів рідина підігривається гострою парою до температури 80 °С.

“Нормальний” содовий розчин у змішувачі повинен мати наступний склад: загальна лужність у перерахунку на Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> – 210 ± 10 кг/м<sup>3</sup>; масова концентрація NaOH – 40 ± 5 кг/м<sup>3</sup>; масова концентрація Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> – 160 ± 10 кг/м<sup>3</sup>; початковий ступінь каустифікації – 24,8 %.

При вищій масовій концентрації NaOH в “нормальному” содовому розчині реакція каустифікації різко сповільнюється, знижується ступінь каустифікації, інакше реакція протікає дуже швидко і утворюваний шлам виходить дуже дрібнозернистим і погано відстоюється.

Зі змішувача нормальний содовий розчин поступає у збірник “нормального” содового розчину, звідки відкачується відцентровим насосом

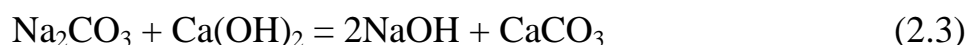
										2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
											13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							



у збірник “нормального” содового розчину, що знаходиться в цеху вапняно-випалювальних печей.

Зі збірника “нормальний” содовий розчин подається в гаситель-каустифікатор, в який за допомогою живильника подається випалене грудкове вапно.

В процесі каустифікації протікають наступні реакції:



Гаситель-каустифікатор представляє собою горизонтальний циліндричний сталевий барабан діаметром 2500 мм і довжиною 15000 мм. Всередині барабана є сталева сорочка товщиною 10 мм, яка захищає його від стирання. Барабан обертається зі швидкістю 1,6 об/хв. З торців барабан закритий торцевими кришками, в яких є центральні отвори, через які з одного боку завантажується вапно і “нормальний” содовий розчин, а з іншого – вивантажують отриману суспензію і недопал. Гаситель-каустифікатор встановлений під невеликим кутом у бік вивантаження. На барабанному ситі гасителя-каустифікатора відбувається відділення утвореної суспензії від дрібного і крупного недопалу, який відводиться транспортними пристроями на переробку, а суспензія надходить у збірник, з якого відцентровим насосом відкачується у велику приймальну ємність для вапняного молока, а потім в каустифікатор І-ої каустифікації.

Оскільки надлишок  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  несприятливо позначається на роботі відділення вакуум-випарки, то перша каустифікація проводиться з надлишком вапна ~ 5 %.

В каустифікаторах підтримується температура 98-100 °С. При такій температурі поліпшується процес формування частинок шламу, знижується

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в'язкість суспензії, внаслідок чого поліпшується процес осадження частинок шламу при освітленні щолоків.

Установка для каустифікації складається з 3-х встановлених каскадно і послідовно сполучених каустифікаторів, які представляють собою циліндричні апарати з плоским днищем. Апарати обладнані перемішувачами пристроями. Ємкість кожного каустифікатора 50 м<sup>3</sup>. Каустифікатори працюють по ходу рідини послідовно і схемою трубопроводів передбачена можливість виведення в ремонт будь-якого з них.

На практиці встановлено, що у присутності сірчистих сполук поліпшується випадання соди в осад при упарюванні щолоку. Тому в каустифікатор № 3 першої каустифікації вводиться сульфат натрію. Суспензія з каустифікатора № 3 відцентровим насосом паралельними потоками відкачується у відстійники для освітлення.

Відстійники – двоярусні згущувачі діаметром 6 м, висотою 4,5 м, корисною ємкістю 93 м<sup>3</sup>, оснащені граблями, які обертаються зі швидкістю 0,006 об/с. Поверхня відстоювання 52 м<sup>2</sup> у кожного.

З відстійників освітлений кальцинована сода відкачується відцентровим насосом у збірник слабких щолоків у відділення вакуум-випарки. Осілий згущений шлам з відстійників безперервно відкачується відцентровими насосами при підтримуванні щільності в межах 1340 ÷ 1400 кг/м<sup>3</sup> в каустифікатор другої каустифікації. Друга каустифікація проводиться в цілях використання вапна, що міститься в шлам і вводиться у надлишку при першій каустифікації.

Каустифікатори II-ї каустифікації № 4, 5, 6 розташовані каскадно, працюють послідовно і є сталевими циліндричними ємностями об'ємом 23 м<sup>3</sup>, які забезпечені рамними мішалками (частота обертання 18 об/хв.). Окрім шламу у каустифікатор № 4 подається содовий розчин. Друга каустифікація проводиться при температурі 98 - 100 °С, у зв'язку з чим до каустифікаторів підведена пара.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Лужна суспензія з каустифікатора № 4 самопливом переходить в каустифікатор № 5, а потім в № 6. З каустифікатора № 6 суспензія безперервно відкачується відцентровим насосом у відстійники № 5 і № 6. Конструкція цих відстійників аналогічна конструкції відстійників № 1-4. У цих відстійниках проводиться промивка шламу від луку шляхом його вилуговування фільтратом і освітлення промивних вод від зважених частинок.

Згущений шлам з відстійників № 5 і № 6 щільністю  $1340 \div 1400 \text{ кг/м}^3$  відцентровим насосом відкачується в збірники, а звідти в корито шламового фільтру.

Фільтрат після шламових фільтрів поступає у бак фільтрату, з якого на розподільний бачок відстійників № 5 і 6, змішуючись з суспензією другої каустифікації. Освітлена рідина з відстійника № 6 перетікає у збірник промивань. Із збірника промивань відцентровим насосом одна частина рідини відкачується в репульпатор осаду фільтру міцних щолоків (поз. 19) для розчинення осаду соди і сульфату натрію, а друга частина рідини відкачується у змішувач каустифікації.

Освітлена рідина з відстійника № 5 поступає в бак промивних вод (поз. 14).

Для остаточного відмивання від луку шлам із збірника подається в корито барабанного вакуум-фільтра БОУ-20 (поз. 19). Фільтрація ведеться під вакуумом ( $-52,0 \div -62,0$ ) кПа. Промивка шламу на фільтрі проводиться конденсатом. Відведення фільтрової рідини здійснюється через сепаратор в збірник фільтрату, звідки відкачується у розподільний бачок відстійників № 5 в 6 для промивки шламу.

Шламовий коржик з барабана фільтру зрізається ножом у збірник розмитого шламу, розбавляється сирим розсолем і відкачується у відділення розсолоочищення.

Випарювання слабкого щолоку проводиться багатократним випаровуванням води послідовно в 4-х апаратах від  $146 \text{ кг/м}^3 \text{ NaOH}$  до

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

639 кг/м<sup>3</sup> NaOH. Випаровування ведеться в дві стадії: одержання середнього щолоку з концентрацією не менше 320 кг/м<sup>3</sup> і одержання міцного щолоку з концентрацією не менше 639 кг/м<sup>3</sup> NaOH.

Випарка води із слабкого щолоку здійснюється в 4-х випарних апаратах, з яких два перших працюють під тиском, а два останні – під вакуумом.

Слабкий щолок із збірника слабкого щолока (поз. 1) відцентровим насосом подається в I-й випарний апарат (поз. 2), потім у міру упарювання, за рахунок різниці тиску в сокових камерах, перетікає в II-й корпус (поз. 3), а з II-го корпусу в III-й (поз. 4), де одержують середній щолок з концентрацією не менше 320 кг/м<sup>3</sup> NaOH. Отриманий середній щолок за допомогою відцентрового насоса виводиться в декантер середнього щолоку (поз. 5) для відділення осадів Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> і Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. З декантера середнього щолоку через переливну трубу щолок засмоктується вакуумом в IV-ий корпус (поз. 6).

Оскільки кристалічна сода, що випала в осад, і сульфат натрію осідають в конус III-го апарату і можуть забити вихід з нього, застосовується примусова циркуляція деякої частини середнього щолоку за допомогою відцентрового насоса. Частина щолоку відводиться на декантер середнього щолоку, а інша частина знову повертається в III-й корпус.

Осілі солі Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> і Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> у вигляді солі Буркейта 2Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> з декантера направляється у змішувач промивок, розбавляються промисловими водами направляється у збірник промвод (поз. 14).

Існуюча чотирикорпусна випарна установка упарює щолок до концентрації 320 кг/м<sup>3</sup> NaOH в режимі трикорпусної випарки, а упарювання до концентрації 639 кг/м<sup>3</sup> NaOH здійснюється в IV-му корпусі, що працює в режимі двокорпусної установки з I корпусом.

Конденсат, що утворюється в результаті конденсації пари, перепускається по корпусам. З I-го корпусу конденсат перепускається в гріючу камеру II-го корпусу, віддаючи частину свого тепла, і в суміші з конденсатом II-го корпусу перепускається в гріючу камеру III-го корпусу,

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

туди ж перепускається конденсат з грійочої камери IV-го корпусу. З III-го корпусу через конденсатовідвідник весь конденсат перетікає в бак конденсату (поз. 16) і відкачується на хімоводоочищення ТЕЦ.

Принцип роботи барометричного конденсатора наступний: пара з вакуум-апаратів III-го і IV-го корпусів по паропроводам направляється через бризкоуловлювач для уловлювання бризок в нижню частину барометричного конденсатора і, зустрічаючи на своєму шляху воду, охолоджується, перетворюючись на конденсат, який змішується з охолоджувальною водою. Внаслідок конденсації пари в конденсаторі змішування утворюється вакуум.

Повітря, що міститься в суміші з парою, відсмоктується з конденсатора вакуумним насосом ВВН-50. Температура води, що виходить з конденсатора, не повинна перевищувати 40 °С.

Вода після барометричного конденсатора поступає в бак барометричної води (поз. 10), а з нього в систему оборотного водопостачання. Бризки, що вловлюються в уловлювачі перед конденсатором змішування, поступають в бак фільтрату (поз. 15), який одночасно служить гідрозатвором для уловлювачів.

Міцний щолок з концентрацією не менше 639 кг/м<sup>3</sup> NaOH і температурою (105 ÷ 115) °С з попереднього корпусу (поз. 6) поступає за допомогою насоса для відділення осаду в декантери міцного щолоку (поз. 13). Кальцинована сода з верхньої частини декантера по переливним трубопроводам переливається в бак міцного щолоку (поз. 15), звідки відцентровим насосом відкачується у декантер міцного щолоку (поз. 9), а потім через переливну трубу направляється в бак міцного щолоку (поз. 12), з якого відцентровим насосом відкачується у відстійники міцного щолоку (поз. 18). Осади Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> і Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> з конусної частини декантерів поступають для фільтрації на обертові барабанні вакуум-фільтри (поз. 13).

Відфільтрований від осаду щолок через порожнистий вал фільтру відкачується в сепаратор, звідки надходить самопливом у бак міцного щолоку (поз. 15) і відцентровим насосом перекачується у декантер міцного

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

щолоку № 2 для повторного відстоювання. Осад соди з барабана вакуум-фільтрів за допомогою ножа зрізається у змішувач фільтрів, куди для розчинення осадів поступає промивна рідина після відстійників. Отриманий розчин поступає в мішалку промвод (поз. 14) і далі на каустифікацію у змішувач для приготування “нормального” содового розчину.

У відстійниках міцного щолоку відбувається доосадження кристалів  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Освітлений щолок, що відповідає вимогам ГОСТ 2263-79, відвантажується в залізничні цистерни, а також самовивезенням у дрібну тару.

### 2.3 Характеристика готової продукції

Кальцинована сода технічний відповідає вимогам ГОСТу 2263-79, які приведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Фізико-хімічні показники

Найменування показника	I сорт	II сорт
1. Зовнішній вигляд	Безбарвна або забарвлена рідина. Допускається викристалізований осад	
2. Масова доля кальцинованої соди %, не менше	45,5	43,0
3. Масова доля хлористого натрію %, не більше	1,0	1,5
4. Масова доля вуглекислого натрію %, не більше	1,1	2,0
5. Масова доля заліза в перерахунку на $\text{Fe}_2\text{O}_3$ %, не більш	0,008	0,2
6. Сума масових долей оксидів заліза, алюмінію %, не більше	0,05	не нормується
7. Масова доля кремнієвої кислоти в перерахунку на $\text{SiO}_2$ %, не більше	0,5	не нормується

## 2.4 Характеристика вихідної сировини, матеріалів і напівфабрикатів

Таблиця 2.2 – Вимоги до сировини і матеріалів

Найменування сировини, матеріалів, напівфабрикатів	Стандарт, технічні умови, регламент, методика одержання	Показники обов'язкові для перевірки	Регламентовані показники
Содовий розчин	Технологічний регламент виробництва кальцинованої соди	Загальна лужність	110 н.д. ÷ 115 н.д.
Негашене вапно	Технологічний регламент цеху вапняно-випалювальних печей	Склад вапна: CaO <sub>акт</sub> MgO CaCO <sub>3</sub> CaSO <sub>4</sub> R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> SiO <sub>2</sub> + нерозч. в HCl	не менше 75 % не більше 0,3 % не більше 12,5 % не більше 1,5 % не більше 2,0 % не більше 1,5 %
Сульфат натрію	ГОСТ 6318-77 ГОСТ 21458-75		

### 3. КОНСТРУКЦІЯ ТА ПРИНЦИП ДІЇ ОБЛАДНАННЯ

Випарний апарат призначений для випарювання розчину кальцінованої соди. Апарат складається з штампованого конічного днища, який зварений з циліндричною обичайкою (поз. 1), гріючої камери (поз. 2) і сепаратора.

Апарат забезпечений штуцерами для підведення гріючої пари  $D_y = 250$  мм, виходу сокової пари  $D_y = 400$  мм, підвода вихідного розчину  $D_y = 125$  мм і виходу упареного розчину  $D_y = 125$  мм.

Крім того, є штуцери для установки запобіжного клапана  $D_y = 100$  мм, виходу конденсату  $D_y = 100$  мм, штуцери для установки контрольно-вимірювальних приладів.

Живлення апарату і забір упареного розчину здійснюється через штуцери, які встановлені в кришці нижнього люк – лазу днища апарату.

Підведення гріючої пари проводиться у міжтрубний простір гріючої камери, а конденсат видаляється з міжтрубного простору через штуцер, розташований в нижній частині гріючої камери. У циліндричній частині днища і в сепараторі передбачені люк-лази діаметром 500 мм для забезпечення можливості огляду і ремонту апарату зсередини.

Сокові пари видаляються з апарату через штуцер, розташований в еліптичній кришці сокової камери (сепаратора).

Апарат опирається на металоконструкції міжповерхового перекриття чотирма опорами. Циліндрична обичайка гріючої камери виготовлена зі сталі Ст.3, днище, трубні плити, сепаратор зі сталі Х18Н10Т, гріючі трубки в перших двох корпусах з міді МЗ, а в третьому і четвертому корпусах зі сталі Х18Н10Т.

Діаметр апарату – 2600 мм, загальна висота – 10330 мм. В гріючій камері развальцьовані в трубних плитах 866 гріючих трубок діаметром 60×4, довжиною 3200 мм і приварена до трубних плит циліндрична труба діаметром 460 мм.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Поверхня нагріву гріючої камери  $F_p = 440 \text{ м}^2$ .

Гріюча пара поступає у міжтрубний простір апарату, що називається гріючою камерою, конденсуючись вона віддає тепло через стінки трубок випаровуваному розчину. Поверхня нагріву в гріючих трубках значно більше, чим в циркуляційній трубці. Оскільки поверхня труб пропорційна їх діаметру, а об'єм рідини, що знаходиться в трубах, пропорційний квадрату діаметру, то в гріючих трубках за одиницю часу (при однаковій різниці температур) одиниці об'єму рідини передається у декілька разів більше тепла, чим в циркуляційній трубці. Так, якщо діаметр кип'ятильної трубки дорівнює 60 мм, а циркуляційної 460 мм, то поверхня нагріву останньої в 8 разів більше ( $460 : 60 \approx 8$ ), а рідини в циркуляційній трубці міститься в 81 раз більше, ніж в кип'ятильній трубці. При цьому одиниці об'єму рідини, що знаходиться в циркуляційній трубці, передається  $8 : 81 = 1/10$  частина тепла, передаваного одиниці об'єму рідини, що знаходиться в кип'ятильній трубці. Тому рідина в кип'ятильних трубках кипить у декілька разів інтенсивніше, ніж у циркуляційній трубці.

В парорідинній суміші, що заповнює кип'ятильні трубки, міститься більша кількість пари, чим в суміші, яка заповнює циркуляційну трубу. У зв'язку з цим густина парорідинної суміші, що знаходиться в кип'ятильних трубках, менше густини парорідинної суміші, яка знаходиться в циркуляційній трубці.

Різниця в густині парорідинних сумішей створює умови для інтенсивної циркуляції рідини у випарному апараті. За наявності циркуляції поліпшуються умови теплообміну і підвищується коефіцієнт теплопередачі. Крім того, інтенсивна циркуляція рідини сприяє зменшенню відкладень солей на стінках труб, що виділяються при випаровуванні води в тверду фазу.

Пару, що одержують при випаровуванні води з розчинів кальцинованої соди, називають соковою. Цю пару направляють у гріючу камеру наступного корпусу випарної установки або в конденсатор для створення у випарному

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

апараті зниженого тиску. Сокову пару можна відбирати також на сторону, цю пару називають екстра-парою.

В процесі підвищення масової долі NaOH підвищується температура кипіння розчину. Однак кипіння рідини у всіх корпусах випарної установки відбувається тому, що в кожному подальшому корпусі створюється менший тиск, чим в попередньому, останні корпуси випарних установок працюють під вакуумом.

Зі зменшенням тиску створюється необхідна різниця між температурою гріючої пари, що поступає з попереднього корпусу, і температурою кипіння розчину, що випарюється в даному корпусі.

В даний час є більш досконалі конструкції апаратів для випарювання розчинів. В цих апаратах прагнуть отримати більш високі швидкості циркуляції розчину за рахунок збільшення висоти гріючих трубок, використовують пристрої виносних гріючих камер, виносних циркуляційних труб, примусову циркуляцію.

В даному дипломному проекті передбачається інтенсифікувати процес випарювання за рахунок застосування пари більш високих параметрів.

Виконані нижче перевірочні розрахунки на міцність випарного апарату дозволяють зробити висновок про можливість такої пропозиції.

При цьому досягається значне зниження витрати енергоресурсів на одиницю готової продукції.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



#### 4. ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Матеріали, призначені для виготовлення вузлів деталей апарата повинні задовольняти комплексу вимог, обумовлених конструкцією, технологією обробки й експлуатацією апарата.

- достатня корозійна стійкість в агресивному середовищі при заданій концентрації, температурі і тиску, визначена швидкістю проникнення корозії, а також жаростійкість і стійкість проти можливих видів корозійного руйнування;

- достатня механічна міцність при заданому тиску і температурі з урахуванням специфічних вимог, що пред'являються при випробуванні і експлуатації устаткування;

- здатність матеріалу зварюватися із забезпеченням високих механічних властивостей і корозійної стійкості зварних з'єднань, можливість обробки матеріалу різанням, тиском, а також термічної обробки.

При виборі матеріалів для апаратів, що працюють під тиском при високих температурах, необхідно враховувати, що механічні властивості матеріалів істотно змінюються залежно від температури. Як правило, міцнісні властивості металів і сплавів підвищуються при низьких температурах і знижуються при високих. Пониження міцнісних властивостей при високих температурах обумовлене такими, що відбуваються в металі структурними і фазовими перетвореннями.

Для виготовлення циліндричної обичайки гріючої камери, опор для апарату використовують вуглецеву сталь Ст3 ГОСТ 380–2005.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.14- 0.22	0.15 - 0.30	0.4 - 0.65	до 0.3	до 0.05	до 0.04	до 0.3	до 0.3	до 0.08

Ця сталь має досить гарні механічні властивості  $\sigma_B = 380$  МПа,  $\sigma_T = 240$  МПа. Ще одна перевага перед іншими видами сталі - її доступність і досить низька ціна.

					2017.008.00.000 ПЗ				Арк.
									25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Днище апарату, трубні плити, сепаратор, трубні решітки, нагрівальні трубки в третьому і четвертому корпусах виготовляють з легованої конструкційної сталі X18H10T ГОСТ 7350–77.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
до 0.12	до 0.8	до 2	9 - 11	до 0.02	до 0.035	17 - 19	до 0.3

Ця сталь гарно працює в лужному середовищі, під тиском при температурі до +600 °С і має гарні механічні властивості:  $\sigma_B = 550$  МПа,  $\sigma_T = 220$  МПа.

Нагрівальні трубки в перших двох корпусах виготовляють з міді МЗ ГОСТ 859–2001.

Fe	Ni	S	As	Pb	O	Sb	Bi	Sn	-
до 0.05	до 0.2	до 0.01	до 0.01	до 0.05	до 0.08	до 0.05	до 0.003	до 0.05	Cu+Ag min 99.5

У даному випадку використовують одну з головних властивостей міді – високу теплопровідність. Також використовується висока корозійна стійкість до лужного середовища.

Хром (Cr) - робить сталь стійкою проти корозії і окислення, зменшує схильність до ломкого руйнування. Хромиста сталь має підвищену стійкість проти відпуску. Хром підвищує дозагартування сталі, сприяє отриманню високої і рівномірної твердості, забезпечує підвищену зносостійкість.

Нікель (Ni) - знижує критичну швидкість охолодження сталі і підвищує дозагартування сталі, в сталях, що відпалюють, трохи підвищує міцність. Сильно зменшує схильність до ломкого руйнування загартованої і відпущеної сталі при кімнатній і знижених температурах. Підвищує опір сталі окисленню при нагріванні і її міцність при підвищених температурах. Нікель забезпечує отримання високої пластичності і в'язкості одночасно з підвищеною міцністю.

Спільна дія хрому і нікелю ефективніше і дає можливість більш повно використовувати переваги обох елементів.

					2017.008.00.000 ПЗ				Арк.
									26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Марганець - найдешевший і доступний легуючий елемент. Він додається в сталь для її розкислення і усуває шкідливий вплив сірки і підвищує її пружність, але при цьому не зменшуючи теплопровідність.

Кремній дешевий і доступний легуючий елемент. При вмісті до 1% кремнію в сталі збільшується її міцність. При більшому вмісті кремнію вона стає крихкою. Даний елемент підвищує її жаростійкість і збільшує електричний опір.

Матеріал прокладок фланцевих з'єднань трубопроводів приймаємо якісний паронит марки ПМБ.

Пароніт - це листовий матеріал, виготовлений на паронітових вальцях з суміші волокон хризотилового азбесту, синтетичного каучуку, наповнювачів і вулканізуючий групи. Азбестові прокладочні матеріали типу пароніт застосовують в хімічній і нафтохімічній промисловості, в машинобудуванні, металургії і металообробці, електротехніці та електроенергетиці для забезпечення необхідної герметичності з'єднань різного типу в умовах дії агресивних середовищ, високих температур і тиску. Пароніт буває загального призначення і маслобензостойкий.

Парний ПМБ (маслобензостойкий) застосовується в якості матеріалу прокладки. Матеріал дозволяє виготовляти прокладки різних форм і розмірів. Це універсальний ущільнювач плоских роз'ємів нерухомих з'єднань трубопроводів, компресорів, насосів та судин. У робочому середовищі пароніт ПМБ гарантує відмінну герметичність з'єднань.

Маслобензостойкий пароніт використовується в умовах таких середовищ: легкі і важкі нафтопродукти, розплав воску, масляні фракції, газоподібні і зріджені вуглеці С1-С15, коксовий газ, розсоли, азот і газоподібний кисень. Необхідна температура експлуатації в межах від -40 - +490 градусів при щільності 1,5 - 2,0 г/см<sup>3</sup>.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

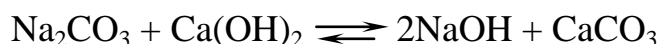
## 5. ПАРАМЕТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ ОБЛАДНАННЯ

### 5.1 Витрата основної сировини

Розрахунок виконується на 1 тонну 100%-вого NaOH.

Виробництво їдкого натру за вапняним способом полягає в обробці вапняного молока содовим розчином.

При цьому відбувається реакція:



Стехіометрична витрата  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  згідно рівняння на одержання 1 т продукту, в якому міститься 100% NaOH, складає:

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 = 1000 \cdot \frac{106}{2 \cdot 40} = 1325 \text{ кг},$$

де 106 і 40 – молекулярна маса  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і NaOH відповідно, кг/кмоль.

У процесі виробництва втрати соди зі шламом каустифікації складають 4 кг на 1 т готового продукту. Втрати соди з готовим продуктом складають не більше 1,1% (у перерахуванні на 100% NaOH). При впровадженні різних технологічних заходів цей відсоток знижується до 1%:

$$1000 \cdot 0,01 = 10 \text{ кг}.$$

За рахунок втрати NaOH при розмивах, транспортуванні і переробці втрати соди складають 6,0 кг/т продукту.

Таким чином, витратний коефіцієнт по кальцинованій соді на виробництво NaOH становить:

$$1325 + 4 + 10 + 6 = 1345 \text{ кг Na}_2\text{CO}_3.$$

При загальній лужності 115 н.д. об'єм содового розчину становить:

$$\frac{1345}{115 \cdot 2,65} = 4,41 \text{ м}^3,$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

де 2,65 – коефіцієнт перерахування  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  з н.д. у кг/л.

При густині  $1,22 \text{ кг/м}^3$ , маса содового розчину на 1 т  $\text{NaOH}$  складає:

$$1,22 \cdot 1000 \cdot 4,41 = 5380,2 \text{ кг.}$$

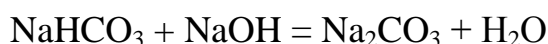
В содовому розчині при ступені декарбонізації 85% і перерахунку на  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  міститься:

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \quad 1345 \cdot 0,85 = 1143,25 \text{ кг;}$$

$$\text{NaHCO}_3 \quad 1345 \cdot 0,15 \cdot \frac{2 \cdot 84}{106} = 319,75 \text{ кг,}$$

де 84 – молекулярна маса  $\text{NaHCO}_3$ , кг/кмоль.

У процесі приготування «нормального» содового розчину для каустифікації гідрокарбонат натрію  $\text{NaHCO}_3$ , який міститься в содовому розчині, реагує з  $\text{NaOH}$  і перетворюється в  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  за реакцією:



Відповідно до цього рівняння необхідно витратити  $\text{NaOH}$  на перетворення 319,75 кг  $\text{NaHCO}_3$ , що надходить з содовим розчином:

$$\frac{319,75 \cdot 40}{84} = 152,26 \text{ кг.}$$

Для одержання 152,26 кг  $\text{NaOH}$ , що витрачається на реакцію з  $\text{NaHCO}_3$ , необхідно  $\text{Ca(OH)}_2$ :

$$\frac{152,26 \cdot 74}{2 \cdot 40} = 140,84 \text{ кг,}$$

де 74 і 40 – молекулярна маса  $\text{Ca(OH)}_2$  і  $\text{NaOH}$  відповідно, кг/кмоль.

На одержання 1 т  $\text{NaOH}$  витрачається  $\text{Ca(OH)}_2$ :

$$\frac{1000 \cdot 74}{2 \cdot 40} = 925 \text{ кг.}$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Втрати CaO зі шламом складають ~ 9,7 кг, невраховані втрати ~14 кг.

Загальна витрата 85%-вого CaO на 1 т їдкого натру дорівнює:

$$\frac{(925 + 140,84) \cdot 56}{74 \cdot 0,85} + \frac{14 + 9,7}{0,85} = 976,8 \text{ кг,}$$

де 56 і 74 – молекулярна маса CaO і Ca(OH)<sub>2</sub> відповідно, кг/кмоль.

Вапняне молоко надходить у виробництво наступного складу: CaO<sub>вільн.</sub>  
– 250 н.д., CaO<sub>заг.</sub> – 277,6 н.д., щільність – 1270 кг/м<sup>3</sup>.

У вапняному молоці міститься (у кг/м<sup>3</sup>)

CaO <sub>вільн.</sub>	250 · 1,4 = 350;
CaCO <sub>3</sub>	(277,6 – 250) · 2,5 = 69;
Інертні домішки	95;
H <sub>2</sub> O	1270 – (350 + 69 + 95) = 756,

де 1,4 – переводний коефіцієнт із н.д. у кг/м<sup>3</sup> для CaO;

2,5 – переводний коефіцієнт із н.д. у кг/м<sup>3</sup> для CaCO<sub>3</sub>.

Для забезпечення заданого режиму повинно надійти вапняне молоко на 1 т продукту у наступній кількості:

$$\frac{976,8 \cdot 0,85}{350} = 2,3723 \text{ м}^3 \quad \text{або} \quad 2,3723 \cdot 1270 = 3012,8 \text{ кг.}$$

Склад вапняного молока наступний:

CaO	350 · 2,3723 = 830,3 кг;
CaCO <sub>3</sub> + інертні домішки	(69 + 95) · 2,3723 = 389,06 кг;
H <sub>2</sub> O	756 · 2,3723 = 1793,46 кг.

Вміст Ca(OH)<sub>2</sub> у вапняному молоці складатиме:

$$\frac{830,3 \cdot 74}{56} = 1097,2 \text{ кг.}$$

Тоді вміст води буде дорівнювати:

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$1793,46 - (1097,2 - 830,3) = 1526,56 \text{ кг.}$$

Витратні коефіцієнти на сировину, паливо, енергоресурси та допоміжні матеріали 1 т каустичної соди складатимуть:

Кальцинована сода – 1345,0 кг;

Вапно (85 %мас.) – 976,8 кг;

Електроенергія – 95 кВт·година;

Пара – 4,2 Мкал;

Вода технічна – 100 м<sup>3</sup>.

У перерахунку на річну програму випуску каустичної соди, а саме 40 тис. т, витратні коефіцієнти на сировину, паливо, енергоресурси та допоміжні матеріали складатимуть:

Кальцинована сода – 53800,0 т;

Вапно (85 %мас.) – 39072,0 т;

Електроенергія – 3800 МВт·година;

Пара – 168 Гкал;

Вода технічна – 4000000 м<sup>3</sup>.

## 5.2 Розрахунок процесів, які протікають в гасителі - каустифікатори

На каустифікацію поступає “нормальний” содовий розчин, що містить 60 н.д. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> і 20 н.д. NaOH, вапно з вмістом 85 % активного оксиду кальцію, 15 % CaCO<sub>3</sub> і домішки.

CaO<sub>акт</sub> дозується з 5 %-ним надлишком по відношенню до соди, що міститься в нормальному содовому розчині.

При завантаженні 924 кг CaO<sub>акт</sub> з содовим розчином необхідно ввести наступну кількість Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> [2]:

$$\frac{924 \cdot 106}{1,05 \cdot 56} = 1665,7 \text{ кг}$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З нормальним содовим розчином вводиться наступна кількість NaOH [2]:

$$\frac{1665,7 \cdot 20 \cdot 2,0}{60 \cdot 2,65} = 419,2 \text{ кг,}$$

де 2,0 – коефіцієнт перерахунку концентрації NaOH з н.д. в г/л.

Об'єм нормального содового розчину складає:

$$\frac{1665,7}{60 \cdot 2,65} = 10,5 \text{ м}^3$$

Маса розчину при густині 1,15 кг/л дорівнює

$$10,5 \cdot 1,15 \cdot 1000 = 12051 \text{ кг}$$

Кількість води в „нормальному” содовому розчині дорівнює

$$12051 - (16665,7 + 419,2) = 9966,1 \text{ кг}$$

Вміст лугу в розчині (у перерахунку на Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) складає [2]:

$$1665,7 + \frac{419,2 \cdot 106}{2 \cdot 40} = 2221,1 \text{ кг}$$

Оскільки після гасителя-каустифікатора ступінь каустифікації розчину складає 75 %, вміст Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> і NaOH в цьому розчині дорівнює [2]

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 - 0,25 \cdot 2221,1 = 555,3 \text{ кг}$$

$$\text{NaOH} - 0,75 \cdot \frac{80}{106} \cdot 2221,1 = 1257,2 \text{ кг}$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, в результаті каустифікації в гасителі - каустифікаторі утворюється наступна кількість NaOH [2]:

$$1257,2 - 419,2 = 838 \text{ кг}$$

На гасіння 924 кг CaO в гасителі - каустифікаторі витрата вода складає [2]:

$$\frac{924,0 \cdot 18}{56} = 297,0 \text{ кг},$$

де 18 – молекулярна маса води, кг/моль.

При цьому утворюється наступна кількість Ca(OH)<sub>2</sub>

$$\frac{924,0 \cdot 74}{56} = 1221,0 \text{ кг},$$

де 74 – молекулярна маса гідроксиду кальцію, кг/моль.

Для одержання 838,0 кг NaOH витрачається соди і вапна [2]:

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 - \frac{838,0 \cdot 106}{2 \cdot 40} = 1110,3 \text{ кг}$$

$$\text{Ca(OH)}_2 - \frac{838,0 \cdot 74}{2 \cdot 40} = 775,1 \text{ кг}$$

При цьому утворюється CaCO<sub>3</sub> [2]

$$\frac{838,0 \cdot 100}{2 \cdot 40} = 1047,5 \text{ кг},$$

де 100 – молекулярна маса CaCO<sub>3</sub>, кг/моль.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З недопалом вапна повертається у виробництво 1,4 кг  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 3,2 кг  $\text{NaOH}$ , 67,4 кг  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , 101 кг  $\text{CaCO}_3$  з домішками, 43,3 кг  $\text{H}_2\text{O}$ .

При промивці недопалу одержують деяку кількість промивних вод, що містять 15 кг лугу (у перерахунку на  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). При ступені каустифікації 75 % з цими водами у збірник промивних вод буде повернено [2]:

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \quad 0,25 \cdot 15,0 = 8,8 \text{ кг}$$

$$\text{NaOH} \quad 0,75 \cdot 15,0 \cdot \frac{2 \cdot 40}{106} = 8,5 \text{ кг}$$

Витрата води на промивку недопалу складає 300 кг на 1 т кальцинованої соди. Кількість речовин, що направляються з суспензією в каустифікатори першої каустифікації, визначається за різницею.

Матеріальний баланс гасителя-каустифікатора наведений у табл. 2.3.

### 5.3 Матеріальний баланс першої каустифікації

В каустифікаторах першої каустифікації ступінь перетворення  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в  $\text{NaOH}$  підвищується з 75 % до 85 %. Кількість лугу (у перерахунку на  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), що міститься в суспензії каустифікаторів першої каустифікації складає [2]:

$$550,1 + 1245,6 \cdot \frac{106}{2 \cdot 40} = 2200,5 \text{ кг}$$

В суспензії міститься [2]:

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \quad 0,15 \cdot 2200,5 = 330,1 \text{ кг}$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{NaOH} \quad 0,85 \cdot 2200,5 \cdot \frac{2 \cdot 40}{106} = 1411,6 \text{ кг}$$

В результаті каустифікації утворюється [2]

$$\text{NaOH} \quad 1411,6 - 1245,6 = 166,0 \text{ кг}$$

$$\text{CaCO}_3 \quad \frac{166,0 \cdot 100}{2 \cdot 40} = 207,5 \text{ кг}$$

На каустифікацію витрачається [2]:

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \quad \frac{166,0 \cdot 106}{2 \cdot 40} = 219,9 \text{ кг}$$

$$\text{Ca(OH)}_2 \quad \frac{166,0 \cdot 74}{2 \cdot 40} = 153,6 \text{ кг}$$

Суспензія з каустифікаторів першої каустифікації направляється у відстійник, звідки прозорий розчин подається на випарювання.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Таблиця 5.1 – Матеріальний баланс гасителя - каустифікатора

Найменування речовин	Прихід, кг				Результат реакцій, кг			Витрата, кг			
	З «нормальним» содовим розчином	З вапном	З водою на промивання недопалу	Разом	Витрачено вапна	Одержано	Разом	З суспензією в каустифікатор першої каустифікації	З недопалом	З промивними водами	Разом
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1665,7	-	-	1665,7	1110,3	-	555,3	550,1	1,4	3,8	555,3
NaOH	419,2	-	-	419,2	-	838,0	1257,2	1245,6	3,2	8,4	1257,2
CaO	-	924,0	-	924,0	924,0	-	-	-	-	-	-
Ca(OH) <sub>2</sub>	-	-	-	-	775,1	1221,0	445,9	378,5	67,4	-	445,9
CaCO <sub>3</sub>	-	163,0	-	163,0	-	1047,5	1210,5	1109,4	101,1	-	1210,5
H <sub>2</sub> O	9966,1	-	300,0	9966,1	297,0	-	9669,1	9325,8	43,3	300,0	9669,1
Всього	12051,0	1087,0	300,0	13138,0	3106,4	3106,5	13138,0	12609,4	216,4	312,2	13138,0

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2017.008.00.000 ПЗ

Арк.

36

Таблиця 5.2 – Матеріальний баланс каустифікаторів першої каустифікації

Найменування речовини	Прихід (з гасителя-каустифікатора), кг	Результат реакцій, кг		Витрата (у відстійник), кг
		витрачено	отримано	
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	550,1	219,9	-	330,2
NaOH	1245,6	-	166,0	1411,6
Ca(OH) <sub>2</sub>	378,5	153,6	-	224,9
CaCO <sub>3</sub>	1109,4	-	207,5	1316,9
H <sub>2</sub> O	9325,8	-	-	9325,8
Всього	12609,4	373,5	373,5	12609,4

#### 5.4 Розрахунок кількості речовин, що направляються зі слабким щолоком на випарювання

Для одержання 1000 кг NaOH на випарювання поступає слабкий щолок, що містить у наступній кількості Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (див. табл. 2.4) [2]:

$$\frac{1000 \cdot 330,2}{1411,6} = 233,9 \text{ кг}$$

У готовому рідкому гідроксиді натрію міститься залежно від сорту 20 ÷ 40 кг Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Приймаємо 20 кг для продукту I сорту за ГОСТом 2263-79

$$233,9 - 20 = 213,9 \text{ кг}$$

Кількість щолоку (з вмістом 45,5 % NaOH), що залишається після упарювання в міжкристалічному просторі каустичної соди, складає приблизно 30 % (мас.) [2]:

$$\frac{213,9 \cdot 30}{70} = 91,7 \text{ кг}$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



В щолоку, що залишається в міжкристалічному просторі, міститься [2]:

$$\text{NaOH} \quad \frac{91,7 \cdot 45,5}{100} = 41,7 \text{ кг}$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \quad \frac{91,7 \cdot 45,5}{100} = 42 \text{ кг}$$

$$\text{H}_2\text{O} \quad 91,7 - (41,7 + 4,2) = 45,8 \text{ кг}$$

В результаті промивки вакуум-випарних апаратів, фільтрів і іншого обладнання випарної станції утворюються промивні води, які містять 10 кг лугу (у перерахунку на  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).

Можна допустити, що в цій воді міститься 7,5 кг  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , при цьому кількість  $\text{NaOH}$  складатиме:

$$\text{NaOH} \quad 41,7 - 1,9 = 39,8 \text{ кг}$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \quad 213,9 + 4,2 - 7,5 = 210,6 \text{ кг}$$

$$\text{H}_2\text{O} \quad = 45,8 \text{ кг}$$

В щолоку, що поступає з відстійників на випарювання, міститься [2]

$$\text{NaOH} \quad 1000 + 39,8 + 1,9 = 1041,7 \text{ кг}$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \quad 210,6 + 20 + 7,5 = 238,1 \text{ кг}$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{H}_2\text{O} \quad \frac{9325,8 \cdot 1041,7}{1411,6} = 6882,0 \text{ кг}$$

Маса готового 45,5 %-го продукту складає [2]

$$\frac{1000 \cdot 100}{45,5} = 2197,8 \text{ кг}$$

В цьому продукті міститься води

$$2197,8 - (1000 + 20) = 1177,8 \text{ кг}$$

Кількість води, що випаровується при випарюванні слабкого щолоку, визначена за різницею.

Таблиця 5.3 – Матеріальний баланс вакуум-випарної установки

Найменування речовин	Прихід, кг			Витрата, кг				
	З щолоком з відстійника	З водою на промивання апаратури	Разом	З готовим продуктом	З солями випарки	У збірник промивних вод	Випарилося	Разом
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	238,1	-	238,1	20,0	210,6	7,5	-	238,1
NaOH	1041,7	-	1041,7	1000,0	39,8	1,9	-	1041,7
H <sub>2</sub> O	6882,0	50,0	6932,0	1177,8	45,8	50	5658,4	6932,0
Всього	8161,8	50,0	8211,8	2197,8	296,2	59,4	5658,4	8211,8

Після визначення кількості речовин, що направляються з відстійників на випарювання, за різницею підраховується маса речовин, що направляються зі шламом на другу каустифікацію, і складається матеріальний баланс відстійника.

Таблиця 5.4 – Матеріальний баланс відстійника шламу першої каустифікації

Найменування речовин	Прихід (суспензія з каустифікаторів першої каустифікації), кг	Витрата, кг		
		З прозорим щолоком на вакуум-випарку	Зі шламом на другу каустифікацію	Разом
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	330,2	238,1	92,1	330,2
NaOH	1411,6	1041,7	369,9	1411,6
Ca(OH) <sub>2</sub>	224,9	-	224,9	224,9
CaCO <sub>3</sub>	1316,9	-	1316,9	1316,9
H <sub>2</sub> O	9325,8	6932,0	2393,8	9325,8
Всього	12609,4	8211,8	4397,6	12609,4

### 5.5 Розрахунок процесів другої каустифікації

На другу каустифікацію подається частина розчину з декарбонізатора в такій кількості, щоб надлишок лугу по відношенню до Ca(OH)<sub>2</sub>, що міститься в шламі, складав 20 %. У шламі міститься 224,9 кг Ca(OH)<sub>2</sub>. Отже, кількість лугу, що подається з рідиною декарбонатора (у перерахунку на Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), повинна складати [2]

$$\frac{224,9 \cdot 1,2 \cdot 106}{74} = 386,6 \text{ кг}$$

В рідині декарбонатора при ступені декарбонізації 85 % міститься [2]:

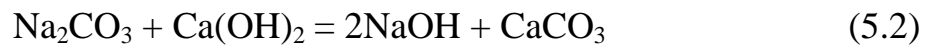
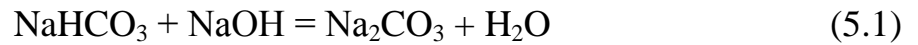
$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \quad 0,85 \cdot 386,6 = 328,6 \text{ кг}$$

$$\text{NaHCO}_3 \quad 0,15 \cdot 386,6 \cdot \frac{2 \cdot 84}{106} = 91,9 \text{ кг}$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$\text{H}_2\text{O} \quad \frac{386 \cdot 5635}{1511,6} = 1441,2 \text{ кг}$$

В процесі другої каустифікації протікають наступні реакції [2]



У відповідності з реакцією (2.6) витрачається

$$\text{NaHCO}_3 = 91,9 \text{ кг}$$

$$\text{NaOH} \quad \frac{91,9 \cdot 40}{84} = 43,8 \text{ кг}$$

Одночасно утворюється

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \quad \frac{91,9 \cdot 106}{84} = 116,0 \text{ кг}$$

$$\text{H}_2\text{O} \quad \frac{91,9 \cdot 18}{84} = 19,7 \text{ кг}$$

В шламі міститься 224,9 кг  $\text{Ca(OH)}_2$ . З цієї кількості не вступає в реакцію частина  $\text{Ca(OH)}_2$ , яка залишається в промитому шламі і еквівалентна 11 кг вапна, що втрачається зі шламом, і 40 кг вапна, що втрачається з неврахованими втратами [2]:

$$\frac{11,0 \cdot 0,85 \cdot 74}{56} = 12,4 \text{ кг}$$

$$\frac{40 \cdot 0,85 \cdot 74}{56} = 44,5 \text{ кг}$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В реакцію вступає  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в наступній кількості:

$$224,9 - (12,4 + 44,5) = 168,0 \text{ кг}$$

На реакцію буде витрачено  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

$$\frac{168 \cdot 106}{74} = 240,6 \text{ кг}$$

В результаті реакції утворюється

$$\text{NaOH} \quad \frac{168,0 \cdot 2 \cdot 40}{74} = 181,6 \text{ кг}$$

$$\text{CaCO}_3 \quad \frac{168,0 \cdot 100}{74} = 227,0 \text{ кг}$$

Таблиця 5.5 – Матеріальний баланс каустифікатора другої каустифікації

Найменування речовин	Прихід, кг			Результат реакції, кг		Витрата, кг
	З розчином декарбонатора	З шламом з відстійника	Разом	Витрачено	Отримано	Разом
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	328,6	92,1	420,7	240,6	116,0	296,1
$\text{NaHCO}_3$	91,9	369,9	91,9	91,9	-	-
$\text{NaOH}$	-	369,9	369,9	43,8	181,6	507,7
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	-	224,9	224,9	168,0	-	56,9
$\text{CaCO}_3$	-	1316,9	1316,9	-	227,0	1543,9
$\text{H}_2\text{O}$	1441,2	2393,8	3835,0	-	19,7	3854,7
Всього	1861,7	4397,6	6259,3	544,3	544,3	6259,3

## 5.6 Визначення кількості промивних вод

З промивними водами відділення каустифікації в збірник промивних вод повертається 10 кг лугу (у перерахунку на  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Допускаючи, що співвідношення між  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і  $\text{NaOH}$  у промивній воді буде таким же як і в рідкій частині суспензії, що поступає у промивач (табл. 2.8.), визначаємо в промивній воді кількість соди і лугу [2]:

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \quad \frac{10 \cdot 296,1}{296,1 + 507,7 \cdot \frac{106}{2 \cdot 40}} = 3,1 \text{ кг}$$

$$\text{NaOH} \quad (10 - 3,1) \cdot \frac{2 \cdot 40}{106} = 5,2 \text{ кг}$$

Витрата води на промивку апаратів каустифікації складає 50 кг на 1 т готової продукції.

Таблиця 5.6 – Склад і кількість промивних вод

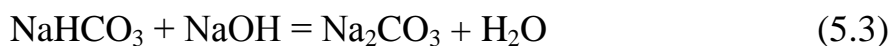
Найменування речовин	Після промивки відходів гасителя – каустифікатора, кг	Після промивки апаратів вакуум-випарної станції, кг	Після промивки апаратів каустифікації, кг	Разом
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	3,8	7,5	3,1	14,4
$\text{NaOH}$	8,4	1,9	5,2	15,5
$\text{H}_2\text{O}$	300,0	50,0	50,0	400,0
Всього	312,2	59,4	58,3	429,9

## 5.7 Розрахунок процесу приготування “нормального” содового розчину

На приготування “нормального” содового розчину витрачається з рідиною декарбонатора [2, табл.87]:

$$\begin{array}{rcl} \text{Na}_2\text{CO}_3 & 1177,3 - 328,6 & = 848,7 \text{ кг} \\ \text{NaHCO}_3 & 329 - 91,9 & = 237,1 \text{ кг} \\ \text{H}_2\text{O} & 4118 - 1441,2 & = 2676,8 \text{ кг} \\ \hline \text{Всього} & & 3762,6 \text{ кг} \end{array}$$

У збірнику «нормального» содового розчину протікає наступна реакція [2]:



На реакцію витрачається

$$\text{NaHCO}_3 \quad 329 - 91,9 = 237,1 \text{ кг}$$

$$\text{NaOH} \quad \frac{237,1 \cdot 40}{84} = 112,9 \text{ кг}$$

В результаті реакції утворюється

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \quad \frac{237,1 \cdot 106}{84} = 299,2 \text{ кг}$$

$$\text{H}_2\text{O} \quad \frac{237,1 \cdot 18}{84} = 50,8 \text{ кг}$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При виробництві кальцинованої соди невраховані втрати лугу (у перерахунку на 100 % кальциновану соду) складають [2]:

$$1385 - (1325 + 6 + 7 + 20) = 27 \text{ кг,}$$

де 1385 кг – витратний коефіцієнт 100 %-ної  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  на 1 т 100-го %  $\text{NaOH}$ ;

1325 – стехіометрична витрата соди;

6 – втрати з недопалом гасителя - каустифікатора [1, с. 147];

7 – втрати з промитим шламом [1, с. 147];

20 – втрати з готовим продуктом (табл. 2.5).

Невраховані втрати за балансом складають:

$$5,7 + 16,2 \cdot \frac{106}{2 \cdot 40} = 27,2 \text{ кг}$$

Кількість речовин, що поступають у репульпер солей випарки з промивача шламу, дорівнює (за табл. 2.5 і 2.9)

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \quad 509,1 - 210,6 = 298,5 \text{ кг}$$

$$\text{NaOH} \quad 532,8 - 39,8 = 493,0 \text{ кг}$$

$$\text{H}_2\text{O} \quad 6838,5 - 45,8 = 6792,7 \text{ кг}$$

$$\text{Всього} \quad 7880,4 - 296,2 = 7584,2 \text{ кг}$$

Матеріальний баланс збірника “нормального” содового розчину наведений у табл. 2.9.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45



## 5.8 Матеріальний баланс промивача шламу

З промитим шламом втрачається 7,0 кг лугу (у перерахунку на 100 %  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) зі ступенем каустифікації 85 %. В цьому шламі міститься [2]:

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \quad 7,0 \cdot 0,15 = 1,0 \text{ кг}$$

$$\text{NaOH} \quad (7,0 - 1,0) \cdot \frac{2 \cdot 40}{106} = 4,6 \text{ кг}$$

З промитим шламом втрачається 11 кг 85 %-го вапна або в перерахунку на  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  [2]:

$$\frac{0,85 \cdot 11,0 \cdot 74}{56} = 12,4 \text{ кг}$$

Кількість неврахованих втрат вапна, виражених у вигляді 85 %-го вапна, можна визначити за формулою [2]

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.7 – Матеріальний баланс збірника “нормального” содового розчину

Найменування речовин	Прихід, кг				Результат реакцій, кг			Витрата, кг		
	З рідиною декарбонатора	З розчином солей випарки (за різницею)	З промивними водами	Разом	Витрачено	Отримано	Разом	З «нормальним» содовим розчином у гаситель-каустифікатор	Невраховані втрати	Разом
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	848,7	509,1	14,4	1372,2	-	299,2	1671,4	1665,7	5,7	1671,4
NaHCO <sub>3</sub>	237,1	-	-	237,1	237,1	-	-	-	-	-
NaOH	-	532,8	15,5	548,3	112,9	-	435,4	419,2	16,2	435,4
H <sub>2</sub> O	2676,8	6838,5	400,0	9915,3	-	50,8	9966,1	9966,1	-	9966,1
Всього	3762,6	7880,4	429,9	12072,9	350,0	350,0	12072,9	12051,0	21,9	12072,9

$$P_H = 1087,0 - (823,5 + 60 + 11 + P_1 + P_2),$$

де 1087,0 – витрата 85 %-го вапна на 1 т готової продукції, кг;

823,5 – теоретична витрата 85 %-го вапна на 1 т 100 %-го NaOH;

60 – втрати 85 %-го вапна з недопалом, кг;

$P_1$  – втрати, еквівалентні вмісту  $\text{NaHCO}_3$  в рідині декарбонатора, кг;

$P_2$  – втрати, еквівалентні втратам NaOH з недопалом, промитим шламом і неврахованими втратами, кг.

$$P_1 = \frac{329,0 \cdot 56}{0,85 \cdot 84 \cdot 2} = 129,0 \text{ кг}$$

Втрати NaOH складають (табл. 2.3 і 2.9)

$$3,2 + 4,6 + 16,2 = 24,0 \text{ кг}$$

Витрата 85 %-го вапна, що еквівалентна цим втратам, дорівнює

$$P_2 = \frac{24,0 \cdot 56}{0,85 \cdot 2 \cdot 40} = 19,8 \text{ кг}$$

$$P_H = 1087,0 - (823,5 + 60,0 + 11,0 + 129,0 + 19,8) = 43,7 \text{ кг}$$

або в перерахунку на  $\text{Ca(OH)}_2$

$$0,85 \cdot 43,7 \cdot \frac{77}{56} = 49,1 \text{ кг}$$

Вологість промитого шламу складає 40 %.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.8 – Матеріальний баланс промивача шламу

Найменування речовин	Прихід, кг			Витрата, кг				
	Зі шламом каустифікатора другої каустифікації	З водою на промивку шламу	Разом	З розчином в репульпер солей випарки	Зі шламом на розсолочення	У збірник промивних вод	Невраховані втраги	Разом
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	296,1	-	296,1	298,5	1,0	3,1	-	302,6
NaOH	507,7	-	507,7	493,0	4,6	5,2	-	502,2
Ca(OH) <sub>2</sub>	56,9	-	56,9	-	12,4	-	49,1	58,9
CaCO <sub>3</sub>	1543,9	-	1543,9	-	1543,9	-	-	1543,9
H <sub>2</sub> O	3854,7	4029,3	7884,0	6792,7	1041,3	50,0	-	7884,0
Всього:	6259,3	4029,3	10288,6	7584,2	2603	58,3	49,1	10291,6

На підставі виконаних матеріальних балансів виробництва, з урахуванням зміни технології виробництва і параметрів теплоносія проаналізуємо можливість використовуваного в існуючому виробництві обладнання з урахуванням потужності виробництва 40000 т/рік.

Приймаючи заздалегідь число днів фабрикації рівним 350, визначимо добову продуктивність

$$\frac{40000}{350} = 114,3 \text{ т/добу}$$

Ємкість каустифікаторів першої каустифікації відповідно до рекомендацій [1, с. 120] повинна складати  $1 \div 1,3 \text{ м}^3$  на 1 т/добу кальцинованої соди.

Необхідний об'єм

									Арк.
									49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2017.008.00.000 ПЗ				

$$114,3 \cdot (1 \div 1,3) = 114,3 \div 148,6 \text{ м}^3$$

Об'єм існуючих каустифікаторів складає

$$50 \cdot 3 = 150 \text{ м}^3$$

Отже, об'ємів відділення каустифікації достатньо для потужності виробництва 40000 т/рік.

Продуктивність вакуум-фільтрації складає  $6 \div 8$  т [1, с. 131] кальцинованої соди з  $1 \text{ м}^2$  фільтруючої поверхні.

Для забезпечення заданої потужності виробництва необхідно

$$\frac{114,3}{6 \div 8} = 19,5 \div 14,3 \text{ м}^2$$

фільтруючої поверхні. Площа встановленого фільтру складає  $20 \text{ м}^2$ , що забезпечує заданий об'єм виробництва.

Встановлені в існуючому виробництві випарні апарати відповідно з даними паспорта розраховані на тиск у міжтрубному просторі - 12 атм, в трубному – 6 атм, що дозволяє використання гріючої пари тиском 10 атм замість 6 атм у діючому виробництві. Застосування пари більш високих параметрів дозволить підвищити корисну різницю температур

$$\text{з } 164 - 115 = 39 \text{ }^\circ\text{C} \text{ до } 180 - 115 = 55 \text{ }^\circ\text{C}, \text{ тобто в } 1,41 \text{ раз,}$$

де  $164 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура насиченої водяної пари при тиску 6 атм;  
 $180 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура насиченої водяної пари при тиску 10 атм;  
 $115 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура кипіння розчину в четвертому корпусі [2].

Крім того, збільшення концентрації слабких щолоків, що подаються на випарку, дозволить зменшити кількість випарюваної води з  $7403,6 \text{ кг/т}$  [2] до  $5658 \text{ кг/т}$  або в 1,31 раз.

Вищевикладене дозволяє зробити висновок про те, що існуюча випарна установка забезпечить потужність виробництва 40000 т/рік.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6. РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ, ЖОРСТКІСТЬ, І СТІЙКІСТЬ

### 6.1 Розрахунок випарної установки

Вихідні дані для розрахунку.

Початкова концентрація NaOH – 146 кг/м<sup>3</sup> або 13 %.

Концентрація NaOH після III-го корпусу – 300 кг/м<sup>3</sup> або 26 %.

Кінцева концентрація NaOH – 639 кг/м<sup>3</sup> або 45,5 %.

Параметри гріючої пари – P = 1,02 МПа, T = 180 °С.

Тиск сокової пари в III-му і IV-му корпусах – 0,29 · 10<sup>5</sup> Па.

Продуктивність установки

$$Q = \frac{40000 \cdot 1000}{2 \cdot 350 \cdot 24} = 2381 \text{ кг/годину}$$

Концентрацію NaOH в розчинах по корпусам приймаємо за регламентом діючого виробництва з коректуванням на зміну початкової концентрації розчину  $C_{\text{н}} = 13 \%$ ;  $C_{\text{к}_1} = 18 \%$ ;  $C_{\text{к}_2} = 21 \%$ ;  $C_{\text{к}_3} = 26 \%$ ;  $C_{\text{к}_4} = 45,5 \%$ .

Кількість води, випареної протягом однієї години по всім корпусам складатиме [4]:

$$w_1 = \frac{100 \cdot Q}{C_{\text{н}} \cdot C_{\text{к}_1}} \cdot (C_{\text{к}_1} - C_{\text{н}}) \quad (6.1)$$

$$w_1 = \frac{100 \cdot 2381}{13 \cdot 18} \cdot (18 - 13) = 5086 \text{ кг}$$

$$w_2 = \frac{100 \cdot Q}{C_{\text{к}_1} \cdot C_{\text{к}_2}} \cdot (C_{\text{к}_2} - C_{\text{к}_1}) \quad (6.2)$$

$$w_2 = \frac{100 \cdot 2381}{18 \cdot 21} \cdot (21 - 18) = 1890 \text{ кг}$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$w_3 = \frac{100 \cdot Q}{C_{K_2} \cdot C_{K_3}} \cdot (C_{K_3} - C_{K_2}) \quad (6.3)$$

$$w_3 = \frac{100 \cdot 2381}{21 \cdot 26} \cdot (26 - 21) = 2180 \text{ кг}$$

$$w_4 = \frac{100 \cdot Q}{C_{K_3} \cdot C_{K_4}} \cdot (C_{K_4} - C_{K_3}) \quad (6.4)$$

$$w_4 = \frac{100 \cdot 2381}{26 \cdot 45,5} \cdot (45,5 - 26) = 3925 \text{ кг}$$

Різниця між температурою гріючої пари, що поступає в I-й корпус, і температурою кипіння розчину в III-му корпусі складе [4]

$$\Delta t_3 = T_{Г_1} - t_{K_3}, \quad (6.5)$$

де  $t_{K_3}$  – температура кипіння розчину в третьому корпусі при концентрації розчину 26 % і тиску  $0,29 \cdot 10^5$  Па [1, рис. 48].

$$\Delta t_3 = 180 - 80 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

Визначення температурних втрат при випаровуванні.

На підставі попередніх розрахунків приймаємо середню концентрацію розчину для I-го корпусу  $C_{1\text{сер}} = 15,5$  і температуру вторинної пари  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Користуючись числовими даними [4, табл. 5.3, 5.4] знаходимо: нормальна депресія  $v_{H_1} = 6 \text{ }^\circ\text{C}$ ; поправка на температуру  $\eta_1 = 1,33$ .

Отже, розрахункова депресія

$$v_1 = 6 \cdot 1,33 = 8,0 \text{ }^\circ\text{C}$$

Поправка на гідростатичний тиск стовпа киплячої рідини ( $\Delta p \approx 0,05$  атм) складає близько  $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





Тоді отримуємо:

$$x_2 = \frac{Q_2}{Q_1} \cdot \frac{K_1}{K_2} = \frac{0,65}{0,55} = 1,2$$

$$x_3 = \frac{Q_3}{Q_1} \cdot \frac{K_1}{K_3} = \frac{0,3}{0,6} = 0,5$$

$$x_4 = \frac{Q_4}{Q_1} \cdot \frac{K_1}{K_4} = \frac{0,2}{0,7} = 0,3$$

Отже, корисна різниця температур за корпусами складатиме [4]:

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta t}{x_1 + x_2 + x_3 + x_4} \quad (6.6)$$

$$\Delta t_1 = \frac{40,6}{1 + 1,2 + 0,5 + 0,3} = 13,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_2 = x_2 \cdot \Delta t_1 \quad (6.7)$$

$$\Delta t_2 = 1,2 \cdot 13,5 = 16,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_3 = x_3 \cdot \Delta t_1 \quad (6.8)$$

$$\Delta t_3 = 0,5 \cdot 13,5 = 6,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_4 = x_4 \cdot \Delta t_1 \quad (6.9)$$

$$\Delta t_4 = 0,3 \cdot 13,5 = 4,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

На підставі отриманих за розрахунком даних складаємо табл. 6.2.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.2 – Температурний режим випарної установки

Назва величини	Позначення	Корпуси			
		I	II	III	IV
Температура первинної пари	$T_r$	180	157	130,1	115,7
Температура кипіння розчину	$t$	166,5	140,8	123,3	152,9
Температура вторинної пари	$T_c$	158,0	131,1	113,1	125,9
Корисна різниця температур	$\Delta t$	13,5	16,2	6,8	4,1

Цим даним відповідають наступні величини, які розміщені у табл. 6.3 і зустрічаються в подальших розрахунках.

Таблиця 6.3 – Навантаження по корпусам

Назва величин	Позначення	Корпуси			
		I	II	III	IV
Тепловміст первинної пари, кДж/кг	$i_r$	158,4	157,2	155,4	157,2
Тепловміст вторинної пари, кДж/кг	$i_c$	157,2	155,4	153,9	155,1
Тепловміст конденсату, кДж/кг	$\theta$	43,5	36,3	28,4	36,3
Масова доля NaOH в початковому розчині, %	$C_{п}$	13	18	21	26
Масова доля NaOH в кінцевому розчині, %	$C_{к}$	18	21	26	45,5
Ентальпія початкового розчину, кДж/кг	$h_{п}$	21,5	35,1	29,4	25,8
Ентальпія кінцевого розчину, кДж/кг	$h_{к}$	35,1	29,4	25,8	38,7

Витрата гріючої пари з урахуванням 10 % втрат тепла в навколишнє середовище складає [4]:

$$D_r = \frac{100 \cdot Q}{i_r - \theta} \cdot \frac{C_k \cdot (i_c - h_{п}) - C_n \cdot (i_c - h_k)}{C_{п} \cdot C_k \cdot 0,9} \quad (6.10)$$

									Арк.
									55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2017.008.00.000 ПЗ				

$$D_{r_1} = \frac{100 \cdot 2381}{158,4 - 43,5} \cdot \frac{18 \cdot (157,2 - 21,5) - 13 \cdot (157,2 - 35,1)}{13 \cdot 18 \cdot 0,9} = 8442,6 \text{ кг/годину}$$

$$D_{r_2} = \frac{100 \cdot 2381}{157,2 - 36,3} \cdot \frac{21 \cdot (155,4 - 35,1) - 18 \cdot (155,4 - 29,4)}{18 \cdot 21 \cdot 0,9} = 5246 \text{ кг/годину}$$

$$D_{r_3} = \frac{100 \cdot 2381}{155,4 - 28,4} \cdot \frac{26 \cdot (153,9 - 29,4) - 21 \cdot (153,9 - 25,8)}{21 \cdot 26 \cdot 0,9} = 2083 \text{ кг/годину}$$

$$D_{r_4} = \frac{100 \cdot 2381}{157,2 - 36,3} \cdot \frac{45,5 \cdot (155,1 - 25,8) - 26 \cdot (155,1 - 38,7)}{26 \cdot 45,5 \cdot 0,9} = 1651 \text{ кг/годину}$$

Виходячи зі значень різниці температур  $\Delta t_1$  і в'язкості розчину [1, табл. 2] визначаємо коефіцієнт теплопередачі за корпусами:

I корпус:  $\mu_1 = 0,7$ ;  $\Delta t_1 = 13,5$ ;  $K_1 \mu_1 = 600$ ;  $K_1 = 205,3 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{°C}$

II корпус  $\mu_2 = 0,85$ ;  $\Delta t_2 = 16,2$ ;  $K_2 \mu_2 = 550$ ;  $K_2 = 112,2 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{°C}$

III корпус  $\mu_3 = 1,0$ ;  $\Delta t_3 = 6,8$ ;  $K_3 \mu_3 = 480$ ;  $K_3 = 114,6 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{°C}$

IV корпус  $\mu_4 = 1,3$ ;  $\Delta t_4 = 4,1$ ;  $K_4 \mu_4 = 450$ ;  $K_4 = 139,6 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{°C}$

Поверхня нагріву за корпусами визначається за формулою [4]:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}, \quad (6.11)$$

де  $Q = (i_r - \theta) \cdot D_r$ .

$$F_1 = \frac{(158,4 - 43,5) \cdot 8442,6}{205,3 \cdot 13,5} = 349,8 \text{ м}^2$$

$$F_2 = \frac{(157,2 - 36,3) \cdot 5246}{112,2 \cdot 16,2} = 349,3 \text{ м}^2$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$F_3 = \frac{(158,4 - 28,4) \cdot 2083}{114,6 \cdot 6,8} = 339,5 \text{ м}^2$$

$$F_4 = \frac{(158,4 - 28,4) \cdot 2083}{114,6 \cdot 6,8} = 339,5 \text{ м}^2$$

Встановлені в цеху апарати мають площу нагріву гріючих камер близько 460 м<sup>2</sup>, отже вони мають запас за продуктивністю. Ця обставина, а також передбачене в цеху обв'язування апаратів випарки, дозволять виводити будь-який з корпусів випарної станції у ремонт, а випарна установка зможе продовжувати працювати в режимі трикорпусної випарної установки.

## 6.2 Міцнісні розрахунки апарату

### Обичайка гріючої камери

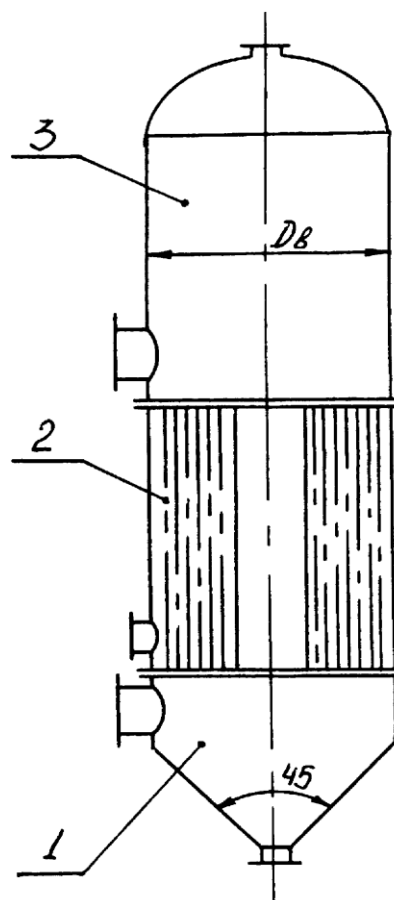


Рисунок 1 – До розрахунку випарного апарату

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Вихідні дані.

1. Внутрішній тиск – 1 МПа.
2. Середовище – пара.
3. Температура – 180 °С
4. Матеріал – сталь Ст. 3
5.  $G_B = 380 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ ;  $G_T = 240 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$  [3, табл. 2.5]
6.  $C = C_1 + C_2 + C_3 = 1 \cdot 10^{-3} + 0 + 0,3 \cdot 10^{-3} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ .
7.  $\eta = 1$  – поправочний коефіцієнт [3, табл. 14.2].

Допустиме напруження для Ст. 3 за межею міцності [3, табл.14.4, ф-ла 14.2]:

$$\sigma_s = \frac{\sigma_B}{n_B} \cdot \eta \quad (6.12)$$

$$\sigma_s = \frac{380 \cdot 10^6}{2,6} \cdot 1,0 = 146 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Допустиме напруження для Ст. 3 за межею текучості [3, табл. 14.4, ф-ла 14.2]

$$\sigma_d = \frac{\sigma_T}{n_T} \cdot \eta \quad (6.13)$$

$$\sigma_d = \frac{240 \cdot 10^6}{1,5} \cdot 1,0 = 160 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Допустиме напруження за межею міцності менше допустимого напруження за межею текучості, тому є розрахунковим.

Оскільки

$$\frac{\sigma_d}{R} \cdot \varphi_{ш} = \frac{146 \cdot 10^6}{1,4 \cdot 10^6} \cdot 0,95 = 98 > 50,$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

то величиною Р нехтуємо.

$$S' = \frac{D_B \cdot P}{2 \cdot \sigma_d \cdot \varphi_{ш}} + C \quad (6.14)$$

$$S' = \frac{2,6 \cdot 1,0 \cdot 10^6}{2 \cdot 146 \cdot 10^6 \cdot 0,95} + 1,8 \cdot 10^{-3} = 9,37 \cdot 10^{-3} + 1,8 \cdot 10^{-3} = 11,17 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Обичайка виготовлена з листа товщиною  $16 \cdot 10^{-3}$  м. Перевірка на напруження в стінці при гідравлічних випробуваннях [3, ф-ла 15.24]:

$$\sigma = \frac{[D_B + (S - c)] \cdot P_H}{2 \cdot (S - c) \cdot \varphi} \leq \frac{\sigma_T}{1,2} \quad (6.15)$$

$$P_H = p + 0,3 = 1,0 + 0,3 = 1,3 \text{ МПа}$$

$$\sigma = \frac{[2,6 + (16 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})] \cdot 1,3 \cdot 10^6}{2 \cdot (16 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,95} = 126,8 \cdot 10^6 \text{ Па} < \frac{240 \cdot 10^6}{1,2} = 200 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

### Обичайка сепаратора

Вихідні дані.

1. Внутрішній тиск – 0,6 МПа.
2. Середовище – сокова пара.
3. Температура – 164 °С.
4. Матеріал – сталь Х18Н10Т ГОСТ 7350-77.
5.  $\sigma_B = 550$  МПа,  $\sigma_T = 220$  МПа.
6.  $C = C_1 + C_2 + C_3 = 1,8 \cdot 10^{-3}$  м.
7.  $\eta = 1$ .

$$\sigma_d = \frac{\sigma_B}{n_B} \cdot \eta$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_d = \frac{550 \cdot 10^6}{2,6} \cdot 1 = 211,5 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$\sigma_d = \frac{\sigma_T}{n_T} \cdot \eta$$

$$\sigma_d = \frac{220 \cdot 10^6}{1,5} \cdot 1 = 146,7 \text{ Па}$$

Друге значення є розрахунковим

$$S' \frac{2,6 \cdot 0,6 \cdot 10^6}{2 \cdot 146,7 \cdot 10^6 \cdot 0,95} + 1,8 \cdot 10^{-3} = 7,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Обичайка виготовлена з листа товщиною  $10 \cdot 10^{-3}$  м. Перевірка на напруження при гідро випробуваннях:

$$\sigma = \frac{[D_B + (S - c)] \cdot P_q}{2 \cdot (S - c) \cdot \varphi} \leq \frac{\sigma_T}{1,2}$$

$$P_q = 0,6 \cdot 10^6 + 0,3 \cdot 10^6 = 0,9 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$\sigma = \frac{[2,6 + (10,0 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})] \cdot 0,9 \cdot 10^6}{2 \cdot (10,0 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})} = 143,1 \cdot 10^6 \text{ Па} < \frac{220 \cdot 10^6}{1,2} = 183,3 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Умова міцності виконується.

### Обичайка днища

Умови попередні за виключенням

$$p = 0,6 \cdot 10^6 + 10 \cdot 1,10 \cdot 10^3 \cdot 5 = 0,655 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $1,10 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  – густина розчину кальцинованої соди концентрацією 13 %;

5 м – висота рівня рідини;

$S = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ .

$$P_n = p + 0,3 = 0,655 + 0,3 = 0,955 \text{ МПа}$$

$$\sigma = \frac{[2,6 + (14 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})] \cdot 0,955 \cdot 10^6}{2 \cdot (14,0 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})} = 103,9 \cdot 10^6 \text{ Па} < 183,3 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Умова міцності виконується.

### Днище (кришка) сепаратора

Днище 2600-10 ГОСТ 6533-53.

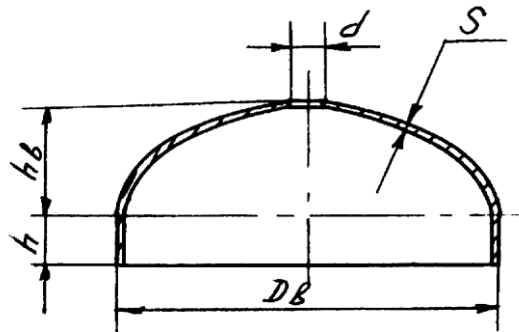


Рисунок 2 – До розрахунку кришки

$p = 0,6 \cdot 10^6 \text{ Па}$ ;  $P_n = 9 \cdot 10^6 \text{ Па}$ .

Матеріал Х18Н10Т ГОСТ 7350-77.

$$\sigma = \frac{[D_B^2 + 2h_B \cdot (S - c)] \cdot P_n}{7,6 \cdot k \cdot \varphi \cdot h_B \cdot (S - c)} \leq \frac{\sigma_T}{1,2}, \quad (6.16)$$

де  $k = 1$  за умови перевірки необхідності зміцнення отвору.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





$$\sigma = \frac{D_B \cdot P_H \cdot y}{2 \cdot (S - c) \cdot \varphi_{ш}} \leq \frac{\sigma_T}{1,2} \text{ Па,} \quad (6.17)$$

де  $y = 1,3$ .

$$\sigma = \frac{2,6 \cdot 0,966 \cdot 10^6 \cdot 1,3}{2 \cdot (14 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,95} = 140,85 \cdot 10^6 \text{ Па} < \frac{260 \cdot 10^6}{1,2} = 183,3 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Умова міцності виконується.

### Розрахунок грубної решітки

Початкові дані.

1. Тиск у трубному просторі –  $P_T = 0,6 \cdot 10^6$  Па.
2. Тиск в міжтрубному просторі –  $P_M = 1,0 \cdot 10^6$  Па.
3. Труби  $60 \times 4$  мм, матеріал мідь М3 ГОСТ 617-83  $z = 866$ ;  $t = 7,5 \cdot 10^3$  м.
4. Матеріал решітки сталь – X18H10T ГОСТ 7350-77.

Розрахункова висота зовнішньої частини решітки  $h'$  в місці ущільнення визначається за формулою [3, 22.1] з розрахунку на  $P_T$ :

$$h' = 0,875 \cdot \sqrt{\frac{P'_6 \cdot (D_6 - D_n) \cdot z}{D_n \cdot \sigma_{ид} \cdot z'}}, \text{ м} \quad (6.18)$$

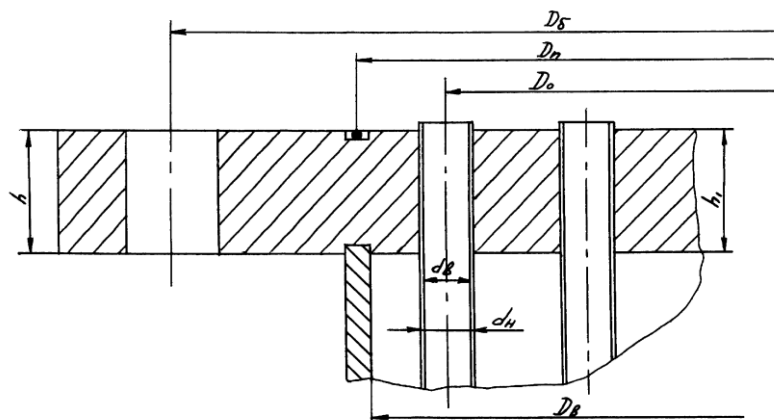


Рисунок 4 – До розрахунку трубчастої плити

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

де  $D_6 = 2,745$  м;

$z = 60$  штук М36;

$P'_6$  – розрахункове розтягуюче зусилля в болтах [3, ф-ла 20.1], Н;

$$P'_6 \geq P'_c + P'_n, \text{ Н} \quad (6.19)$$

де  $P'_c$  – розрахункова сила від тиску середовища [3, ф-ла 20.3];

$$P'_c = 0,96 \cdot K \cdot D_n^2 \cdot P_n \quad (6.20)$$

де  $K = 1$  [3, с. 262];

$D_n = 2,638$  м;

$P_n = 0,955 \cdot 10^6$  Па.

$$P'_c = 0,96 \cdot 1 \cdot 2,638^2 \cdot 0,955 \cdot 10^6 = 6,38 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

$P'_n$  – розрахункова сила осьового стиснення ущільнюваних поверхонь, необхідна для герметичності з'єднання [3, ф-ла 19.1]

$$P'_n \geq 3 \cdot D_n \cdot v_e \cdot q, \text{ Н} \quad (6.21)$$

де  $D_n = 2,638$  м;

$v_e = v = 2 \cdot 10^{-3}$  – ефективна ширина ущільнення [3, табл. 19.17];

$q = 1,2\sigma_T$  [3, табл. 19.18],  $\sigma_T = 50$  мН/м<sup>2</sup> [3, табл. 34] для міді М3 ГОСТ 1535-88.

$$P'_n \geq 3 \cdot 2,638 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2 \cdot 50 \cdot 10^6 = 0,95 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

$$P'_6 \geq 6,38 \cdot 10^6 + 0,95 \cdot 10^6 = 7,33 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Розрахункова кількість болтів [3, 20.9]:

$$z' \geq \frac{1,2 \cdot P'_6}{K \cdot F_6 \cdot \sigma_T \cdot \eta}, \quad (6.22)$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $K = 1$  [3, табл. 20.8];

$$F_6 = 745 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2;$$

$\sigma_T = 260 \text{ МПа}$  – для сталі 35 [3, табл. 2.1 ].

$$z' \geq 1,2 \frac{7,33 \cdot 10^6}{1 \cdot 745 \cdot 10^{-6} \cdot 260 \cdot 10^6 \cdot 1} = 45,4$$

$$h' = 0,875 \cdot \sqrt{\frac{7,33 \cdot 10^6 \cdot (2,745 - 2,638) \cdot 60}{2,638 \cdot 260 \cdot 10^6 \cdot 45,4}} = 0,0318 \text{ м}$$

Фактичний розмір  $h' = 0,034 \text{ м}$ .

Умова міцності виконується.

Розрахункова висота середньої частини решітки  $h'_1$  визначається за формулою:

$$h'_1 = 0,525 \cdot \ell \cdot \sqrt{\frac{P_T}{\left(1 - 0,7 \cdot \frac{d_H}{\ell}\right) \cdot \sigma_{ид}}} + C, \quad (6.23)$$

якщо виконується умова

$$0,785 \cdot P_T \cdot (D^2 - d_B^2 \cdot z) \leq \frac{10 \cdot E_T^+ \cdot Y \cdot z}{L^2}, \text{ Н} \quad (6.24)$$

де  $z = 866$  – число труб;

$E_T^+ = 194 \cdot 10^9 \text{ Па}$  – модуль пружності для сталі [3, с. 313]

$Y$  – момент опору поперечного перетину труби,  $\text{м}^4$ ;

$$Y = 0,049 \cdot (d_H^4 - d_B^4) \quad (6.25)$$

$$Y = 0,049 \cdot (0,06^4 - 0,052^4) = 5,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$$

$L = 3,2 \text{ м}$  – довжина труб.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$0,785 \cdot 0,6 \cdot 10^6 \cdot (2,6^2 - 0,052^2 \cdot 866) \leq \frac{10 \cdot 194 \cdot 10^9 \cdot 5,6 \cdot 10^{-6} \cdot 866}{3,2^2}$$

$$4,75 \cdot 10^6 \leq 918,8 \cdot 10^6$$

$$\ell = 1,18 \cdot t = 1,18 \cdot 0,075 = 0,0855$$

$$h'_1 = 0,525 \cdot 0,0885 \cdot \sqrt{\frac{0,6 \cdot 10^6}{\left(1 - 0,7 \cdot \frac{0,06}{0,0885}\right) \cdot 146 \cdot 10^6}} + 1,8 \cdot 10^3 = 5,9 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Прийнято в апараті  $h'_1 = 60 \text{ мм}$ .

### Розрахунок закріплення труб в трубних решітках

Розрахункова осьова сила  $P_{\tau}$ , що діє в місці закріплення труби в решітках для грюючих камер жорсткої конструкції, визначається за більшим із значень [3, ф-ла 23.8, 23.9]

$$P_{\tau_1} = 0,785 \cdot P_{it} \cdot \left(\frac{D^2}{Z} - d_B^2\right), \text{ Н} \quad (6.26)$$

де  $P_{it} = 0,9 \cdot 10^6 \text{ Н}$ .

$$P_{\tau_2} = 0,785 \cdot P_{im} \cdot \left(\frac{D^2}{Z} - d_H^2\right), \text{ Н} \quad (6.27)$$

де  $P_{im} = 1,2 \cdot 10^6 \text{ Н}$ .

$$P_{\tau_1} = 0,785 \cdot 0,9 \cdot 10^6 \cdot \left(\frac{2,6^2}{866} - 0,052^2\right) = 3,6 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$P_{\tau_2} = 0,785 \cdot 1,2 \cdot 10^6 \cdot \left(\frac{2,6^2}{866} - 0,06^2\right) = 3,0 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вальцювальне закріплення труби в решітках повинне відповідати умовам для гладкого розвальцювання

$$P_T \leq 12,5 \cdot 10^4 \cdot d_n \quad (6.28)$$

$$3,6 \cdot 10^3 \leq 12,5 \cdot 10^4 \cdot 0,06 = 7,5 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Умова виконується.

Висота трубних решіток, виходячи з надійності вальцювання, визначається за формулою [3, ф-ла 23.14]

$$h'_1 \geq 0,125 \cdot d_n + 0,005 + C \quad (6.29)$$

$$h'_1 \geq 0,125 \cdot 0,06 + 0,005 + 0,0018 = 0,0098 \text{ м}$$

$$h'_1 = 0,0098 < h_1 = 0,060 \text{ м}$$

Крім того перетин простінка між трубами, виходячи з його міцності при вальцюванні, повинен бути не менше величини, що визначається за графіком [3, фіг. 23.5]

$$F = (t - d_n) \cdot h_1 \quad (6.30)$$

$$F = (0,075 - 0,060) \cdot 0,06 = 0,0009 \text{ м}^2 = 900 \text{ мм}^2$$

Достатньою умовою при  $d_n = 60 \text{ мм}$  є  $F = 270 \text{ мм}^2$ .

### Розрахунок зміцнення отворів під штуцери

Приєднаний на зварці до обичайки штуцер є сам по собі достатнім зміцненням отвору, якщо товщина стінки відповідає умові:

при  $S_1 \geq S$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_1 \geq 0,2 \cdot \left( 2 \cdot \frac{S'_0}{S} + \frac{C}{S} - 1 \right) \cdot d_1 + S'_1 \quad (6.31)$$

при  $S_1 < S$

$$S_1 \geq 0,5 \cdot [S'_1 + \sqrt{(S'_1)^2 + 0,8 \cdot (2S'_0 - S + C) \cdot d}] \quad (6.32)$$

$$S'_0 = \frac{D_B \cdot P}{2 \cdot \sigma_d}, \text{ м} \quad (6.33)$$

$$S'_1 = \frac{d \cdot P}{2 \cdot \sigma_d \cdot Y} + C, \text{ м} \quad (6.34)$$

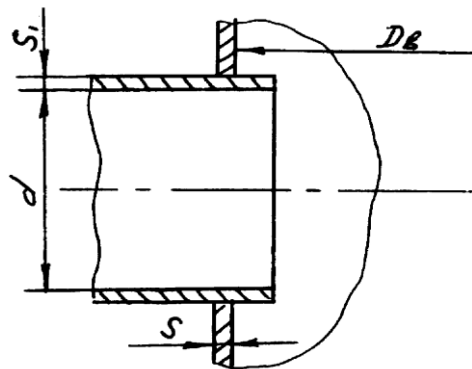


Рисунок 5 – До розрахунку зміцнення отворів

Таблиця 6.4 – Дані для розрахунку

№ з/п	Найменування штуцера	d, м	S, м	S <sub>1</sub> , м	S' <sub>0</sub> , м	S' <sub>1</sub> , м	P, н/м <sup>2</sup>	σ <sub>d</sub> , Н/м <sup>2</sup>	Y	C, м
1	Люк-лаз сепаратора	0,509	0,01	0,01	0,0054	0,003	0,6 · 10 <sup>6</sup>	146,7 · 10 <sup>6</sup>	0,95	0,0018
2	Люк-лаз обичайки днища	0,501	0,014	0,01	0,0059	0,0031	0,655 · 10 <sup>6</sup>	146,7 · 10 <sup>6</sup>	0,95	0,0018
3	Введення грючої пари	0,249	0,016	0,012	0,0081	0,0027	1,0 · 10 <sup>6</sup>	160 · 10 <sup>6</sup>	1	0,0018
4	Вихід сокової пари	0,404	0,010	0,011	0,0056	0,0027	0,6 · 10 <sup>6</sup>	147,6 · 10 <sup>6</sup>	1	0,0018

Для штуцера № 1

$$S_1 \geq 0,2 \cdot \left( 2 \cdot \frac{0,0054}{0,01} + \frac{0,0018}{0,01} - 1 \right) \cdot 0,509 + 0,003 = 0,0295 \text{ м}$$

Зміцнення необхідне.

Для штуцера № 2

$$S_1 \geq 0,5 \cdot [0,0631 + \sqrt{(0,0031)^2 + 0,8 \cdot (2 \cdot 0,0059 - 0,014 + 0,0018) \cdot 0,501}] = 0,0031 \text{ м}$$

Зміцнення не потрібне.

Для штуцера № 3

$$S_1 \geq 0,5 \cdot [0,0027 + \sqrt{(0,0027)^2 + 0,8 \cdot (2 \cdot 0,0081 - 0,016 + 0,0018) \cdot 0,249}] = 0,01135 \text{ м}$$

Зміцнення не потрібне.

Для штуцера № 4

$$S_1 \geq 0,2 \cdot \left( 2 \cdot \frac{0,0056}{0,01} + \frac{0,0018}{0,01} - 1 \right) \cdot 0,404 + 0,0027 = 0,02424 \text{ м}$$

Зміцнення необхідне.

Розрахунковий діаметр зміцнюючої накладки  $D'_н$  при рекомендованій товщині укріплюваної стінки  $S_1$  визначається при  $S_1 \geq S$  [3, ф-ла 17.6]

$$D'_н \geq (2S'_0 + C) \cdot \frac{d}{S} - 3(S_1 - S'_1), \text{ м} \quad (6.35)$$

Для штуцера № 1

$$D'_н \geq (2 \cdot 0,0054 + 0,0018) \cdot \frac{0,509}{0,01} - 3(0,01 - 0,003) = 0,62 \text{ м}$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Приймаємо  $D'_n = 0,7$  м.

Для штуцера № 4

$$D'_n \geq (2 \cdot 0,0056 + 0,0018) \cdot \frac{0,404}{0,01} - 3(0,011 - 0,0027) = 0,5169 \text{ м}$$

Приймаємо  $D'_n = 0,6$  м.

Конструкцію люків приймаємо [3, табл. 22.5] за нормами НДІХІММАШа МХ 44-56.

Умовне позначення люка з  $D_b = 500$  мм на  $P_y = 0,6$  МПа з неіржавіючої сталі – “Люк ВКГру 6Д500”.

Конструкцію оглядового вікна приймаємо [3, табл. 26.3] за нормами НДІХІММАШа МХ 60-56.

Умовне позначення вікна оглядового  $D = 125$  мм, працюючого під тиском  $\leq 0,6$  МПа – “Вікно оглядове ІК-125 МХ 60-56”.

### Розрахунок опор апарату

Конструкцію опори приймаємо за [3, фіг. 27.1] тип VIII. Маса апарату при гідровипробуваннях складає 90 т. Апарат опирається на чотири лапи. Навантаження на одну лапу приймаємо  $G = 25 \cdot 10^4$  Н. Матеріал лапи – сталь Ст. 3 ( $\sigma_{\text{пд}} = 146 \cdot 10^6$  Па). Число ребер в лапі –  $z = 3$ . Висота опори  $\ell = 0,4$  м. Лапи опираються на дерев'яні підкладки ( $q = 2 \cdot 10^6$  Па). Товщина стінки обичайки апарату  $S_1 = 0,014$  м.

Приймаємо відношення висоти лапи до висоти її ребра  $\frac{l}{h} = 0,5$ , тоді

$$h = \frac{\ell}{0,5} = \frac{0,4}{0,5} = 0,8 \text{ м}$$

Розрахункова товщина ребра лапи при  $K = 0,6$  визначається за формулою [3, ф-ла 27.1]

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S' = \frac{2,24 \cdot G}{K \cdot z \cdot \sigma_{\text{ид}} \cdot \ell} \quad (6.36)$$

$$S' = \frac{2,24 \cdot 25 \cdot 10^4}{0,6 \cdot 3 \cdot 146 \cdot 10^6 \cdot 0,4} = 0,0053 \text{ м}$$

Відношення

$$\frac{\ell}{13} = \frac{0,4}{13} = 0,0308 > S' = 0,0053,$$

тому зменшуємо значення  $K$  до  $K = 0,25$ , при якому за графіком [3, фіг. 27.3]

$\frac{1}{S} = 22,5$ . Перераховуємо  $S'$ :

$$S' = 0,0053 \cdot \frac{0,6}{0,25} = 0,01272 \text{ м} > \frac{0,25}{22,5} = 0,011 \text{ м}$$

Приймаємо  $S = 14$  мм.

Вибираємо довжину опорної плити лапи  $\ell_1 = 0,36$  м, товщина  $S = 14$  мм.

Розрахункова ширина опорної плити лапи

$$b' = \frac{G}{\ell_1 \cdot q} \quad (6.37)$$

$$b' = \frac{25 \cdot 10^4}{0,36 \cdot 2 \cdot 10^6} = 0,347 \text{ мм}$$

Приймаємо  $b = 500$  мм.

Згідно таблиці [3, табл. 27.4] при допустимому навантаженні на лапу  $8 \cdot 10^4$  Н і товщині стінки апарату  $S_1 = 24$  мм підкладка не потрібна.

Враховуючи наявність більшого навантаження  $G = 25 \cdot 10^4$  Н і керуючись даними [3, табл. 27.4], приймаємо в лапі підкладку з розмірами:  $S_H = 16$  мм,  $H = 1000$  мм,  $b = 600$  мм.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

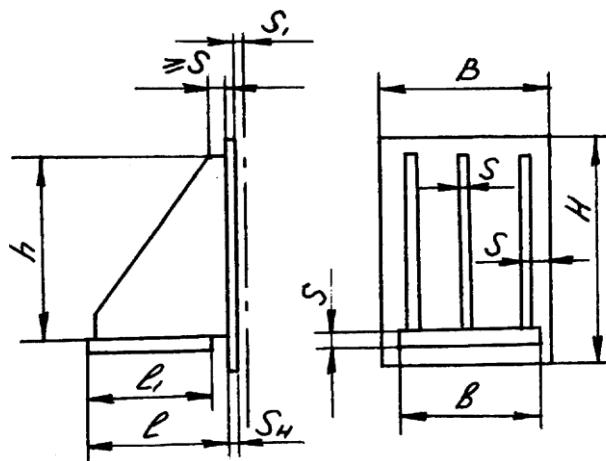


Рисунок 6 – До розрахунку лап

Ребра приварюються до підкладки круговим швом по замкнутому контуру з катетом шва  $K = 8$  мм.

Загальна довжина шва

$$L_{\text{ш}} = \sigma \cdot (h + S) \quad (6.38)$$

$$L_{\text{ш}} = 6 \cdot (0,8 + 0,014) = 4,884 \text{ м}$$

Міцність зварного шва при  $\tau_{\text{сер}} = 80 \cdot 10^6$  Па перевіряємо за [3, табл. 27.2]

$$G = 25 \cdot 10^4 < 0,7 \cdot L_{\text{ш}} \cdot K \cdot \tau_{\text{сер}} \quad (3.39)$$

$$G = 0,7 \cdot 4,884 \cdot 0,008 \cdot 80 \cdot 10^6 = 218 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Міцність більша, ніж достатня.

### Визначення товщини ізоляції

Товщину ізоляції визначимо з умов застосування совелітових плит марки 400, встановлюваних з металевим кожухом при температурі стінки випарного апарату  $18$  °С.

Температура навколишнього повітря –  $25$  °С.

									2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
										72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Максимальна температура на поверхні ізоляції менше 45 °С.

За [5, ф-ла 4] визначаємо значення коефіцієнта теплопередачі від поверхні ізоляції у навколишнє повітря

$$\alpha = 8,4 + 0,06 \cdot (t_k - t_n) \quad (6.40)$$

$$\alpha = 8,4 + 0,06 \cdot (45 - 25) = 9,6 \frac{\text{ккал}}{\text{година} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ \text{С}} = 2,3 \frac{\text{кДж}}{\text{година} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ \text{С}}$$

Коефіцієнт теплопровідності ізоляційного шару визначається за [5, табл. 2] при середній температурі шару ізоляції  $t_{\text{сер}} = \frac{180 - 145}{2} = 112,5 \text{ } ^\circ \text{С}$

$$\lambda_{\text{із}} = 0,067 + 0,016 \cdot t_{\text{сер}} \quad (6.41)$$

$$\lambda_{\text{із}} = 0,067 + 0,0016 \cdot 112,5 = 0,085 \frac{\text{ккал}}{\text{година} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ \text{С}} = 0,02 \frac{\text{кДж}}{\text{година} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ \text{С}}$$

Товщину ізоляційного шару:

$$\delta_{\text{із}} = \frac{0,085 \cdot (180 - 45)}{9,6 \cdot (45 - 25)} = 0,0598 \text{ м} \approx 60 \text{ мм}$$

### Розрахунок запобіжного клапана

Відповідно до “Правил пристрою і безпечної експлуатації судин, працюючих під тиском”, кількість запобіжних клапанів, їх розміри і пропускна спроможність повинні бути вибрані за розрахунком так, щоб в судині не міг утворитися тиск, що перевищує робочий на 15 % для судин з тиском від 0,3 до 6,0 МПа.

Пропускна спроможність запобіжного клапана визначається за формулою [11, пункт 5-4-5]

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G = 1,59 \cdot \alpha \cdot F \cdot B \cdot \sqrt{(P_1 - P_2)} \cdot \gamma, \text{ кг/год} \quad (6.42)$$

де  $\alpha F = 20 \cdot K_\delta$  [12, с.8];

$K_\delta$  – коефіцієнт пропускної спроможності клапана, що визначається за каталогом або паспортом заводу - виробника клапана.

При підвищенні температури сокової пари до 164 °С корисна різниця температур зменшується з 13,5 °С до 7,5 °С, а враховуючи підвищення концентрації розчину і збільшення температурної депресії корисна різниця температур складе  $7,5 - 7 = 0,5$  °С, при зниженні коефіцієнта теплопередачі до  $109,8 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{°С}$ .

За таких умов

$$G = \frac{F \cdot \Delta t \cdot \kappa}{i_0}, \quad (6.43)$$

де  $i_0 = 118,14 \text{ кДж/кг}$ .

$$G = \frac{460 \cdot 0,5 \cdot 109,8}{118,14} = 213,7 \text{ кг}$$

$$P_1 = P \cdot 1,15 = 0,6 \cdot 1,15 = 0,69 \text{ МПа},$$

де  $P = 0,6 \text{ МПа}$  – розрахунковий тиск в сепараторі випарного апарату.

При  $P_2 = 0$  густина пари при  $P_1 = 0,69 \text{ МПа}$   $\gamma = 3,54 \text{ кг/м}^3$ .  $B = 0,449$  при  $\frac{P_2}{P_1} = 0$  [11, табл. 5-4-5].

$$K_v = \frac{G}{1,59 \cdot B \cdot \sqrt{(P_1 - P_2)} \cdot \gamma} \quad (6.44)$$

$$K_v = \frac{213,7}{1,59 \cdot 0,449 \cdot \sqrt{(0,69 - 0)} \cdot 3,54} = 60,6 \text{ м}^3/\text{год}$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо клапан СППК 4-16  $D_y = 150$  з пропускною спроможністю  $K_v = 81,4 \text{ м}^3/\text{годину}$ .

### Розрахунок барометричного конденсатора

На барометричний конденсатор направляються сокові пари з III-го і IV-го корпусів випарної установки. В третьому корпусі випаровується  $w_3 = 2180 \text{ кг/годину} = 0,6 \text{ кг/с}$ , в четвертому –  $3925 \text{ кг/годину} = 1,1 \text{ кг/с}$ .

Тепловміст пари

$$i_{c_3} = 645 \cdot 1000 \cdot 4,19 = 2702550 \text{ Дж}$$

$$i_{c_4} = 650 \cdot 1000 \cdot 4,19 = 2723500 \text{ Дж}$$

Температура оборотної води –  $t_n = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Температура барометричної води –  $t_k = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ . Теплоємність води  $c_b = 4,19 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$ .

Витрата охолоджувальної води складатиме:

$$G_b = \frac{w_3 \cdot (i_{c_3} - c_b \cdot t_k) + w_4 \cdot (i_{c_4} - c_b \cdot t_k)}{c_b (t_k - t_n)} \quad (6.45)$$

$$G_b = \frac{0,6 \cdot (2702550 - 4,19 \cdot 10^3 \cdot 50) + 1,1 \cdot (2723500 - 4,19 \cdot 10^3 \cdot 50)}{4,19 \cdot 10^3 \cdot (50 - 20)} = 33,9 \text{ кг/с}$$

Розрахунок діаметра барометричного конденсатора виконується з рівняння витрати

$$d_{\delta_k} = \sqrt{\frac{4 \cdot (w_3 + w_4)}{\rho \cdot \pi \cdot V}}, \quad (6.46)$$

де  $\rho = 0,98 \text{ кг/м}^3$  – густина водяної пари;

$V = 20 \text{ м/с}$  – швидкість пари.

$$d_{\delta_k} = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,6 + 1,1)}{0,98 \cdot 3,14 \cdot 20}} = 1,048 \text{ м}$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо  $d_{\delta_k} = 1,2$  м [11, додаток 5].

Розрахунок висоти барометричної труби відповідно до [11, додаток 5], де внутрішній діаметр барометричної труби  $d_{\delta_T} = 250$  мм.

Швидкість води в барометричній трубі  $V_B$  дорівнює

$$V_B = \frac{4 \cdot (G_B + w_3 + w_4)}{\rho_B \cdot \pi \cdot d_{\delta_T}^2} \quad (6.47)$$

$$V_B = \frac{4 \cdot (33,9 + 0,6 + 1,1)}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,25^2} = 0,725 \text{ м/с}$$

Висоту барометричної труби визначаємо за рівнянням:

$$H_{\delta_T} = \frac{B}{\rho_B \cdot g} + \left( 1 + \sum \xi + \lambda \cdot \frac{H_{\delta_T}}{d_{\delta_T}} \right) \cdot \frac{V_B^2}{2 \cdot g} + 0,5 \quad , \quad (6.48)$$

де  $B$  – вакуум в барометричному конденсаторі;

$$B = P_{\text{атм}} - P_{\delta_k} = 9,8 \cdot 10^4 - 2,9 \cdot 10^4 = 6,9 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$\lambda$  – коефіцієнт тертя в барометричній трубі;

$H_{\delta_T}$  – висота барометричної труби, м;

$d_{\delta_T}$  – діаметр барометричної труби, м;

0,5 – запас висоти на можливу зміну барометричного тиску, м;

$$\sum \xi = \xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{вих}} = 0,5 + 1,0 = 1,5,$$

де  $\sum \xi_{\text{вх}}$  – коефіцієнт місцевого опору на вході в трубу;

$\sum \xi_{\text{вих}}$  – коефіцієнт місцевого опору на виході з труби.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт тертя  $\lambda$  залежить від режиму течії рідини. Визначимо режим течії води в барометричній трубі

$$R_e = \frac{V_B \cdot d_{\delta_T} \cdot \rho_B}{\mu_B} \quad (6.49)$$

$$R_e = \frac{0,725 \cdot 0,25 \cdot 1000}{0,54 \cdot 10^{-3}} = 335648$$

Для гладких труб при  $R_e = 335648$  коефіцієнт тертя  $\lambda$  визначається за формулою:

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{R_e}} \quad (6.50)$$

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{335648}} = 0,013$$

$$H_{\delta_T} = \frac{6,9 \cdot 10^4}{1000 \cdot 9,8} + \left( 1 + 1,5 + 0,013 \cdot \frac{H_{\delta_T}}{0,25} \right) \cdot \frac{0,725^2}{2 \cdot 9,8} + 0,5 = 7,6 \text{ м}$$

Розрахунок продуктивності вакуум-насосу.

Кількість повітря, яке необхідно видалити з барометричного конденсатора

$$G_{\text{пов.}} = 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot (w_3 + w_4 + G_B) + 0,01 \cdot (w_3 + w_4), \quad (6.51)$$

де  $2,5 \cdot 10^{-5}$  – об'єм повітря, що виділяється з 1 кг води;

0,01 – об'єм повітря, що підсмоктується в конденсатор через нещільність, на 1 кг пари.

Тоді

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$G_{\text{пов.}} = 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot (0,6 + 1,1 + 33,9) + 0,01 \cdot (0,6 + 1,1) = 0,00089 + 0,017 = 17,89 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$$

Об'ємна продуктивність вакуум-насосу дорівнює:

$$V_{\text{пов.}} = \frac{R \cdot (273 + t_{\text{пов.}}) \cdot G_{\text{пов.}}}{M_{\text{пов.}} \cdot P_{\text{пов.}}}, \quad (6.52)$$

де  $R$  – універсальна газова постійна, Дж/кмоль · К;

$M_{\text{пов.}}$  – молекулярна маса повітря, кг/кмоль;

$t_{\text{пов.}}$  – температура повітря, °С;

$P_{\text{пов.}}$  – парціальний тиск сухого повітря в барометричному конденсаторі, Па.

Температуру повітря розраховується за рівнянням:

$$t_{\text{пов.}} = t_{\text{н}} + 4 + 0,1 \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) \quad (6.53)$$

$$t_{\text{пов.}} = 20 + 4 + 0,1 \cdot (50 - 20) = 27 \text{ °С}$$

Тиск повітря дорівнює:

$$P_{\text{пов.}} = P_{\delta_{\text{к}}} - P_{\text{п}},$$

де  $P_{\text{п}}$  – тиск сухої насиченої пари при температурі  $t_{\text{пов.}} = 27 \text{ °С}$ , Па.

$$P_{\text{пов.}} = 0,29 \cdot 9,8 \cdot 10^4 - 0,039 \cdot 9,8 \cdot 10^4 = 2,46 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

Тоді

$$V_{\text{пов.}} = \frac{8310 \cdot (273 + 27) \cdot 17,89 \cdot 10^{-3}}{29 \cdot 2,46 \cdot 10^4} = 0,0625 \text{ м}^3/\text{с} \left( 3,75 \text{ м}^3/\text{хв.} \right)$$

Знаючи об'ємну продуктивність  $V_{\text{пов.}}$  і залишковий тиск  $P_{\delta_{\text{к}}}$  за ГОСТ 1867-87 підбираємо вакуум-насос типу ВВН-12 з потужністю на валу

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20 кВт. Вакуум-насос вибраний з умови обслуговування двох вакуум-випарних батарей.

### 6.3 Висновки по конструкції і розрахункам апарату

На підставі виконаних розрахунків можна зробити висновок про можливість використання в якості гріючої пари пару тиском 10 атм замість 6 атм у діючому виробництві.

Процес випарки дозволяє одержати з існуючої випарної установки 40000 т/рік 100-го % кальцинованої соди.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ

Матеріалом для трубних решіток служить листова сталь товщиною, рівній товщині решітки. Трубні решітки звичайно виготовляють цільними, вирізкою з аркуша.

При виготовленні трубних решіток дотримуються наступні технічні вимоги. Граничні відхилення між центрами двох граничних отворів у трубних решітках і перегородках (крок) -  $\pm 0,2$  мм і на будь-яку суму кроків  $\pm 0,5$  мм.

Трубні решітки випарних апаратів більших діаметрів виготовляють із декількох частин. Свердлення отворів може проводитися на зварних швах. Після розкрою листа з найменшим відходом металу заготівлі решіток зварюють автоматично або вручну X - образним швом електродуговим або електрошлаковим зварюванням. Потім знімають посилення зварених швів, а після цього свердлять отвори.

Для визначення якості зварених швів і виявлення зовнішніх і внутрішніх дефектів, що впливають на розвальцьовування трубок в отворах, шви піддають рентгеноконтролю або ультразвуковій дефектоскопії. Зовнішні дефекти (непровари, тріщини, пори, раковини, зсуви стикуємих крайок і т.д.) виявляють візуально, а внутрішні - рентгеноскопічним просвічуванням. При наявності у звареному шві неприпустимих зовнішніх дефектів рентгеноконтроль не роблять. Просвічуванню піддають 50% загальної довжини зварених швів, місця просвічування встановлюються відділом технічного контролю.

При просвічуванні зварених швів можуть бути виявлені внутрішні дефекти: тріщини, непровари, жужільні включення, раковини й газові пори. Шви вважаються придатними для наступної обробки, якщо діаметр жужільних включень або раковин на перевищує 4, 10 і 15 мм, а площа газових пор і жужільних включень - 1, 1,5 і 2 см<sup>2</sup> для труб діаметром відповідно 25, 38 і 57 мм.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо при просвічуванні контрольованих ділянок зварених швів будуть виявлені неприпустимі дефекти (тріщини, непровари) або дефекти перевищуючі зазначені розміри, то шов до подальшої обробки непридатний. У цьому випадку дефекти необхідно усунути й провести повторне просвічування всіх швів решітки. Якщо ж при повторному просвічуванні результати виявляться такими ж, то всі зварені стики необхідно вирубати, знову заварити й ще раз перевірити. У деяких випадках зварені шви трубних решіток, крім рентгеноконтролю, піддають випробуванням на міжкристалічну корозію й механічну міцність.

Технічний процес виготовлення решіток полягає в наступному.

Решітки вирізують із листа на автоматичних установках по копіру. По закінченні різання напливи очищають від шліфувальними пристроями або дисковими провалочними пристроями (щітками). Після газового різання щітки піддають виправленню на листопрямильній машині, причому неплощинність не повинна становити більше 2 мм на 1 м довжини.

Технологічний процес виготовлення кришок штампуванням полягає в наступному.

Обичайки виготовляють зварними з аркушів. Вальцювання штампування обичайок допускається робити тільки на відповідних машинах або пресах. Виготовлення ручним способом, а також місцеве нагрівання й виправлення молотком не допускається.

Обичайки можуть бути виготовлені вальцюванням карт, зварних у плоскому стані з декількох аркушів. Зварні шви в обичайках, зварних з карт, повинні бути розташовані паралельно утворюючої.

Ширина аркушів між швами не менш 800 мм, а ширина замикаючої вставки не менш 400 мм.

Вальцювання обичайок з аркуша роблять у холодному стані. З метою обмеження залишкових напруг у металі після холодної гнучкі обичайку варто піддати термічній обробці, або виготовляти обичайку гарячим

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

способом ( нагрівання аркуша до  $\sim 1000$  °С; закінчення гнучкі не нижче 700 °С ).

Гибку обичайок з аркушів роблять на тривалкових або чотиривалкових листозгинальних вальцях, а також на гибочних пресах. У цих машинах гнучка аркуша здійснюється обертовими валками. У тривалкових машинах гибочним є середній валок, а в чотиривалкових – бічні валки. Аркуш, що підлягає вальцюванню, уводять у валки й згинають його переміщенням вниз середнього валка (тривальна машина) або підніманням нагору бічних валків (чотиривальна машина). Гибку роблять за кілька пропусків. Після кожного пропуску кривизну аркуша збільшують до одержання замкнутої циліндричної обичайки. Вальцювання напівобичайок (корит) роблять до одержання розчину їхніх крайок, що відповідає заданому радіусу, і до заданої кривизни.

Тривальна машина не дозволяє зігнути крайки аркуша при вальцюванні. На довжині трохи менше половини відстані між бічними валками, крайки залишаються плоскими. Тому для одержання правильної циліндричної форми обичайок крайки попередньо підгинають. Операцію подгибки крайок звичайно виконують на гідравлічному пресі. Можлива підгибка крайок на тривалковій листозгинальній машині вдавненням кінця аркуша в загибочну матрицю.

При вальцюванні обичайок на чотиривалковій машині додаткового встаткування для підгибки крайок не потрібно.

### 7.1 Виготовлення днищ

До обичайки приварюються конічне та еліптичне днища. Відношення висоти опуклої частини днища, обмірюване від внутрішньої поверхні, до внутрішнього діаметра приймають рівним 0,25.

Розміри й форма днищ повинні відповідати ГОСТ 6533-78.

Днища виготовляють штампуванням з одного аркуша. Допускається виготовлення днищ штампуванням заготовлі, зварної із двох і більше

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

аркушів. Зварні аркуші розташовують по хорді на відстані від центра не більше 440 мм.

Кругові шви розташовують на відстані не менш 550 мм від центра днища. Мінімальна відстань між меридіональними швами приймають не менш 100 мм. Днища зі штампованих елементів зварюють стиковими швами із двостороннім проваром.

Днища штампують у гарячому стані з одного нагрівання. Температурний інтервал штампування 850–950 °С. Штампування здійснюється протяганням. Штамп складається із циліндричного Пуассона з еліпсоїдною або конічною торцевою поверхнею, виконаної за формою днища. Матриця являє собою протяжне кільце, установленого на столі преса на підставних стійках. Під час штампування пуансон, рухаючись униз, простягає нагріту заготовку через матрицю. При цьому заготовка облягає пуансон і, остигаючи, затискає його. Відштамповане днище знімають із пуансона при зворотному ході. Днище падає на підкладну плиту, установлену на столі преса, і разом з нею витягається з робочого простору.

При однаковому технологічному процесі існує кілька способів виготовлення днищ штампуванням. Ці способи в основному відрізняються застосуванням устаткування і оснащенням.

## 7.2 Технологічний процес зборки камер

Випарні апарати з циркуляційними трубами надходять на монтажний майданчик, як правило, в розібраному вигляді. При монтажі випарних апаратів необхідно домагатися суворого збігу осей штуцерів циркуляційних труб, так як великий діаметр і більша жорсткість труб викличуть при розбіжності осей штуцерів значні напруги в корпусі і в самих трубах. Допустима розбіжність осей штуцерів 1 мм на 1 м відстані між штуцерами, але не більше 5 мм. Відстань між штуцерами переливних труб не повинна перевищувати  $\pm 2$  мм. Сварка апарату повинна проводитися зварником, який

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

має право зварювання посудин, що працюють під тиском, з дотриманням усіх вимог технічних умов.

Для ущільнення фланцевих з'єднань апарату застосовується промаслений і прографічений пеньковий, азбестовий або бавовно паперовий шнур, але найкращим ущільненням є пеньковий шнур, покладений на шар мастики з свинцевого сурику товщиною 8-10 мм.

Розміщення приладу по вертикалі вивіряється відвісом або рамним рівнем. При користуванні рамним рівнем за базу приймаються механічні оброблені поверхні фланців, люків, бобишек. Відхилення осі апарату від вертикалі не повинно перевищувати 2 мм на 1 м його висоти.

Гідравлічне випробування апарату проводиться після установки на апарат арматури, запобіжних клапанів і контрольно-вимірювальних приладів. Спочатку проводиться випробування міжтрубного простору випарника, потім випробування корпусу апарату.

У пристосуванні збираються фланець, обичайка, днище й прихоплюються електрозварюванням. Зварювання внутрішніх швів з обичайкою й обичайки із днищем виробляються на маніпуляторі зварювальним автоматом ТС-17М, установленому на штанзі. Зварювання зовнішніх швів виробляється на маніпуляторі голівкою АБС. Після зварювання шви зачищаються. Фланець камери правиться на гідравлічному пресі.

Виробляється розмітка отвору під штуцер і вирізка його спеціальною голівкою. Установлюється й виміряються косинцем правильність установки штуцера. Штуцер приварюється напівавтоматом А-573 у середовищі вуглекислого газу.

У випарних апаратах трубний пучок граючої камери є самостійною складальною одиницею, зборка якої виробляється на окремому робочому місці.

Технологічний процес зборки трубного пучка починається з підготовки труб, які обрізають в розмір, після чого їхні кінці зачищаються до металевого

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

блиску. З одного кінця проводиться зачищення на довжині, рівній товщині решітки плюс 10 мм, з іншого кінця – на подвійну товщину плюс 10 мм. Труби заводяться довгими кінцями. Положення перегородок вимірюється й закріплюється на стяжках гайками. Набивається нижня частина трубного пучка.

В отвори решіток і перегородок заводяться інші труби так, щоб їхні кінці виходили за площину решітки на товщину останньої. При проштовхуванні через решітку або перегородки труба зустрічає перешкоду через неспіввісність отворів і невеликих вигинів самої труби, що ускладнює процес зборки. З метою усунення зазначеного недоліку використається спеціальний конус - уловлювачі.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 8. РЕМОНТ І МОНТАЖ

### 8.1 Організація ремонтної служби підприємства

Організація ремонтної служби на підприємстві покладена на відділ головного механіка, який складається з бюро капітальних ремонтів і бюро запасних частин. Головному механіку підпорядкований ремонтно-механічний цех, у функціональному підпорядкуванні знаходяться механіки цехів.

Основним завданням служби головного механіка є правильна організація ремонту і міжремонтного обслуговування обладнання, яка є одним з визначальних чинників поліпшення використання обладнання, підвищення якості продукції, безперебійної і ритмічної роботи підприємства.

В основі ремонтного обслуговування обладнання лежить “Система технічного обслуговування обладнання і його ремонту на підприємствах хімічної промисловості”. Ця система передбачає проведення наступних видів ремонтів: поточного (ПР); капітального (КР).

Поточний ремонт – це ремонт, що виконується для забезпечення і відновлення працездатності обладнання та полягає в заміні і відновленні його окремих вузлів і деталей. Поточний ремонт проводиться ремонтною службою цеху.

Капітальний ремонт – це ремонт, що виконується для відновлення справності і повного або близького до повного відновлення ресурсу обладнання з заміною або відновленням будь-яких його частин, включаючи базові.

В об'єм капітального ремонту входять наступні основні роботи:

- об'єм поточного ремонту;
- заміна або відновлення всіх зношених вузлів і деталей;
- повна або часткова заміна термоізоляції, футерування, антикорозійного захисту;
- вивіряння і центрівка машин;

										Арк.
										86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

– післяремонтні випробування і ін.

Докладний перелік робіт, який необхідно виконати під час капітального ремонту, встановлюється в дефектній відомості. На підставі цієї відомості механіком цеху видаються замовлення на виготовлення запасних частин, замовляються всі необхідні матеріали, складається кошторис на проведення ремонту, який є основою для узгодження з підрядчиком договірної ціни.

Капітальні ремонти обладнання, як правило, виконуються силами ремонтно-механічного цеху (РМЦ) або підрядної організації.

Окрім поточних і капітальних ремонтів всі випарні апарати, що знаходяться в експлуатації, підлягають технічному обслуговуванню, яке полягає в промивці від осадів, що відклалися на кип'ятільних трубках.

Перший корпус промивається щомісячно фосфорною кислотою, після чого спорожняється і повторно промивається конденсатом. При необхідності застосовується механічне чищення кип'ятільних труб від осадів  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Другий корпус також промивається фосфорною кислотою 1 раз на 3-4 місяці.

Третій корпус щодня пропарюється конденсатом від солей  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Пропарювання спочатку ведеться під тиском в соковій камері 58,8 кПа ÷ 77,4 кПа протягом 0,5 – 0,7 години, внаслідок чого відбувається оплавлення сульфату натрію в трубках, потім проварюється ще під вакуумом 0,5 – 0,7 години і спорожняється від промивок. Якщо загальна лужність промивної рідини вище 0,04 кг/м<sup>3</sup> вакуум-апарат проварюється повторно.

Четвертий корпус проварюється в конденсаті через кожні 8 – 10 діб роботи. Проварювання ведеться під вакуумом протягом однієї години.

## 8.2 Проведення капітального ремонту випарного апарату

Капітальному ремонту випарного апарату передують спорожнення, очищення і промивка, складається акт про передачу обладнання в ремонт, виписується наряд-допуск на здійснення робіт.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розбирання апарату проводиться в наступній послідовності:

1. Демонтуються підвідні і відвідні комунікації та арматура.
2. Демонтується сокова камера.
3. Демонтується гріюча камера.
4. Проводиться заміна труб в гріючій камері з зачисткою стикових місць і вальцюванням.
5. Проводиться ревізія запірної арматури або заміна у разі її поганого технічного стану.

Збирання апарату проводиться в зворотній послідовності. У зв'язку з тим, що перший і другий корпус вакуум-випарної установки працюють під тиском понад  $0,7 \text{ кгс/см}^2$  на них розповсюджуються “Правила пристрою і безпечної експлуатації судин, працюючих під тиском” і підлягають реєстрації в органах Держміськнагляду. Такі судини повинні піддаватися технічному огляду інспектором до пуску в роботу, а також:

- внутрішньому огляду з метою виявлення стану внутрішніх і зовнішніх поверхонь і впливу середовища на стінки судин – не рідше одного разу на чотири роки;
- гідравлічному випробуванню з попереднім внутрішнім оглядом – не рідше одного разу у вісім років.

Достроковий технічний огляд проводиться у разі реконструкції і ремонту з застосуванням зварки або паяння окремих частин судини, працюючої під тиском. Після проведення гідравлічних випробувань проводяться роботи по антикорозійному покриттю і термоізоляції апарату.

Монтажні роботи здійснюються за допомогою мостового крана вантажопідйомністю 10 т. Гріючу камеру для заміни трубок укладають горизонтально у вільному прольоті на верхній відмітці відділення випарки.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 8.3 Опис ремонтного пристосування

В якості ремонтного пристосування в даному дипломному проекті пропонується пристосування для розвальцьовування труб. Пристосування складається з розтискного конуса (поз. 1), гайки (поз. 2), за допомогою якої виставляється необхідний діаметр развальцьованої трубки, корпусу роликів (поз.3), трьох роликів (поз. 4) і стопарного кільця (поз. 5), за допомогою якого фіксується положення затискного пристрою пневматичної реверсивної машини I-118, яка має наступну характеристику:

- максимальний крутний момент на шпинделі, кг/см 1250;
- число оборотів шпинделя, об/хв. 80;
- двигун тип – ротаційний;
- потужність, кВт 1,5;
- робочий тиск повітря, атм 5;
- витрата повітря, м<sup>3</sup>/хв. 2,5;
- маса, кг 13,9.

Перед вальцюванням кінець труби, довжина якого декілька перевищує товщину трубної дошки, і гнізда повинні бути ретельно очищені (до придбання металевого блиску). Після установки труби в гніздо її кінець повинен виступати на величину (11 ÷ 15) мм для труби з зовнішнім діаметром 60 мм.

Машина I-118 забезпечена редуктором, що дозволяє знижувати швидкість обертання шпинделя від 80 до 8 об/хв.

Для отримання надійного вальцювального з'єднання досить мати ступінь розвальцьовування, рівний 1-1,5 %, де

$$H = \frac{D_k - D_n}{D_o} \cdot 100\% , \quad (8.1)$$

де  $D_k$  – кінцевий внутрішній діаметр развальцьованої труби;

$D_n$  – початковий внутрішній діаметр труби перед розвальцьовуванням;

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Д<sub>о</sub> – діаметр трубного отвору до розвальцьовування.

#### 8.4 Складання сітьового графіка капітального ремонту випарного апарату

Таблиця 8.1 – Дефектна відомість

№ з/п	Найменування робіт	Одиниця вимірювання	Кількість
1	2	3	4
	Капітальний ремонт випарного апарату I Ремонтні роботи		
1.	Розбирання і збирання трубопроводу Ø 500 мм по вакууму	м	3
2.	Розбирання і збирання трубопроводу парових комунікацій Ø 300 мм	м	8
3.	Розбирання і збирання трубопроводу Ø 100 мм	м	60
4.	Розбирання і збирання трубопроводу Ø 80 мм	м	30
5.	Розбирання і збирання трубопроводу по конденсату Ø 80 мм	м	10
6.	Розбирання і збирання сокової камери	шт	1
7.	Розбирання і збирання гріючої камери	шт	1
8.	Заміна труб в трубних решітках гріючої камери з зачищенням стикових місць і вальцюванням Ø 60 мм, ℓ = 3200 м	1 труба	866
9.	Гідравлічне випробування випарного апарату	1 ап.	1
10.	Зняття і установка крана Д <sub>у</sub> 100	шт	20
11.	Зняття і установка крана Д <sub>у</sub> 75	шт	18
12.	Зняття і установка вентилля Ø 100 мм	шт	7
13.	Зняття і установка вентилля Ø 80 мм	шт	8

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

II Теплоізоляційні роботи			
1.	Розбирання ізоляції випарного апарату з діаматової цегли	м <sup>3</sup>	7
2.	Розбирання штукатурки ізоляції	м <sup>2</sup>	15
3.	Ізоляція випарного апарату діаматовою цеглею	м <sup>3</sup>	7
4.	Обклеювання поверхні ізоляції мішковиною в один шар	м <sup>2</sup>	85
5.	Обштукатурювання поверхні ізоляції асбестоцементним розчином	м <sup>2</sup>	85
6.	Фарбування ізоляційної поверхні силікатним складом в один шар	м <sup>2</sup>	85

Початкові дані для складання сітьового графіка.

Таблиця 8.2 – Перелік і трудомісткість робіт по ремонту випарного апарату

Номер (індекс) роботи	Зміст роботи	Трудомісткість, чол. год	Чисельність виконавців, чол.	Тривалість роботи, година	Номер (індекс) попередньої роботи
1	2	2	4	5	б
а	Підготовка до роботи	4,8	1	4,8	-
б	Демонтаж комунікацій і арматури	40	4	10	а
в	Розбирання термоізоляції	16	2	8	а
г	Демонтаж сокової камери	8	2	4	а
д	Демонтаж гріючої камери	8	2	4	г
е	Заміна труб в трубних решітках гріючої камери	256	2	128	в
ж	Монтаж гріючої камери	8	2	4	а
з	Монтаж сокової камери	8	2	4	е

						2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			91

і	Монтаж комунікацій і апаратури	40	4	10	б
к	Проведення гідровипробувань	8	2	4	з
л	Здача комісії	4	1	4	к

Критичний шлях, перерахований в календарний час

$$T_{\text{кр.кал.}} = T_{\text{кр.}} \cdot \frac{24}{8} \cdot 1,4, \quad (8.2)$$

де 720 – норма простою обладнання в ремонті відповідно до системи ПЗР.

$$T_{\text{кр.кал.}} = 152,8 \cdot 3 \cdot 1,4 = 641,76 \text{ година}$$

$$641,76 < 720,$$

						2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
							92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

## 9. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 9.1. Охорона праці

#### 9.1.1 Небезпечні й шкідливі виробничі фактори на проєктованому виробництві

В даному розділі дипломного проєкту розглядаються питання охорони праці для умов відділення випарки цеху виробництва кальцинованої соди Слов'янського СІС “Сода”. У відділенні здійснюється випарювання слабких щолоків. В якості основного обладнання передбачається використання вакуум-апаратів і барометричних конденсаторів.

Відділення випарки передбачається розмістити в окремому корпусі, обладнання передбачається розмістити на нульовій відмітці і металевих майданчиках, які кріпляться до колон.

Потенційну небезпеку у відділенні представляють:

- агресивне середовище (розчин кальцинованої соди концентрацією від 130 до 640 г/л);
- пара тиском до 10 атм;
- вакуум в барометричних конденсаторах і вакуум-фільтрах;
- використання електроенергії і стисненого повітря до 6 атм;
- наявність підйомно-транспортного обладнання.

В табл.9.1 наведена характеристика речовин, які використовуються у виробництві кальцинованої соди

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93



Таблиця 9.1 - Характеристика речовин, які використовуються у виробництві кальцинованої соди

Речовина	Агрегатний стан	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	Характер впливу на організм людини	Характер впливу на обладнання
Содовий розчин	Рідина	2,0	III	Руйнуюча дія на шкірні покриви	Викликає корозію
Вапняне молоко	Рідина	3,0	III	Роз'їдає шкірні покриви	Викликає корозію
Кальцинована сода	Рідина	0,5	II	Викликає опіки шкіри, особливо небезпечний для очей	Викликає корозію

### 9.1.2. Класифікація й категорійність виробництва і його проєктованих приміщень

У відділенні випарки цеху з виробництва кальцинованої соди потенційну шкідливість представляють:

- пари кальцинованої соди, вапняного молока, содового розчину;
- несприятливі метеорологічні умови (надмірні тепловиділення);
- шум і вібрація.

За санітарною класифікацією згідно СН 245-71 виробництво кальцинованої соди відноситься до III класу шкідливості, ширина санітарно-захисної зони складає 300 м [21].

									2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
										94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

### 9.1.3. Заходи запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів

При виборі конструкційних матеріалів враховувалося, що вакуум-апарат працюватиме в умовах агресивного середовища, при підвищеній температурі і вакуумі. Виходячи з цього вакуум-апарат виготовляється зі сталі X18H10T, для решти обладнання передбачається використання сталі марки Ст.3.

Трубопроводи передбачаються зварними, герметичність апаратів передбачається за рахунок фланцевих з'єднань і ущільнень з пароніту, азбесту, гуми.

Передбачається використання наступних засобів запобіжної техніки:

- огороження кожухами обертових частин обладнання;
- огороження поручнями сходів і майданчиків обслуговування висотою 1 м з відбортовкою 0,15 м;
- теплоізоляція паропроводів і водопроводів гарячої води скловолокном та азбестом;
- технологічні блокування;
- запобіжні клапани на паропроводах і магістралях стисненого повітря; світлова і звукова сигналізація.

### Вентиляція виробничих приміщень

Оскільки виробництво пов'язане з використанням токсичних речовин, в усіх виробничих приміщеннях передбачена механічна вентиляція (загальнообмінна, локальна і аварійна) [23].

Загальнообмінна вентиляція передбачається припливно-витяжною. У місцях інтенсивного виділення шкідливих речовин передбачені місцеві відсмоктування у вигляді витяжних зонтів.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

На зовнішніх дверних отворах в холодну пору року передбачається пристрій повітряних завіс. Крім того повинна бути аварійна витяжна вентиляція з кратністю повітрообміну 8.

### **Метеорологічні умови**

Робота персоналу згідно ГОСТ 12.1005-88 відноситься до категорії фізичних робіт середньої тяжкості Па, оскільки пов'язана з постійною ходьбою, виконується стоячи або сидячи, але не вимагає переміщення тягарів.

У виробничих приміщеннях передбачається підтримування наступних метеорологічних умов:

в холодний період року

- температура повітря 17 – 23 °С;
- відносна вологість, не більше 75%;
- швидкість руху повітря 0,3 м/с.

в теплий період року

- температура повітря 18 – 27 °С;
- відносна вологість, не більше 75 %;
- швидкість руху повітря 0,2 – 0,4 м/с.

Вказані параметри метеорологічних умов передбачається забезпечити за рахунок механічної вентиляції, водяного опалювання і повітряних теплових завіс на воротах цеху.

### **Освітлення**

Місто Слов'янськ розташоване в IV-му поясі світлового клімату, в зоні з нестійким сніговим покривом.

Робота персоналу за зоровою характеристикою відноситься до розряду VIII, підрозряду “а”, оскільки пов'язана з постійним спостереженням за ходом виробничого процесу [15].

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У приміщеннях повинне бути природне і штучне освітлення.

Природне освітлення через бічні віконні отвори. Нормоване значення коефіцієнта природної освітленості  $I_n$  визначиться з виразу:

$$I_n = I_{III} \cdot m \cdot c, \quad (9.1)$$

де  $I_{III} = 0,3$  – нормоване значення КЕО для III поясу світлового клімату;

$m = 0,9$  – коефіцієнт світлового клімату;

$c = 0,8$  – коефіцієнт сонячності клімату.

$$I_n = 0,3 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 0,216$$

Штучне освітлення загальне за допомогою брзкозахищених світильників типу ППД і ламп розжарювання, норма освітленості 75 лк.

Світловий потік однієї лампи визначається з наступного виразу:

$$F = \frac{E_n \cdot S \cdot z \cdot \kappa_3}{n \cdot \eta}, \quad (9.2)$$

де  $E_n = 75$  лк – нормоване значення освітленості;

$S$  – площа приміщення;

$$S = 36 \cdot 15 = 540 \text{ м}^2$$

$\kappa_3 = 1,5$  – коефіцієнт запасу;

$z = 1,1$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

$n = 60$  шт. – кількість світильників;

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку.

Для визначення  $\eta$  знаходиться індекс приміщення:

$$i = \frac{S}{H(A + B)}, \quad (9.3)$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $H = 4$  м – висота приміщення.

$$i = \frac{540}{4(36 + 15)} = 2,64$$

З урахуванням коефіцієнтів віддзеркалення стелі  $\rho_{\text{пот}} = 0,7$ ;  $\rho_{\text{ст}} = 0,5$  і підлоги  $\rho_{\text{підл}} = 0,1$  для світильників типу ППД коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta = 0,7$

$$F = \frac{75 \cdot 540 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{60 \cdot 0,7} = 1591 \text{ лм}$$

Приймається лампа типу БК потужністю 100 Вт зі світловим потоком 1450 лм.

В усіх виробничих приміщеннях передбачається аварійне освітлення від незалежного джерела живлення, норма освітленості не менше 5 % від рівня загального освітлення.

### **Шум, вібрація і заходи захисту від них обслуговуючого персоналу**

Потенційними джерелами шуму і вібрації у відділенні випарки може бути наступне обладнання:

- насоси;
- вентилятори;
- компресори;
- вакуум-фільтри;
- барометричні конденсатори.

Передбачені наступні заходи захисту персоналу від шуму і вібрації:

- установка обладнання на масивні фундаменти з віброгасильними пристроями;
- звукопоглинальні кожухи на приводах обладнання;

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

- винесення обладнання в окремі ізольовані приміщення;
- дистанційне управління обладнанням.

### **Спецодяг, спецвзуття, індивідуальні захисні засоби**

Передбачається забезпечення робітників наступним спецодягом, взуттям і захисними засобами:

- брезентовий костюм;
- гумові чоботи;
- прогумовані фартухи;
- брезентові рукавиці;
- каски;
- фільтруючі протигази;
- захисні пасти і мазі.

### **Санітарно-побутове і медичне обслуговування.**

#### **Питне водопостачання.**

Відділення випарки відповідно до БНтаП 2.09.04-87 відноситься до категорії 1б виробничих процесів, оскільки у виробництві використовуються речовини 3-го і 4-го класів небезпеки, які викликають забруднення тіла і спецодягу [16].

Санітарно-побутові приміщення передбачається розмістити безпосередньо в приміщеннях виробничого корпусу, відокремлених від виробничих приміщень капітальною стіною і тамбуром.

Передбачається наступний склад санітарно-побутових приміщень:

- роздільні вбиральні домашнього і робочого одягу;
- душові і переддушові;
- кімната особистої гігієни жінок;
- туалетні з умивальниками;

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						99
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

– кімната для відпочинку і їжі.

На території підприємства передбачається медпункт, у виробничих і санітарно-побутових приміщеннях аптечки першої допомоги і носилки.

Для забезпечення питною водою у виробничих приміщеннях розташовуються фонтанчики з питною водою.

## **Пожежна безпека**

### **Пожежна безпека технологічного процесу**

Потенційними джерелами пожеж і спалахів на даній ділянці виробництва можуть бути паливно-мастильні матеріали і електрообладнання, потенційними причинами спалаху: причини електричного характеру і удари блискавок.

Оскільки у відділенні випарки використовуються неспалімі речовини в холодному стані, то виробничі приміщення відносяться до категорії «Д» згідно БНтаП 2.09.02-85 [18].

Виробництво кальцинованої соди передбачається розмістити в залізобетонній будівлі павільйонного типу II-го ступені вогнестійкості [17]. З будівлі передбачені, на випадок виникнення пожеж, евакуаційні виходи. Найбільше віддалення від робочих місць до евакуаційних виходів не перевищує 35 м.

Висота дверей і проходів на шляхах евакуації складає 1 - 2 м, проїздів до 4 м, сходових маршів і майданчиків – 1,5 м.

Згідно ПУЕ виробничі приміщення за пожежонебезпечністю не класифікуються [20].

### **Засоби гасіння і виявлення пожеж**

Передбачаються наступні засоби пожежогасіння:

– зовнішній пожежний водопровід з підземними гідрантами;

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- внутрішній пожежний водопровід з пожежними кранами, оснащеними пожежними рукавами;
- щити з набором пожежного інструменту і засобів пожежогашіння;
- ящики з піском і азбестові ковдри;
- вогнегасники ВВ-5 і ВП-8Б.

На території підприємства по всіх будівлям і колодязям з гідрантами передбачені під'їзди з двох сторін. Поблизу електрообладнання встановлюються вуглекислотні вогнегасники.

Для сповіщення про пожежу передбачається використання диспетчерського радіозв'язку і загальнозаводського телефонного зв'язку, а також система пожежної сигналізації з ручним включенням.

### **Захист від блискавки**

Середньорічна тривалість гроз в Донецькій області складає 80-100 годин.

Згідно РД 34.21.122-87 для будівлі цеху виробництва кальцинованої соди передбачається III категорія за устроєм захисту від блискавки [19]. Очікувана кількість ударів блискавки в будівлю цеху N складе:

$$N = [(S + 6 \cdot h) \cdot (L + 6 \cdot h) - 7,7 \cdot h^2] \cdot n \cdot 10^{-6} \quad (9.4)$$

де L = 96 м – довжина будівлі цеху;

S = 48 м – ширина будівлі цеху;

h = 33,6 м – висота будівлі цеху;

n = 7 – середньорічне число ударів блискавки в 1 км<sup>2</sup> в районі міста Слов'янська.

$$N = [(96 + 6 \cdot 33,6) \cdot (48 + 6 \cdot 33,6) - 7,7 \cdot 33,6^2] \cdot 7 \cdot 10^{-6} = 0,46.$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101



Оскільки  $N < 1$ , то необхідний тип зони захисту – зона Б.

Для захисту від прямих ударів блискавки передбачається установлення на даху будівлі 8 стрижньових громовідводів.

### Електробезпека

Для живлення електрообладнання випарного відділення передбачається використання мережі трифазного змінного струму з ізольованою нейтраллю, робоча напруга 380/220 В.

За небезпекою поразки персоналу електричним струмом згідно ПУЕ приміщення відносяться до категорії особливо небезпечних, оскільки в технологічному процесі використовуються агресивні хімічно активні середовища [20].

У зв'язку з цим вся електропроводка передбачається закритого типу в металевих трубах і рукавах за допомогою броньованих кабелів або проводів зі стійкою ізоляцією з поліхлорвінілу або гуми.

Передбачені наступні основні заходи захисту персоналу від поразки електричним струмом:

- забезпечення недоступності токоведучих частин обладнання і комутаційних пристроїв;
- захисне заземлення обладнання;
- застосування захисного відключення;
- застосування для ремонтних робіт і аварійного освітлення напруги 12 В.

Передбачається застосування електрозахисних засобів:

- діелектричних килимків і рукавичок;
- інструменту з ізольованими ручками.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102

#### **9.1.4. Заходи запобігання шкідливих і небезпечних факторів при ремонті технологічного обладнання**

Ремонти і огляди обладнання передбачається проводити відповідно до графіка планово-запобіжних робіт.

Вказані роботи повинні проводитися бригадою в складі не менше 2-3 чоловік з кваліфікацією не нижче 4 - 6 розрядів. Робітники повинні бути забезпечені запобіжними засобами і пристроями, а також індивідуальними засобами захисту.

Проведення робіт по ремонту і чищенню обладнання допускається тільки після охолодження і промивки, а також провітрювання обладнання.

Для механізації ремонтних робіт передбачається використання кранів, блоків, талей, електрифікованого і пневмоінструменту, а також ремонтних пристосувань.

### **9.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях**

#### **9.2.1. Організаційна структура цивільної оборони виробництва кальцінованої соди**

Система цивільної оборони суб'єкта господарської діяльності будується на основі Закону України "Про цивільну оборону України", "Положення про цивільну оборону України" та інших нормативно-правових актів з метою захисту робітників, службовців і населення, яке мешкає у відомчому житловому фонді або попадає у зону ураження від об'єкта, від НС техногенного, природного та соціально-політичного характеру, яка включає органи управління, сили і засоби, що створюються для організації та забезпечення захисту робітників, службовців та населення, попередження і ліквідації наслідків НС, та організовується за територіально-виробничим принципом.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Керівництво цивільною обороною відповідно до принципу її побудови здійснює адміністрація підприємства, установи або організації. Начальником цивільної оборони є керівник адміністрації суб'єкта господарської діяльності.

**Завданнями Цивільної оборони України є:**

- запобігання виникненню надзвичайних ситуацій техногенного походження і здійснення заходів, спрямованих на зменшення збитків і втрат у разі аварій, катастроф, вибухів, великих пожеж та стихійного лиха;
- оповіщення населення про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій у мирний і воєнний час та постійне інформування про наявну обстановку;
- захист населення від наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха та від небезпеки у воєнний час;
- організація і проведення рятувальних та інших невідкладних робіт у районах лиха й осередках ураження;
- створення систем аналізу і прогнозування, управління, оповіщення і зв'язку, спостереження і контролю за радіоактивним, хімічним і бактеріологічним зараженням, підтримання їх у готовності до функціонування у надзвичайних ситуаціях мирного та воєнного часу;
- підготовка і перепідготовка керівного складу, органів управління та сил ЦО;
- навчання населення правил застосування засобів індивідуального захисту і поведіння в надзвичайних ситуаціях.

**9.2.2. Основні техногенні небезпеки на об'єкті**

Основними небезпеками виробництва кальцинованої соди є : пари кальцинованої соди, вапняного молока, содового розчину.

Кальцинована сода пожежо- та вибухобезпечний. Їдка, корозійно активна речовина. За ступенем впливу на організм відноситься до речовин 2-го класу небезпеки. Як тверда речовина, так і концентровані її розчини

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		104

викликають дуже сильні опіки. Попадання лугу в очі може призвести до їх важких захворювань і навіть до втрати зору. При попаданні на шкіру, слизові оболонки, очі утворюються сильні хімічні опіки. При потраплянні на шкіру - промити слабким розчином оцтової кислоти.

При роботі використовують захисні засоби: захисні окуляри, гумові рукавички, прорезинений хімічностійкий одяг.

Пари вапняного молока та содового розчину викликають руйнуючу дію на шкірні покриви та роз'їдають шкірні покриви.

### 9.2.3. Індивідуальні й колективні засоби захисту

#### Організаційні заходи по попередженню виробничого травматизму

Для роботи на ділянці допускаються чоловіки і жінки у віці не молодше 18 років, що пройшли попередній медичний огляд і визнані годними до виконання робіт по даній спеціальності, пройшли навчання і перевірку знань за правилами експлуатації обладнання, веденню технологічного процесу і охорони праці, інструктаж і допущені до самостійної роботи.

Роботодавець зобов'язаний організувати проведення попереднього та періодичного медичних оглядів працівників, які зайняті на важких роботах, роботах зі шкідливими або небезпечними умовами праці, а також щорічного огляду осіб віком до 21 року.

Перелік працівників, які підлягають медичному огляду, визначається відповідно до Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій, затвердженого наказом Міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007 року N 246, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 23 липня 2007 року за N 846/14113.

Обладнання, що експлуатується, повинно бути справним і не мати несправних або вимкнених пристроїв аварійного вимикання, блокувань, захистів та сигналізації.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Елементи обладнання, арматуру та прилади, що потребують періодичного огляду, розміщені у зручних місцях, які забезпечують вільний прохід для їх обслуговування.

Елементи обладнання, арматуру, пристрої для вимірювання, керування і регулювання, а також прилади, розміщені на висоті понад 1,3 м від рівня підлоги (робочого майданчика), обслуговуються із стаціонарних майданчиків із застосуванням огорожень та драбин.

Відстань від рівня майданчика до верхнього перекриття не менше ніж 2м.

Сходи та майданчики повинні відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.6-52:2008 "Конструкції будинків і споруд. Сходи маршеві, площадки та огорожі сталеві. Технічні умови".

### **Спецодяг, спецвзуття, індивідуальні захисні засоби**

Передбачається забезпечення основного персоналу наступним спецодягом, взуттям і захисними засобами:

- костюм бавовняний;
- черевики робітничі;
- рукавиці брезентові;
- окуляри захисні;
- респіратори проти пилу типу „Пелюстка“;
- навушниками марки ВЦНІОТ - 2М.

Після закінчення роботи засоби індивідуального захисту необхідно очистити, провітрити, висушити.

Спеціальний одяг повинен зберігатись окремо від особистого одягу працівників в індивідуальних шафах у спеціально виділеному приміщенні, яке потрібно провітрювати.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		106

## 10 ПРОМИСЛОВА ЕКОЛОГІЯ

В 1991 році на Україні введений в дію закон «Про охорону навколишнього природного середовища». В цьому законі Міністерством охорони навколишнього середовища складений, а управлінням економіки природокористування Мінприроди України узагальнений і затверджений Мінздравом України список гранично-допустимих концентрацій (ГДК) і орієнтовно безпечних рівнів впливу (ОБРВ) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць, які використовуються в роботі при нормуванні викидів, видачі лімітів на викиди і розрахунку платежів по лімітах.

Держава серйозно зайнялася питаннями охорони навколишнього середовища і це не дань моді, а назріла необхідність. Протягом багатьох років ми безтурботно відносилися до природи. Велика концентрація виробництва, швидко зростаюча кількість автотранспорту, Чорнобильська катастрофа поставили Україну в один ряд з іншими неблагополучними районами в Європі за шкідливою дією на людину результатів промислової діяльності.

### 10.1 Відходи, що утворюються, на виробництві каустичної соди

Виробництво кальцинованої соди на СІС “Сода” газоподібних і пилових відходів в атмосферу не має. Відповідно до СН 245-71 воно відноситься до III класу хімічних виробництв, ширина санітарно-захисної зони для яких складає 300 м.

У виробництві є тверді відходи, які є розмитим шламом після фільтрів каустифікації, який складається на 44 % з дрібнодисперсної хімічно осадженої крейди, що містить в собі до 1 %  $\text{CaO}_{\text{акт}}$  і до 1 % лугу в перерахунку на  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . В сьогоднішній день ці шлами відкачуються в шламонакопичувач “біле море”.

									Арк.
									107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2017.008.00.000 ПЗ				

Крім того при виробництві кальцинованої соди відбувається забруднення оборотної води, яка подається на барометричні конденсатори, бризками розчину їдкого натру, що поступають з соковою парою з третього і четвертого корпусів в барометричний конденсатор.

Концентрація лугу в оборотній воді не більше 1 мг-екв/л. Ця вода може частково використовуватися на хімводоочищенні ТЕЦ для підготовки живильної води для котлів.

Даним дипломним проектом передбачається утилізувати шлами каустифікації шляхом репульпації їх сирим розсолем і подальшою подачею на розсолоочищення. При цьому активне вапно, сода і їдкий натр, що знаходяться в шламi, використовуються для очищення розсолу, скорочуючи тим самим споживання розсолоочищенням содового розчину, який подається з цеху кальцинованої соди і вапняного молока, яке подається з цеху вапняно-випалювальних печей.

З відділення розсолоочищення шлам каустифікації разом зі шламом розсолоочищення ( $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ ) направляється на станцію фільтрації шламу розсолоочищення, а звідти у виробництво вибухопригнічуючих сполук для шахт, де використовується в якості основної сировина.

У світовій практиці шлам каустифікації іноді направляють на випал для одержання вапна. При такій схемі карбонатна сировина вводиться тільки для заповнення втрат у виробництві. Але в умовах СІС "Сода" ця пропозиція неприйнятна у зв'язку з тим, що частина газу вапняно-випалювальних печей використовується у виробництві очищеного бікарбонату натрію, а утворене вапно при цьому використовується у виробництві кальцинованої соди.

З метою економії вторинних енергоресурсів конденсати перших корпусів вакуум-випарки з загальною лужністю не більше 1 мг-екв/л направляються на ТЕЦ з метою утилізації їх тепла і скорочення витрат на підготовку хімічно очищеної води.

З метою збільшення можливості повернення конденсату на ТЕЦ в даному дипломному проекті передбачається підігрів розчинів каустифікації

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

не гострою парою через барботери, встановлені в каустифікаторах, а глухою парою, що подається в змійовики. Конденсат, що утворюється в змійовиках, виводиться на збірник чистого конденсату і відкачується на ТЕЦ.

Конденсат сокової пари вакуум-випарки використовується в цеху для промивок апаратури і приготування нормального содового розчину.

## 10.2 Вплив на здоров'я людини

Каустична сода як в твердому вигляді, так і у водних розчинах при потраплянні на шкіру викликає опіки тканини, які дуже повільно гояться. На місці опіків залишаються рубці. Розрізняють три ступені опіків. Опіки першого ступеня характеризуються появою почервоніння і припухлості шкіри (без глибоких її ушкоджень), що зникають через кілька діб. Опіки другого ступеня супроводжуються утворенням на поверхні пухирців, наповнених прозорою рідиною. Ушкоджений шар шкіри мертвіє і відшаровується. При опіках другого ступеня необхідно негайно звертатися до лікаря. Опіки третього ступеня характеризуються утворенням струпів. При опіках третього ступеня необхідна негайна лікарська допомога. Опіки третього ступеня, що уражають більше 1/3 шкірного покриву, особливо небезпечні і можуть бути смертельними. При постійній роботі з розчинами каустичної соди можливі хронічні ураження шкіри.

Каустична сода навіть у мінімальних кількостях викликає помутніння роговиці і зміну більш глибоких частин очного яблука. При опіку очей каустичною содою можлива часткова або повна втрата зору.

У виробництві каустичної соди, крім NaOH, шкідливими речовинами є також кальцинована сода, вапно, вапняне молоко і содовий розчин.

При вдиханні содового пилу подразнюється слизувата оболонка носа і дихальні шляхи. У літню пору, а в гарячих цехах і взимку, содовий пил викликає шкірні захворювання. При тривалій роботі з гарячими содовими розчинами можливі захворювання шкіри (екземи).

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Пил негашеного вапна подразнює слизуваті оболонки і викликає кашель. Опіки негашеним вапном підсилюються внаслідок виділення великої кількості тепла при її гасінні. Дуже небезпечні опіки очей вапном.

Працівники у виробництві каустичної соди повинні бути обов'язково в спецодязі і користуватися запобіжними пристосуваннями (респіраторами, окулярами, шоломами тощо.). Щоб уникнути влучення каустичної соди, вапна, вапняного молока і концентрованих розчинів лугу в очі робота з перерахованими речовинами повинна здійснюватися тільки в окулярах.

У відповідності з діючими санітарними нормами ширина озелененої і санітарно-захисної зони для виробництва каустичної соди повинна бути не менше 300 м.

Мінімальна температура повітря у всіх виробничих приміщеннях у холодну пору року повинна бути не нижче 16°C.

Вентиляція повинна забезпечувати трикратний обмін повітря. У відділеннях каустифікації і відстоювання шламу для видалення водяної пари, що виділяється із каустифікаторів і відстійників, передбачаються аспірація і місцеві витяжні пристрої.

Всі виробничі приміщення мають природне освітлення; ці приміщення відносяться до III-го розряду. У всіх виробничих приміщеннях необхідно передбачити також штучне освітлення; за штучним освітленням приміщення виробництва каустичної соди відносяться до VI-го розряду і мають мінімальну освітленість 20 лк.

Для безпечної експлуатації виробництва каустичної соди необхідне виконання наступних умов:

- установлення каустифікаторів з таким розрахунком, щоб був забезпечений вільний злив суспензії у відстійники;
- дотримання відстані між апаратами у відділенні каустифікації і відстоювання не менше 2 м;
- блокування кранів у періодично працюючих каустифікаторах, що виключає можливість завантаження їх вапняним молоком з одночасною

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- подачею пари;
- дотримання відстані між випарними апаратами не менше 2 м і відстані від апаратів до стіни – не менше 1 м;
  - улаштування випарних апаратів добре освітленими оглядовими вікнами, розташованими на висоті нормального максимального рівня рідини в апараті;
  - відведення сокової пари через запобіжний клапан за межі приміщення;
  - видалення лугу і промивання випарних апаратів перед ремонтом.

Особливої обережності треба дотримуватися також при проведенні ремонтних робіт. Перед ремонтом апаратуру необхідно охолодити, відключити заглушками від трубопроводів і ретельно промити конденсатом або водою. На всіх апаратах і установках, що мають рухомі і обертові частини, перед проведенням ремонтних робіт повинні бути відключені приводні механізми шляхом зняття ременів, запобіжників на лініях подачі струму до приводних моторів і т. п. Комунікації перед проведенням ремонтних робіт повинні бути звільнені від вмісту та промиті.

Комунікації треба розташовувати так, щоб забезпечувалися вільний і легкий доступ до них і зручне їх обслуговування.

Внутрішньоцехові і міжцехові трубопроводи мають наступне фарбування: содових розчинів, розчинів каустичної соди – оранжевий; вапняного молока – сірий; пари – червоний; води технічної, питної, хімічно очищеної – зелений; конденсату – зелений; стисненого повітря, вакууму – блакитний; стічних вод – чорний.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		111

## 11. Техніко – економічні розрахунки

### 11.1 Проектовані організаційно–технічні заходи

Для забезпечення заданої продуктивності був спроектований випарний апарат, яке має ряд переваг: довгий термін експлуатації, високу якість, економічність, простота монтажу, демонтажу, налагодження і роботи, високу продуктивність

### 11.2 Загальна характеристика проєктованих заходів

Початкові дані.

За базу порівняння прийняті дані виробництва на підприємстві СІС «Сода».

Таблиця 11.1 - Показники виробництва кальцинованої соди, що діє, на підприємстві СІС «Сода», м. Слов'янська.

Показник	Од. вим.	Значення
Виробнича потужність на виробництві, що діє	т	38500
Проектна виробнича потужність		40000
Вартість основних виробничих фондів	грн.	1894548
у тому числі:		
машини і устаткування		486950,5
будівлі, споруди передавальні пристрої		1205520,4
Спільна чисельність персоналу	осіб	250
у тому числі:		
керівники		27
фахівці		18
службовці		10
основні робітники	195	
Ціна 1 тонни продукції	грн.	9000

									Арк.
									112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2017.008.00.000 ПЗ				

Таблиця 11.2 - Графік планово-попереджувальних ремонтів на проєктованому виробництві.

Вид ремонту	Нормативний ресурс, годин	
	Між ремонтами	У ремонті
Капітальний	9120	120
Поточний	2160	36

Таблиця 11.3 - Витрати на виробництво 1 тони каустичної соди.

Найменування статті витрат	Од.вим	Витрати на одиницю продукції	Витрати на весь випуск
Сировина і матеріали:	грн.	396,12	15844800
Допоміжні матеріали	грн.	0,08	3200
Енерговитрати	грн.	76,0	3040000
Енерговідходи	грн.	0,74	29600
Зарплата основна	грн.	7,69	307600
Витрати на ремонт, утримання і експлуатацію устаткування	грн.	36,15	1446000
Загальновиробничі витрати	грн.	28,62	1144800
Загальногосподарські витрати	грн.	6,7	268000
Виробнича собівартість	грн.	552,1	22084000

### 11.3. Розрахунок річної виробничої потужності

Річну виробничу потужність визначаємо по формулі:

$$M_r = N \cdot g_{\text{ч}} \cdot T_{\text{эф}}, \quad (11.1)$$

де  $M_r$  – величина річної виробничої потужності;

$N$  – кількість паралельно працюючих однойменних одиниць устаткування;

$g_{\text{ч}}$  – годинна продуктивність устаткування;

$T_{\text{эф}}$  – ефективний фонд робочого часу, г.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		113

$$T_{\text{еф}} = T_{\text{к}} - T_{\text{рем}} - T_{\text{техн}} \quad (11.2)$$

де  $T_{\text{к}} = 8760$  ч – фонд календарного часу;

$T_{\text{рем}}$  – планова сумарна тривалість простоїв протягом року;

$T_{\text{техн}}=0$  – тривалість технологічних простоїв, що регламентується, за рік.

$$T_{\text{рем}} = \sum_{\Gamma}^m n_{\Gamma} \cdot t_{\text{рем}}, \quad (11.3)$$

де  $m$  – кількість видів ремонтів в міжремонтному циклі;

$n_{\Gamma}$  – кількість кожного виду ремонтів за рік;

$t_{\text{рем}}$  – планова тривалість простою в кожному виді ремонтів.

Кількість капітальних ремонтів:

$$n_{\text{к}} = \frac{8760}{9120} = 0,96 \text{ 1 капітальний ремонт на рік}$$

Кількість поточних ремонтів:

$$Z = \frac{T_{\text{Р.Ц}}}{T_{\text{М.Р.ц}}} - 1 = \frac{9120}{2160} - 1 = 3$$

$$n_{\text{T}} = \frac{T_{\text{кал}} \cdot Z}{T_{\text{Р.Ц.}}} = \frac{8760 \cdot 3}{91200} = 3 \text{ поточних ремонтів в рік}$$

$$T_{\text{рем}} = 6 \cdot 36 + 6 \cdot 120 = 936 \text{ годин}$$

$$T_{\text{еф}} = 8760 - 468 = 8292 \text{ годин}$$

$$M_{\Gamma} = 1 \cdot 4,8 \cdot 8292 = 40000 \text{ т/рік}$$

Річний обсяг проектованого виробництва приймаємо на рівні розрахункової річної виробничої потужності:

$$Q_1 = M_{\Gamma}, \quad (11.4)$$

$$Q_1 = 40000 \text{ т/рік}$$

Індекс обсягу випуску продукції

$$I_Q = I_{\text{T}_{\text{вб}}} \cdot I_{\text{q}} = \frac{Q_1}{Q_0} \quad (11.5)$$

$$I_Q = \frac{40000}{38500} = 1.04$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		114

тоді

$$\Delta Q = Q_1 - Q_0 \quad (11.6)$$

або

$$\Delta Q = (I_Q - 1) \cdot 100 \% \quad (11.7)$$

$$\Delta Q = (1,04 - 1) \cdot 100 \% = 4 \%$$

Розрахунок одноразових витрат на впровадження проєктованих заходів.

Розрахунок кошторисної вартості впроваджуваного устаткування водимо в таблиці 11.4–11.5.

Таблиця 11.4 – Прейскурантна вартість впроваджуваного устаткування.

Найменування устаткування	Кількість одиниць	Прейскурантна вартість одиниці, грн./шт.	Всього прејскурантна вартість
Випарний апарат	1	260000	260000
Разом			260000

Таблиця 11.5 – Кошторисна вартість впроваджуваного устаткування.

Найменування устаткування	Прейскурантна вартість одиниці, грн./шт.	Додаткові витрати		Всього кошторисна вартість
		Транспортні витрати	Монтаж і установка	
Випарний апарат	260000	4800	5200	270000
Разом				

Вартість устаткування, що виводиться, складає 264550 грн.

$$\Delta S_{06} = (270000 - 264550) = 5450 \text{ грн.}$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		115

#### 11.4. Аналіз зміни собівартості продукції

Обґрунтування і розрахунок індексів зміни витрат.

З урахуванням проведення упроваджуваних заходів проводимо розрахунок індексів зміни витрат.

Витрата всіх видів матеріально – сировинних і енергетичних ресурсів в порівнянні з виробництвом, що діє, не змінився, отже, їх індекси зміни дорівнюють одиниці.

Одиниці також дорівнюють індекси зміни річних витрат по оплаті праці основних робітників, індекс зміни цехових витрат.

Індекс зміни річних витрат на ремонт, зміст і експлуатацію устаткування, в т.ч. амортизація на повне відновлення, приймаємо рівним індексу зміни вартості устаткування при впровадженні заходів:

$$I_{рем} = I_{об} = \frac{S_{об(0)} \pm \Delta S}{S_{об(0)}}, \quad (11.8)$$

де  $I_{рем}$  – індекс зміни річних витрат на ремонт, зміст і експлуатацію устаткування, в т.ч. амортизація на повне відновлення;

$S_{об(0)}$  - первинна вартість устаткування на виробництві, що діє:

$S_{об(0)} = 278550$  грн.;

$\Delta S_{об}$  - величина зміни вартості устаткування в проектованому виробництві

$$I_{рем} = I_{об} = \frac{278550 + 5450}{278550} = 1,02$$

Аналіз зміни собівартості продукції.

Розрахунок вироблюваний по калькуляційних статтях з урахуванням зміни їх окремих елементів.

По статтях калькуляції “Сировина і основні матеріали”, “Допоміжні матеріали” і “Енерговитрати” зміна повної собівартості дорівнює нулю.

Зміна собівартості по статті «Оплата праці основних робітників».

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						116
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta C_{онл} = 100 \cdot \left( \frac{I_{ом}}{I_Q} - 1 \right) \cdot d, \quad (11.9)$$

$$\Delta C_{онл} = 100 \cdot \left( \frac{1}{1,04} - 1 \right) \cdot 0,014 = -0,054 \%$$

Зміна собівартості по статті «Витрати на ремонт, зміст і експлуатацію устаткування» розраховуємо по формулі:

$$\Delta C_{рем} = 100 \cdot \left( \frac{I_{об}}{I_Q} - 1 \right) \cdot d, \quad (11.10)$$

$$\Delta C_{рем} = 100 \cdot \left( \frac{1,02}{1,04} - 1 \right) \cdot 0,065 = -0,125\%$$

Зміна повної собівартості по статті «Загальновиробничі витрати»

$$\Delta C_{ц} = 100 \cdot \left( \frac{I_{ц}}{I_Q} - 1 \right) \cdot d, \quad (11.11)$$

$$\Delta C_{ц} = 100 \cdot \left( \frac{1}{1,04} - 1 \right) \cdot 0,052 = -0,2\%$$

Зміна повної собівартості по статті «Загальногосподарські витрати»

$$\Delta C_x = 100 \cdot \left( \frac{I_x}{I_Q} - 1 \right) \cdot d, \quad (11.12)$$

$$\Delta C_x = 100 \cdot \left( \frac{1}{1,04} - 1 \right) \cdot 0,012 = -0,046\%$$

Підводимо підсумок сумарної зміни собівартості продукції. Результати зводимо в таблицю 11.6

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						117
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 11.6 – Зниження собівартості продукції.

Статті витрат	Витрати на виробництві, що діє		Зміна витрат		Витрати на проєктованому виробництві, грн/т
	грн/т	пит. вага	%	грн/т	
Сировина і матеріали, напівфабрикати і поворотні відходи	396,12	0,71	0	0	396,12
Допоміжні матеріали	0,08	0,00014	0	0	0,08
Енерговитрати і енерговідходи	76,74	0,164	0	0	76,74
Зарплата основна (з відрахуваннями)	7,69	0,014	-0,054	-0,069	7,62
Витрати на ремонт, зміст і експлуатацію устаткування	36,15	0,065	-0,125	-0,198	35,95
Загальновиробничі витрати	28,62	0,052	-0,2	-0,51	28,11
Загальногосподарські витрати	6,7	0,012	-0,046	-0,087	6,61
<b>Виробнича собівартість</b>	<b>552,1</b>	<b>1</b>	<b>-0,083</b>	<b>-1,68</b>	<b>550,4</b>

### 11.5. Розрахунок техніко-економічних показників

Обсяг випуску продукції:  
на базовому виробництві

$$Q_0 = 38500 \text{ т.}$$

або

$$Q_0 = 38500 \cdot 9000 = 346500000 \text{ грн.}$$

									Арк.
									118
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2017.008.00.000 ПЗ				

на проектованому виробництві

$$Q_1 = 40000 \text{ т}$$

або

$$Q_1 = 40000 \cdot 9000 = 360000000 \text{ грн.}$$

де 9000 грн. – ціна за 1 т продукції.

На виробництві працюють всього 250 осіб, у тому числі основних робітників 195 осіб.

Продуктивність праці основних робітників визначаємо по формулі:

$$P_T = \frac{Q}{N_{осн}}, \quad (11.13)$$

на базовому виробництві:

$$P_{TO} = \frac{346500000}{195} = 13860000 \text{ грн. / осіб}$$

на проектованому підприємстві:

$$P_{T1} = \frac{360000000}{195} = 14400000 \text{ грн. / осіб}$$

Фондовіддачу визначаємо по формулі:

$$f = \frac{Q}{\Phi_{осн}}, \quad (11.14)$$

де  $\Phi_{осн}$  – вартість основних виробничих фондів

$$\Phi_{осн(0)} = 18945488 \text{ грн.}$$

$$\Phi_{осн(1)} = 19703299 \text{ грн.}$$

на базовому виробництві:

$$f = \frac{346500000}{18945488} = 18,28 \text{ грн / грн}$$

на проектованому підприємстві:

$$f = \frac{360000000}{19703299} = 18,77 \text{ грн / грн}$$

Собівартість одиниці продукції:

на базовому виробництві:

$$C_0 = 552,1 \text{ грн/т}$$

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		119

на проектованому підприємстві:

$$C_1 = 514,1 \text{ грн/т}$$

Прибуток на одиницю продукції:

на базовому виробництві:

$$P_0 = 9000 - 552,1 = 8447 \text{ грн/т}$$

на проектованому підприємстві:

$$P_1 = 9000 - 514,1 = 8485 \text{ грн/т}$$

Рентабельність витрат на виробництві:

$$P = \frac{P}{C} \cdot 100\%, \quad (11.15)$$

де  $P$  – умовний прибуток на одиницю продукції, грн/т;

$C$  – собівартість, грн/т.

на базовому виробництві:

$$P_0 = \frac{8447}{552,1} \cdot 100\% = 25,18\%$$

на проектованому підприємстві:

$$P_1 = \frac{8485}{514,1} \cdot 100\% = 25,72\%$$

Річний прибуток:

$$\Pi_r = Q \cdot P \quad (11.16)$$

на базовому виробництві:

$$\Pi_{r0} = 38500 \cdot 8447 = 325209500 \text{ грн.}$$

на проектованому підприємстві:

$$\Pi_{r1} = 40000 \cdot 8485 = 339400000 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект від зниження собівартості:

$$E_r = \Delta C \cdot Q_1 \quad (11.17)$$

де  $\Delta C$  – зміна собівартості, грн/т

$$\Delta C = C_0 - C_1, \quad (11.18)$$

$$\Delta C = 552,1 - 514,1 = 38 \text{ грн/т}$$

$$E_r = 38 \cdot 40000 = 1520000 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект від збільшення прибутку:

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						120
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



8. Вартість основних виробничих фондів	млн.грн.	6,5	7,0	0,5	7
9. Фондовіддача	грн/грн	18,94	19,70	0,76	3,8
10. Рентабельність основних виробничих фондів	%	215	221	6	-
11. Чисельність персоналу, у т.ч. основних робітників	осіб	250	250	0	0
	осіб	195	195	0	0
12. Фонд оплати праці	млн.грн.	4,2	4,2	-	-
13. Продуктивність праці основних робітників	т/особа	197,4	205,1	7,7	3,7
14. Економічний ефект, у т.ч. від зниження собівартості продукції	грн.		1419050		
			1520000		
15. Строк окупності капітальних витрат	років		1,8		

Розрахунки показують, що введені заходи є економічно ефективними.  
Річний економічний ефект складає 1419050 грн.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		122

## ВИСНОВОК

Запропоновані проектом рішення дозволяють забезпечити потужність виробництва кальцинованої соди 40000 в рік.

В пояснювальній записці були розглянуті і проаналізовані всі існуючі способи одержання кальцинованої соди. Був обраний вапняний спосіб одержання, оскільки він є найбільш ефективним і економічно доцільним. В дипломному проекті наведені характеристики сировини і готової продукції (фізико-хімічні властивості та ГОСТи), фізико-хімічні основи одержання кальцинованої соди за вапняним способом, описана технологічна схема виробництва, виконані матеріальні і теплові розрахунки процесу випарювання розчину кальцинованої соди в чотирикорпусній випарній установці, конструктивний і міцнісний розрахунок випарного апарату, енергетичні і гідравлічні розрахунки, вибране основне і допоміжне технологічне обладнання.

Також у проекті розглянуті питання охорони праці та техногенної безпеки, відходи виробництва та способи їх утилізації.

Організація охорони праці та техніки безпеки на проєктованому виробництві дозволяє забезпечує безпеку, збереження здоров'я та працездатність робітників в процесі праці.

Забезпечення потужності виробництва відбувається зі значним зниженням споживання енергоресурсів, проєкт містить цікаві пропозиції з організації на базі відходів виробництва випуску продукції з великим соціальним значенням – вибухопригнічуючих речовин для шахт.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						123
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Зеликин М.Б. Производство каустической соды химическими способами. – М.: Госхимиздат, 1961. – 232 с.
2. Технологический регламент производства едкого натра известковым способом цеха известкового каустика . Сл-12-90. 1990. – 59 с.
3. Лацинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчеты химической аппаратуры. – М.-Л.: Государственное, научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1963. – 268 с.
4. Кичигин М.А., Костенко Н.С. Теплообменные аппараты и выпарные установки. – М. - Л.: Госэнергоиздат, 1955. – 283 с.
5. Кузнецов Г.Ф. Тепловая изоляция. Справочник по специальным работам. – М.: Стройиздат, 1973. – 312 с.
6. Чернавский С.А. Курсовое проектирование деталей машин. – М.: Машиностроение, 1987. – 341 с.
7. Система технического обслуживания и ремонта оборудования предприятий химической промышленности. Справочник. - М.: Химия, 1986. – 280 с.
8. Каталог. Промышленная трубопроводная арматура. Часть V. – М.: Химия, 1986. – 280 с.
9. Справочник по специальным работам. Монтаж технологического оборудования /Под ред. М.П. Дематы - М.: Издательство литературы по строительству, 1970. – 347 с.
10. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов работающих под давлением. – М.: Металлургия, 1970. – 293 с.
11. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. – М.: Химия, 1983. – 342 с.
12. Голубятников В.А., Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. – М.: Химия, 1985. – 383 с.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						124
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств. – М.: Машиностроение, 1983. – 383 с.
14. ГОСТ 12.4.026-74 ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности. – М.: Издательство стандартов, 1979. – 25 с.
15. СНиП II-4-79. Естественное и искусственное освещение. – М.: Стройиздат, 1980. – 48 с.
16. СНиП 2.09.04-87. Административные и бытовые здания. – М.: Стройиздат, 1988. – 48 с.
17. СНиП 2.09.04-87. Административные и бытовые здания. – М.: Стройиздат, 1988. – 16 с.
18. СНиП 2.09.09-85. Производственные здания. – М.: Стройиздат, 1986. – 12 с.
19. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 56 с.
20. ПУЭ-85. Правила устройства электроустановок. 6-е издание. – М.: Энергоиздат, 1986. – 639 с.
21. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1972. – 97 с.
22. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Изд-во стандартов, 1988.
23. СНиП 2.04.05-86. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: Стройиздат, 1987. – 96 с.
24. Баратов А.Н. и др. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочное издание в 2-х книгах. – М.: Химия, 1990. – 384 с.
25. Каминский С.А. и др. Средства индивидуальной защиты. Справочное издание. - Л.: Химия, 1983. – 409 с.

					2017.008.00.000 ПЗ	Арк.
						125
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		