

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**імені Володимира Даля**

Факультет

**Інженерії**

(повне найменування факультету)

Кафедра

**Хімічної інженерії та екології**

(повна назва кафедри)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до дипломного проекту

освітнього ступеня

**бакалавр**

(бакалавр, магістр)

спеціальності

**161 Хімічні технології та інженерія**

(шифр і назва спеціальності)

на тему **Виробництво натрій гідроксиду потужністю 60 тис. т/рік з розробкою стадії випарювання**

Виконав: здобувач вищої освіти групи

ХТ-17з

Репаленко Ю. І.

(прізвище, та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник **Суворін О.В.**

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Завідувач кафедру Суворін О. В.

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент **Римар Т. Е.**

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Севєродонецьк – 2021 р.

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**імені Володимира Даля**

Факультет \_\_\_\_\_ Інженерії \_\_\_\_\_

Кафедра \_\_\_\_\_ Хімічної інженерії та екології \_\_\_\_\_

Освітній ступінь \_\_\_\_\_ бакалавр \_\_\_\_\_  
(бакалавр, магістр)

Спеціальність \_\_\_\_\_ 161 Хімічні технології та інженерія \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Зав. кафедрою ХІЕ

\_\_\_\_\_ О. В. Суворін

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**

**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

**Репаленко Юлії Іванівні**

1. Тема проекту:

**Виробництво натрій гідроксиду потужністю 60 тис. т/рік з  
розробкою стадії випарювання**

Керівник проекту \_\_\_\_\_ Суворін Олександр Вікторович, д.т.н., доктор \_\_\_\_\_  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

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

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

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

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

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

1. Технологічна схема виробництва (1 аркуш).
2. Креслення випарного апарату (1 аркуш).
3. Схема КВПіА стадії випарювання (1 аркуш).

## 6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-9	Суворін О.В., професор кафедри ХІЕ		
з нормоконтролю	Суворін О.В., професор кафедри ХІЕ		

7. Дата видачі завдання – 18 березня 2021 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

12	Креслення технологічної схеми	29.05.2021	
13	Креслення випарного апарату	29.05.2021	
14	Таблиця матеріального балансу	29.05.2021	

Здобувач вищої освіти

Ю. І. Репаленко

Керівник проекту

О. В. Суворін

### **ВСТУП**

Натрій гідроксид (каустична сода, їдкий натрій) – неймовірно популярна й широко використовувана хімічна сполука. Області його застосування важко перерахувати – настільки їх багато. Щорічно виробляється понад шістдесяті мільйонів тонн натрій гідроксиду.

Самим крупним його споживачем є хімічна промисловість, де натрій гідроксид застосовується в виробництві барвників, пластичних мас, органічних напівпродуктів, фармацевтичних препаратів, для очищення газів, для виробництва синтетичних та штучних волокон і т.д.

В нафтовій і нафтохімічній промисловості натрій гідроксид знайшов своє застосування при обробці рідких палив і продуктів нафтохімічного синтезу: у виробництві синтетичного каучуку і спирту [1].

Велика кількість натрій гідроксиду використовується в текстильній промисловості для підготовки тканин до відбілювання і для їх обробки.

Дуже багато натрій гідроксиду споживає целюлозно-паперова промисловість – відбілювання целюлозних волокон, виробництво паперу та картону, деревно-волокнистих плит.

Натрій гідроксид застосовується для омилення жирів у виробництві господарського і туалетного мила, миючих засобів.

В харчовій промисловості натрій гідроксид відомий як харчова добавка, що використовується: 1) в якості регулятора кислотності; 2) речовини, що запобігає злежуваності та утворенню грудочок продукту; 3) як компонент, необхідний для надання зовнішнього вигляду хлібобулочним виробам (темно-коричневої хрусткої скоринки); 4) для створення та збереження форми в готовому харчовому продукті певної консистенції при виробництві джемів, желе, мармеладу.

Натрій гідроксид також використовується у цивільній обороні для дегазації та нейтралізації отруйних речовин, у побуті для розчинення засмічень каналізаційних труб.

У найближчій перспективі споживання натрій гідроксиду буде збільшуватися. Головною рушійною силою збільшення попиту на продукцію виступить динамічний розвиток галузей – споживачів натрій гідроксиду. Широкий спектр промислового застосування, відсутність у найближчій перспективі серйозної альтернативи по його заміні, наявність досить розвиненого технічного потенціалу (незважаючи на фізичну і моральну його зношеність), кваліфікованих кадрів створюють передумови для збільшення об'ємів випуску продукту [2].

## **1 СТИСЛИЙ АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД З ОБҐРУНТУВАННЯМ МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА**

## 1.1 Вибір та обґрунтування методу виробництва

В хімічній промисловості натрій гідроксид отримують хімічним і електрохімічним способами.

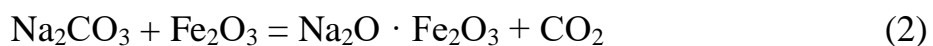
До хімічних способів одержання натрій гідроксиду відносяться вапняний і феритний. Ці способи відрізняються один від одного лише методом одержання слабких лугів натрій гідроксиду. Подальша ж переробка слабких лугів в більш концентровані або в твердий продукт для всіх способів (включаючи електрохімічний) однакова.

Вапняний спосіб одержання натрій гідроксиду полягає у взаємодії розчину кальцинованої соди з вапняним молоком при температурі 90-100°C. Цей процес називається каустифікацією



В результаті реакції утворюється розчин натрій гідроксиду та осад кальцій карбонату. Кальцій карбонат відділяється від розчину, що випарюється до одержання розплавленого продукту, який містить 92%мас. NaOH [3].

Феритний спосіб одержання натрій гідроксиду складається з двох етапів. Перший етап представляє собою процес спікання кальцинованої соди з ферум (III) оксидом при температурі 1100-1200°C. При цьому утворюється натрій ферит і виділяється карбон (IV) оксид



На другому етапі натрій ферит натрію (вилуговують) водою, в результаті чого одержують розчин натрій гідроксид та осад ферум (III) оксид, який після відділення його від розчину, знову повертається у

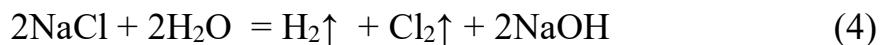
технологічний процес.





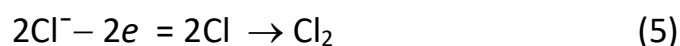
Отриманий розчин натрій гідроксиду містить 400 г/л NaOH. Його випарюють до одержання продукту, що містить 92%мас. NaOH, а потім отримують твердий продукт у вигляді гранул або пластівців [1].

Електрохімічний спосіб одержання натрій гідроксиду здійснюється шляхом електролізу розчину галіту (натрій хлориду NaCl) з одночасним одержанням водню і хлору



На сьогоднішній день натрій гідроксид 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 натрій хлориду. У результаті електрохімічного процесу на аноді виділяється хлор.



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



На наступній стадії електролітичний луг випарюють і доводять вміст у ньому натрій гідроксиду до 42-50%мас. Натрій хлорид і натрій сульфат при підвищенні концентрації натрій гідроксиду випадають в осад. Розчин лугу

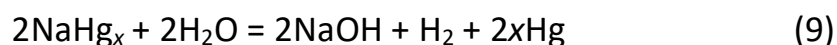
декантують від осаду і передають як готовий продукт на склад або на стадію випарювання для одержання твердого продукту, з наступним плавленням або грануляцією.

Мембранний метод аналогічний діафрагмовому, але анодний і катодний простір електролізера розділені полімерною мембраною, що попереджає потрапляння натрій хлориду 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 розсолом. 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 хлору. На ртутному катоді розряджаються тільки іони натрію. Металевий натрій, що виділяється, розчиняється в ртуті, утворюючи амальгаму:



Амальгаму натрію потім розкладають водою; при цьому виділяється натрій гідроксид, водень і ртуть:



Вивільнену після розкладання амальгами ртуть знову подають в електролізер [4].

Таблиця 1.1 – Переваги і недоліки способів одержання натрій гідроксиду

Хімічні способи		Електрохімічні способи		
вапняний	феритний	діафрагмовий	мембранний	ртутний
<p>1. Можливість застосування розчинів <math>\text{Na}_2\text{CO}_3</math> замість твердої соди, що дозволяє легко автоматизувати процес</p>	<p>1. Одержання концентрованих розчинів лугу (400 г/л <math>\text{NaOH}</math>).</p> <p>2. Відсутність від-</p>	<p>1. Можливість використання дешевих підземних розсолів</p> <p>2. Відносно не-</p>	<p>1. Одержання чистого лугу.</p> <p>2. Відсутність забруднення навколишнього середовища.</p>	<p>1. Одержання концентрованих розчинів лугу (600-700 г/л <math>\text{NaOH}</math>) без домішок <math>\text{NaCl}</math>.</p>
<p>1. Велика витрата вапняного молока.</p> <p>2. Наявність великих кількостей шламу.</p> <p>3. Збільшена витрати пари на випарювання слабких лугів.</p>	<p>1. Витрата палива на випал суміші.</p> <p>2. Громіздкий внутрішньоцеховий транспорт.</p>	<p>1. Одержуваний луг містить 120-140 г/л <math>\text{NaOH}</math> і забруднений домішками <math>\text{NaCl}</math>.</p>	<p>1. Складність організації процесу електролізу</p> <p>2. Використання дорогих іонообмінних мембран, що мають низьку механічну міцність, термічну стійкість, а також чутливі до домішок розчині <math>\text{NaCl}</math>.</p>	<p>1. Використання ртуті, що є дуже отруйною речовиною.</p> <p>2. Забруднення навколишнього середовища внаслідок випаровування і витоків металеві ртуті.</p> <p>3. Великі витрати електроенергії.</p>

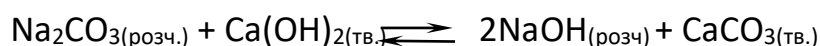
Розглянувши детально всі існуючі способи виробництва натрій гідроксиду, їх переваги і недоліки (табл. 1.1), в дипломному проекті був обраний вапняний спосіб виробництва.

Спосіб	Переваги	Недоліки
--------	----------	----------

## 1.2 Фізико-хімічні основи процесу одержання натрій гідроксиду вапняним способом

Вапняний спосіб одержання натрій гідроксиду заснований на оборотній реакції (1.1).

За певних умов (концентрація та температура) настає стан рівноваги й реакція перетворення  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в  $\text{NaOH}$  не доходить до кінця. Напрямок реакції залежить в основному від розчинності  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  і  $\text{CaCO}_3$  в лужному розчині, оскільки сода та натрій гідроксид добре розчиняються в воді. В міру протікання процесу каустифікації вміст  $\text{NaOH}$  в розчині збільшується. Внаслідок підвищення концентрації гідроксильних іонів в розчині розчинність  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  знижується, наближаючись до розчинності  $\text{CaCO}_3$  в момент встановлення рівноваги. Це можна зобразити наступним рівнянням:



В стані рівноваги (при даній температурі) добуток розчинності  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  досягає певної постійної величини, яка виражається рівнянням:

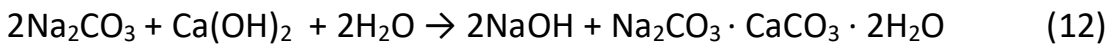
$$[\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 = \text{ПР} \quad (10)$$

Наприкінці процесу каустифікації встановлюється рівновага між  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і  $\text{NaOH}$ . Константа цієї рівноваги може бути визначена з наступного рівняння:

$$K = \frac{[\text{Na}^+]^2 \cdot [\text{OH}^-]^2}{[\text{Na}^+]^2 \cdot [\text{CO}_3^{2-}]} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{[\text{CO}_3^{2-}]} \quad (11)$$

При оптимальних умовах проведення процесу отримується найбільша концентрація іонів  $\text{OH}^-$  і найменша концентрація іонів  $\text{CO}_3^{2-}$ , при цьому значення  $K$  буде максимальним. Чим менше концентрація  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  у вихідному розчині, тим більший ступінь каустифікації. В заводській практиці ступінь перетворення  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в  $\text{NaOH}$  (ступінь каустифікації) не перевищує 90%.

При збільшенні концентрації  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  у вихідному розчині вище певної межі зменшується загальна лужність кінцевого розчину. Частина соди міцно зв'язується з вуглекислим кальцієм, що випадає в осад, утворюючи подвійну сіль (персоніт):



Внаслідок утворення персоніту збільшується витрата  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . При застосуванні содових розчинів, в яких концентрація  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  не перевищує 14%(мас.), персоніт не утворюється.

На рис. 1.1 показана крива, що характеризує залежність ступеня каустифікації від вмісту  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  у вихідному розчині.

Процес каустифікації при температурі близько  $100^\circ\text{C}$  протікає з достатньою швидкістю. Прискорення процесу досягається також при інтенсивному перемішуванні суспензії, оскільки при цьому зростає швидкість розчинення  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .



Рисунок 1.1 – Залежність ступеня каустифікації від вмісту  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  у вихідному розчині

Слід зазначити, що надлишок вапна, тривалість перемішування і температура не позначаються на ступені каустифікації. Однак ці фактори істотно впливають на якість одержуваного в процесі каустифікації осаду  $\text{CaCO}_3$ .

Осад  $\text{CaCO}_3$ , який називається шламом каустифікації, повинен мати певні властивості: він не повинен містити подвійних солей (персоніту), повинен швидко відстоюватися і добре відмиватися від розчину лугу.

Відстоювання шламів каустифікації та їх промивання є найбільш громіздкими операціями в виробництві натрій гідроксиду за вапняним способом. Швидкість осадження шламів каустифікації залежить від хімічного складу і фізичної структури карбонатної сировини, яка застосовується для одержання вапна, температури і тривалості випалу вапна (рис. 1.2), умов його гасіння, режиму каустифікації і інших факторів.

Швидкість відстоювання твердих часток залежить від їх розміру, вмісту твердої фази в суспензії, що відстоюється, і в'язкості розчину. Чим крупніші частки, тим вони скоріше осаджуються. Процес відстоювання спочатку протікає швидко, потім (в міру накопичення твердих речовин в шламі) швидкість осідання часток сповільнюється; опір руху частки вниз чинить не тільки в'язкість рідини, але також і тверді частки шламу, що ущільнюються.

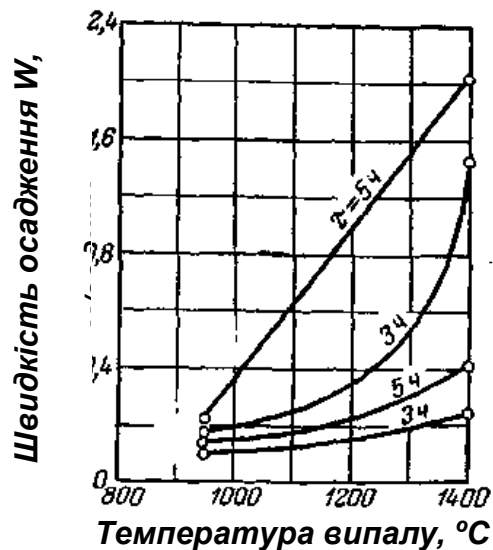


Рисунок 1.2 – Залежність швидкості відстоювання твердих часток в слабкому розчині луку від температури і часу випалу карбонатної сировини

Швидкість осадження зростає з підвищенням температури, оскільки при цьому зменшується в'язкість середовища і його опір.

Гранулометричний склад шламів, швидкість їх відстоювання і щільність одержуваного осаду залежать від складу сировини, застосовуваної для одержання вапна; температури випалу; способу каустифікації (вапном або вапняним молоком); дозування реагуючих речовин (нестача або надлишок вапна) і т.п.

Надлишок вапна сповільнює відстоювання шламу. І навпаки, при нестачі вапна швидкість відстоювання шламу збільшується.

Фракційний склад шламів залежить також від того, чи застосовується для каустифікації вапно або вапняне молоко. Вміст дрібних часток в шламі зростає при застосуванні вапняного молока.

Підвищення температури і збільшення тривалості випалу вапна приводить до збільшення швидкості відстоювання і деякого зниження об'єму шламу.

На швидкість відстоювання шламу каустифікації впливає також метод гасіння вапна. При каустифікації вапняним молоком утворюються шлами, які осідають зі швидкістю 0,16-0,28 м/годину. При каустифікації гашеним вапном з наступним приготуванням з нього вапняного молока, швидкість відстоювання шламу зростає до 1,06-1,48 м/годину. Для гасіння вапна рекомендується застосовувати розчин соди, що містить восьмикратний надлишок води відносно маси  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

У відділення випарювання з відділення каустифікації надходять слабкі луги, що містять близько 130 г/л  $\text{NaOH}$ , 30 г/л  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і 11,3 г/л  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . При концентруванні слабких лугів у тверду фазу виділяється  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

На рис. 1.3 показана розчинність соди та сульфату натрію в розчинах натрій гідроксиду різної концентрації. З рисунка видно, що розчинність  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  у розчинах натрій гідроксиду досить близькі. На рис. 1.4 показана спільна розчинність  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  в 48%-вому водному розчині натрій гідроксиду при 65°C. Дійсний вміст  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  у розчині значно вище рівноважного.

Таким чином, з наведених даних виходить (рис. 1.3), що при більших концентраціях  $\text{NaOH}$  у розчині спостерігається високе пересичення по  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , яке дуже повільно знижується в результаті старіння розчину. Однак навіть через 48 годин старіння розчин не доходить до рівноважного стану.

У процесі випарювання важливо не тільки максимально виділити домішки у тверду фазу, але і одержати великі кристали  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , що швидко осаджуються. Повнота виділення солей забезпечується високою концентрацією  $\text{NaOH}$  і тривалістю витримування розчину  $\text{NaOH}$ , що забезпечує



зняття пересичення по  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Величина осаджуваних кристалів у значній мірі визначається вмістом у розчині  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . З концентрованих розчинів натрій гідроксиду при наявності в ньому  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  виділяються кристали подвійної солі Буркейта  $2\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3$ , на яких потім кристалізується сода, що залишилася в розчині.

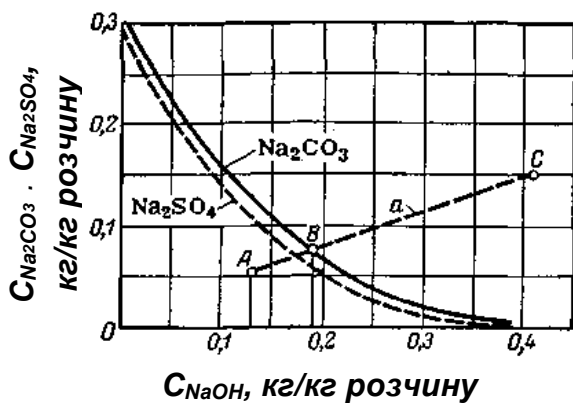


Рисунок 1.3 – Залежність розчинності  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  у водних розчинах  $\text{NaOH}$  від концентрації  $\text{NaOH}$  при  $70^\circ\text{C}$

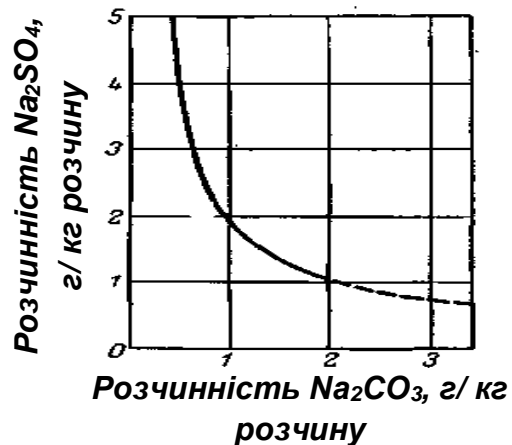


Рисунок 1.4 – Спільна розчинність  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  у розчині  $\text{NaOH}$  при  $65^\circ\text{C}$

Для одержання великих кристалів необхідно, щоб мольне співвідношення  $\text{Na}_2\text{SO}_4 : \text{Na}_2\text{CO}_3$  було більше або дорівнювало 0,5.

Оскільки частина сульфату натрію залишається в готовому продукті і не повертається назад у цикл, необхідно поповнювати його втрати. При випалі карбонатної сировини з використанням коксу, що містить сірку, дефіцит  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  покривається цією сіркою. Якщо в процесі випалу сульфат натрію не утворюється, необхідно додавати його в освітлений слабкий луг перед подачею розчину на випарювання.

Якщо в розчині міститься повітря, воно помітно погіршує процес осадження твердої фази, утворюючи з розчином стійку піну, яка захоплює значну кількість солі, що кристалізується, у вигляді дрібних кристалів, оточених

бульбашками повітря. Тому для швидкого осадження солей і, отже, для одержання чистого продукту важливо максимально виключити контакт розчину, що випарюється, з повітрям. Виділені з концентрованого луґу солі розчиняються в конденсаті або в «слабкій» рідині і у вигляді «міцних» промивань повертаються на приготування «нормального» содового розчину [3].

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ, НАПІВФАБРИКАТІВ, ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

У виробництві натрій гідроксиду за вапняним способом у якості сировини використовується содовий розчин і вапняне молоко.

Содовий розчин готують розчиненням кальцинованої соди в гарячій воді при перемішуванні. Загальна лужність содового розчину повинна складати 75-84 н.д. Кальцинована сода – це безводний натрій карбонат  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (молекулярна маса – 106 г/моль). Кальцинована сода повинна бути білою, порошкоподібною і розчинною у воді. При розчиненні допускається легка каламуть. Розчинність кальцинованої соди у воді залежить від температури: з підвищенням температури до  $35,57^\circ\text{C}$  розчинність збільшується, а при більш високій температурі розчинність зменшується. Кальцинована сода гігроскопічна. Вона поглинає вологу і  $\text{CO}_2$  із повітря та перетворюється на натрій гідрогенкарбонат. Насипна маса кальцинованої соди дорівнює 0,5-0,6 г/см<sup>3</sup>, середня теплоємність  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  при температурі 0-100°C складає 1,061 кДж/(кг·°C), теплота утворення із елементів при 18°C дорівнює 1135 кДж/гмоль [2].

Кальцинована сода, що використовується для приготування содового розчину, повинна відповідати вимогам ГОСТ 5100-85 (марка Б) і мати наступний склад [5]:

– натрій карбонат ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 99,0 – 99,4% мас.;

- натрій карбонат в перерахунку на непрожарений продукт 98,9 – 97,5 %мас.;
- хлориди в перерахунку на NaCl не більше 0,4 – 0,8% мас.;
- залізо в перерахунку на Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не більше 0,003 – 0,008%мас.;
- речовини, нерозчинні у воді не більше 0,003 – 0,008%мас.;
- сульфати у перерахунку на Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> не більше 0,04 – 0,05 %мас.

Вапняне молоко, що застосовується для процесу каустифікації, представляє собою суспензію гашеного вапна в воді. Вміст CaO<sub>акт.</sub> у вапні, що призначене для приготування вапняного молока, повинен бути не менше 80%(мас.). Вапняне молоко, що використовується для каустифікації содового розчину, має температуру не менше 80°C і наступний склад: CaO<sub>акт.</sub> – не менше 200 н.д., або 280 г/л; CaCO<sub>3</sub> – не більше 10 н.д., або 25 г/л.

Натрій гідроксид (NaOH) представляє собою білу непрозору масу. Молекулярна маса – 40 г/моль, щільність 2130 кг/м<sup>3</sup>, теплота утворення з простих речовин дорівнює 427,2 кДж [1].

Натрій гідроксид випускається в рідкому та твердому вигляді. Твердий натрій гідроксид відповідно до ГОСТ 2263-79 випускається двох марок: ТР (твердий ртутний) і ТД (твердий діафрагмовий), а рідкий трьох – РР (рідкий ртутний), РД (рідкий діафрагмовий) і РХ (рідкий хімічний).

Технічні вимоги, що пред'являються до натрій гідроксиду марки РХ ГОСТом 2263-79, представлені в табл. 2.1 [6].

Таблиця 2.1 – ГОСТ 2263-79. Натр едкий технический. Технические требования

Найменування показника	Норма
------------------------	-------

	I сорт	II сорт
1. Зовнішній вигляд	Безбарвна або забарвлена рідина. Допускається осад	
2. Масова частка NaOH, %, не менше	45,5	43,0
3. Масова частка Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , %, не більше	1,1	2,0
4. Масова частка NaCl, %, не більше	1,0	1,5
5. Масова частка заліза в перерахунку на Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %, не більше	0,008	0,2
6. Сума масових часток Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %, не більше	0,05	не нормується
7. Масова частка H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> в перерахунку на SiO <sub>2</sub> , %, не більше	0,5	не нормується

### 3 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

Опис технологічної схеми виробництва натрій гідроксиду вапняним способом представлений нижче.

Содовий розчин з загальною лужністю ~110 н.д. подається в приймальний бак содового розчину (поз. 1). Через витратний бак (поз. 2) содовий розчин далі направляється в змішувач (поз. 4), де розбавляється промводами до загальної лужності 75-84 н.д., підігрівається до температури не нижче 95°C парою і поступає в каустифікатор першої каустифікації (поз. 5).

Вапняне молоко з концентрацією CaO<sub>акт</sub> 200-250 н.д. подається в мішалку вапняного молока (поз.3), потім поступає в каустифікатор першої каустифікації (поз. 5).

Оскільки надлишок кальцинованої соди несприятливо позначається на роботі стадії випарювання, то перша каустифікація проводиться з надлишком вапна  $\sim 5\%$ . Ступінь каустифікації складає не менше  $84\%$ . В каустифікаторах підтримується температура  $98-100^\circ\text{C}$ . При такій температурі поліпшується процес формування частинок шламу, знижується в'язкість суспензії, внаслідок чого поліпшується процес відстоювання шламу. На практиці встановлено, що у присутності  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  випадіння  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в осад при випарюванні лугу покращується, тому в каустифікатор першої каустифікації (поз. 5) вводиться натрій сульфат.

Одержана в каустифікаторі (поз. 5) суспензія, що містить  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$  і надлишковий активний  $\text{CaO}$ , відцентровим насосом відкачується у відстійник першої каустифікації (поз. 7) для відділення

прозорого розчину лугу від шламу. З відстійника освітлений слабкий луг зливається в приймальний бак (поз. 16), звідки відкачується відцентровим насосом у збірник слабких лугів (поз. 17) стадії випарювання. Згущений шлам з відстійника (поз. 7) направляється в каустифікатор другої каустифікації (поз. 8).

Друга каустифікація проводиться з метою використання активного вапна, що міститься в шламi після введення його надлишку при першій каустифікації. Другу каустифікацію проводять при надлишку содового розчину. Ступінь каустифікації не більше 55%. Крім шламу в каустифікатор подається содовий розчин. Друга каустифікація проводиться при температурі 98-100°C, у зв'язку з чим до каустифікатора подається пара.

Суспензія після другої каустифікації відкачується насосом у відстійник другої каустифікації (поз. 9). Освітлена рідина з відстійника надходить у збірник промивних вод (поз. 15) і далі насосом відкачується в змішувач каустифікації (поз. 4). Згущений шлам з відстійника (поз. 9) відкачується в мішалку відстійника (поз. 10), а звідти в корито фільтра (поз.11) для остаточного відмивання від лугу. Відфільтрований і відмитий конденсатом шлам зрізається ножем з поверхні фільтра в мішалку шламу (поз. 13), розбавляється оборотною водою і відкачується на розсолоочистку. Фільтрат після фільтру (поз. 11) надходить у бак фільтрату (поз.14), з якого поступає на розподільний бачок відстійника другої каустифікації (поз. 9) і змішується із суспензією другої каустифікації.

Концентрування слабого лугу здійснюється випарюванням в трьохкорпусній випарній установці.

Випарювання проводиться в дві стадії: одержання середнього лугу з концентрацією не менше 320 г/л і одержання міцного лугу з концентрацією не менше 639 г/л NaOH.

Слабкий луг із збірника слабого лугу (поз. 17) відцентровим насосом подається в перший випарний апарат (поз. 18), який обігривається гострою парою. Потім розчин лугу у міру упарювання перетікає в другий корпус (поз. 20), а з нього в третій (поз. 25). Другий і третій випарні апарати (поз. 20, 25) обігриваються соковою парою.

В другому корпусі одержують середній луг з концентрацією не менше 320 г/л NaOH. Отриманий середній луг за допомогою відцентрового насоса виводиться в декантер середнього лугу (поз. 24) для відділення осадів  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Солі  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , що осаджуються у вигляді солі Буркейта  $2\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3$ , з декантера поступають у репульпатор (поз.28), розбавляються промивними водами після фільтру (поз.27) і направляються у мішалку міцних промвод (поз. 29). Луг з декантера середнього лугу через переливну трубу засмоктується вакуумом в третій корпус (поз. 25).

В третьому випарному апараті отримують міцний луг з концентрацією не менше 639 г/л NaOH. Міцний луг для відділення осаду подається в декантер міцного лугу (поз. 26). Натрій гідроксид з верхньої частини декантера по переливним трубопроводам переливається в бак міцного лугу (поз. 30), з якого відкачується у відстійник міцного лугу (поз. 31). Осади  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  з конусної частини декантера поступають для фільтрації на обертовий барабанний вакуум-фільтр (поз. 27).

Відфільтрований від осаду луг через порожнистий вал фільтру відкачується в сепаратор, звідки надходить самопливом у бак міцного лугу (поз.

30) і відцентровим насосом перекачується у декантер міцного луґу (поз. 31), звідки відпускається споживачу.

Вода після барометричного конденсатора поступає в бак барометричної води (поз. 23), а з нього в систему на хімоводоочищення. Бризки, що вловлюються в сепараторі, поступають в бак фільтрату (поз. 14), який одночасно служить гідрозатвором для сепараторів.

Конденсат, що утворюється в результаті конденсації пари, збирається в баку конденсату (поз. 19), звідки відкачується на хімоводоочищення ТЕЦ [3].

## 4 МАТЕРІАЛЬНІ І ТЕПЛОВІ БАЛАНСИ

### 4.1 Матеріальні розрахунки стадії випарювання розчину натрій гідроксиду

Слабкий луґ зі стадії каустифікації надходить на випарювання в наступному складі (на 1 т 100%-вого NaOH) [2]:

NaOH	1027,69 кг
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	150,41 кг
NaCl	4,16 кг
<u>H<sub>2</sub>O</u>	<u>7913,72 кг</u>
Разом:	9095,98 кг

В результаті концентрування в осад випадає:



$\text{Na}_2\text{CO}_3$	140,41 кг
$\text{NaOH}$	27,69 кг

У готовому продукті згідно ГОСТ 2263-79 вміст  $\text{NaOH}$  для натрій гідроксиду марки РХ-1 повинен становити не менше 45,5%мас. При такій концентрації об'єм розчину натрій гідроксиду буде складати:

$$\frac{100}{45,5} = 2,198 \text{ м}^3.$$

Склад розчину натрій гідроксиду марки РХ-1 наступний:

$$\text{NaOH} = \frac{1000}{2,198} = 455 \text{ кг};$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 = \frac{10}{2,198} = 4,55 \text{ кг};$$

$$\text{NaCl} = \frac{4,16}{2,198} = 1,89 \text{ кг}.$$

Визначимо кількість  $\text{H}_2\text{O}$  у готовому продукті:

$$1000 - (455 + 4,55 + 1,89) = 538,56 \text{ кг.}$$

Випаровується  $\text{H}_2\text{O}$  на 1 т  $\text{NaOH}$  (100%):

$$7913,72 - (538,56 \cdot 2,198) = 6730 \text{ кг.}$$

На випарювання розчин натрій гідроксиду надходить у наступному процентному співвідношенні, %мас.:

$\text{NaOH}$	11,4
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	1,65
$\text{NaCl}$	0,05
$\text{H}_2\text{O}$	87,0
<hr/>	
Разом:	100

#### 4.1.1 Матеріальний баланс I-го корпусу

Розрахунок виконуємо на 1 т 100%-го  $\text{NaOH}$ .

Надійшло в апарат зі слабким лугом [2]:

$\text{NaOH}$	1027,69 кг
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	150,41 кг
$\text{NaCl}$	4,16 кг
$\text{H}_2\text{O}$	<u>7913,72 кг</u>
Разом:	9095,98 кг

Визначимо кількість води, що випарюється в I-му корпусі:

$$W_1 = G_1 \cdot \left( 1 - \frac{C_{п1}}{C_{к1}} \right), \quad (13)$$

де  $G_1 = 9095,98$  – кількість розчину NaOH, що надходить на випарювання, кг;

$C_{п1} = 11,4$  – початкова концентрація розчину NaOH, %мас.;

$C_{к1} = 20,4$  – кінцева концентрація розчину NaOH, %мас.

$$W_1 = 9095,98 \cdot \left( 1 - \frac{11,4}{20,4} \right) = 4012,93 \text{ кг.}$$

Таким чином, у лузі змінився вміст води:

$$7913,72 - 4012,93 = 3900,79 \text{ кг.}$$

Таблиця 4.1 – Матеріальний баланс I-го корпусу

Прихід		Витрата	
Найменування компонента	кг/т	Найменування компонента	кг/т
NaOH	1027,69	NaOH	1027,69
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	150,41	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	150,41
NaCl	4,16	NaCl	4,16
H <sub>2</sub> O	7913,72	H <sub>2</sub> O	3900,79
		H <sub>2</sub> O <sub>пар</sub>	4012,93

Всього:	9095,98	Всього:	9095,98
---------	---------	---------	---------

#### 4.1.2 Матеріальний баланс II-го корпусу

У другий корпус надходить розчин [2]:

$$G_2 = 9095,98 - 4012,93 = 5083,05 \text{ кг.}$$

При цьому випарюється води:

$$W_2 = G_2 \cdot \left( 1 - \frac{C_{к1}}{C_{к2}} \right), \quad (14)$$

де  $G_2 = 5083,05$  – кількість розчину NaOH, що надходить на випарювання, кг;

$C_{к1} = 20,4$  – кінцева концентрація розчину NaOH в першому корпусі, %мас.;

$C_{к2} = 25,7$  – кінцева концентрація розчину NaOH в другому корпусі, %мас.;

$$W_2 = 5083,05 \cdot \left( 1 - \frac{20,4}{25,7} \right) = 1048,25 \text{ кг.}$$

У результаті підвищення концентрації NaOH в II-му корпусі відбувається підвищення взаємної розчинності натрій гідроксиду, кальцинованої соди та натрій сульфату. Відбувається виділення твердої фази. У першу чергу виділяється натрій сульфат, потім  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Концентрація NaOH в II-му корпусі підвищується до 25,7%, а розчинність  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  знижується до 3%.

Об'єм розчину натрій гідроксиду зменшується до:

$$\frac{100}{25,7} = 3,891 \text{ м}^3/\text{т.}$$

Розчин надходить на відстоювання для відділення солей у декантер.

Склад згущеної суспензії:

Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	140,41 кг
NaOH	27,69 кг
H <sub>2</sub> O	980,34 кг
Разом:	1148,44 кг

З декантера надходить на випарювання в III-й корпус розчин їдкого натрій гідроксиду наступного складу [2]:

NaOH	1027,69 – 27,69 = 1000 кг
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	150,41 – 140,41 = 10 кг
NaCl	4,16 кг
H <sub>2</sub> O	3900,79 – 1048,25 – 980,34 = 1872,2 кг
Всього :	2886,36 кг

Таблиця 4.2 – Матеріальний баланс II-го корпусу

Прихід		Витрата			
Найменування	кг/т	Найменування	з	з	з

компонента		компонента	розчином, кг/т	осадом, кг/т	парою, кг/т
NaOH	1027,69	NaOH	1000	27,69	–
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	150,41	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	10	140,41	–
NaCl	4,16	NaCl	4,16	–	–
H <sub>2</sub> O	3900,79	H <sub>2</sub> O	1872,2	980,34	1048,25
Всього:	5083,05	Всього:	2886,36	1148,44	1048,25

#### 4.1.3 Матеріальний баланс III-го корпусу

В третій корпус надходить розчин у кількості 2886,36 кг.

При цьому випарюється води:

$$W_3 = G_3 \cdot \left( 1 - \frac{C_{к2}}{C_{к3}} \right), \quad (15)$$

де  $G_3 = 2886,36$  – кількість розчину NaOH, що надходить на випарювання, кг;

$C_{к2} = 25,7$  – кінцева концентрація розчину NaOH в другому корпусі, %мас.;

$C_{к3} = 45,5$  – кінцева концентрація розчину NaOH в третьому корпусі, %мас.;

$$W_3 = 2886,36 \cdot \left( 1 - \frac{25,7}{45,5} \right) = 1256 \text{ кг.}$$

У третьому корпусі випарюється 1256,04 кг води.

У розчині лугу залишається води:

$$1872,2 - 1256,04 = 616,2 \text{ кг.}$$

Отримані данні заносять до таблиці матеріального балансу III-го корпусу.

Таблиця 4.3 – Матеріальний баланс III-го корпусу

Прихід		Витрата		
Найменування компонента	кг/т	Найменування компонента	з розчином, кг/т	з парою, кг/т
NaOH	1000	NaOH	1000	–
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	10	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	10	–
NaCl	4,16	NaCl	4,16	–
H <sub>2</sub> O	1872,2	H <sub>2</sub> O	616,2	1256
Всього:	2886,36	Всього:	1630,36	1256

Всього випарюється води:

$$\Sigma W = W_1 + W_2 + W_3, \quad (16)$$

$$\Sigma W = 4012,93 + 1048,25 + 1256 = 6317,18 \text{ кг.}$$

## 4.2 Теплові розрахунки стадії випарювання розчину натрій гідроксиду

За даними діючого виробництва тиск пари розподіляється по корпусах наступним чином [2]:

I-й корпус	$68,67 \cdot 10^4$ Па
II-й корпус	$44,145 \cdot 10^4$ Па
III-й корпус	$44,145 \cdot 10^4$ Па

Температура насиченої пари води і питома теплоти паротворення для прийнятих тисків по корпусах наведені в табл. 4.4. Зазначені температури будуть температурами конденсації вторинної пари по корпусах.

Температури кипіння розчинів при атмосферному тиску і відповідні їм температурні депресії наведені в табл. 4.5 [2].

Таблиця 4.4 – Температура насиченої пари і теплоти пароутворення по корпусах

№ корпуса	Температура насиченої пари, °C	Питома теплота пароутворення, кДж/кг
I	147,2	2074,89
II	59,7	2160,36
III	59,7	2160,36

Таблиця 4.5 – Температура кипіння розчинів при атмосферному тиску

№ корпуса	Концентрація NaOH, %мас.	$t_{\text{кип}}$ , °C	Депресія, °C
I	20,4	106,25	6,25
II	25,7	114,2	14,2



III	45,5	136,06	36,06
-----	------	--------	-------

Для спрощення розрахунків не уточнюємо температурну депресію (у зв'язку з тим, що тиск у корпусах відрізняється від атмосферного). Таким чином температурна депресія по корпусах складатиме:

$$\Delta t_{\text{депр}} = 6,25 + 14,2 + 36,06 = 56,53 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Гідростатична депресія обумовлена різницею тисків в середньому шарі киплячого розчину і на його поверхні.

Приймаємо відстань від верхнього рівня рідини в апараті до середини поверхні нагрівання ( $H_{\text{сер}}$ ), що омивається рідиною, рівною 0,4 м.

Відповідно до табл. 4.6 знаходимо густоту розчинів при 100°C.

Таблиця 4.6 – Густина розчинів при 100°C

№ корпуса	Концентрація NaOH, %(мас.)	Густина, кг/м <sup>3</sup>
I	20,4	1128
II	25,7	1233
III	45,5	1430

Отже, підвищення гідростатичного тиску в I-му корпусі:

$$\Delta P_1 = 0,4 \cdot 1128 \cdot 9,81 = 4426 \text{ Па},$$

де 0,4 – відстань від верхнього рівня рідини в апараті до середини поверхні

нагрівання, що омивається рідиною, м;

1128 – густина 20,4%-вого розчину NaOH при 100°C, кг/м<sup>3</sup>;

9,81 – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

Тоді тиск у середньому шарі

$$P_{\text{сер I}} = P_1 + \Delta P_1, \quad (17)$$

$$P_{\text{сер I}} = 686700 + 4426 = 69,1126 \cdot 10^4 \text{ Па.}$$

Температура кипіння води при тиску  $P_1$  дорівнює 163,93°C, при

$P_{\text{сер I}}$  – 164,17°C, тоді

$$\Delta t_{\text{г.е}} = t_{\text{сер I}} - t_1, \quad (18)$$

$$\Delta t_{\text{г.е}} = 164,17 - 163,93 = 0,24 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

Підвищення гідростатичного тиску в II-му корпусі:

$$\Delta P_{\text{II}} = 0,4 \cdot 1233 \cdot 9,81 = 4838 \text{ Па.}$$

Тоді тиск у середньому шарі

$$P_{\text{серII}} = 196200 + 4838 = 201038 \text{ Па.}$$

Температура кипіння води при тиску  $P_{\text{II}}$  дорівнює  $119,6 \text{ }^\circ\text{C}$ , а при  $P_{\text{серII}} - 122^\circ\text{C}$ . Тоді

$$\Delta t_{\text{г.е.}} = 122 - 119,6 = 2,4 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Підвищення гідростатичного тиску в III-му корпусі:

$$\Delta P_{\text{III}} = 0,4 \cdot 1430 \cdot 9,81 = 5611 \text{ Па.}$$

Тоді тиск у середньому шарі:

$$P_{\text{серIII}} = 441450 + 5611 = 447061 \text{ Па.}$$

Температура кипіння води при  $P_{\text{III}}$  дорівнює  $147^\circ\text{C}$ , а при  $P_{\text{серIII}} - 147,5^\circ\text{C}$ . Тоді

$$\Delta t_{\text{г.е.}} = 147,5 - 147 = 0,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Сума температурних втрат від гідростатичного ефекту по всіх трьох корпусах становить:

$$\Delta t_{\text{г.е.}} = 0,24 + 2,4 + 0,5 = 3,14 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Визначення гідравлічного опору.

Втрати різниці температур на кожному інтервалі між корпусами прийmemo 1 °C. Таких інтервалів три: I - II, II - III, III - конденсатор. Тому:

$$\Delta t_{\text{г.о.}} = 1 \cdot 3 = 3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Сума всіх температурних втрат для апарата в цілому:

$$\Delta t_{\text{втр.}} = 64,32 + 3,14 + 3 \approx 72 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Корисна різниця температур.

Загальна різниця температур:

для II-го корпусу

$$164,2 - 59,7 = 104,5 \text{ } ^\circ\text{C};$$

для III-го корпусу

$$147,2 - 59,7 = 87,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Таким чином корисна різниця температур:

$$\Delta t_{\text{кор}} = 192 - 72,36 = 119,64 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Визначення температур кипіння розчинів по корпусах.

Скористаємося рівнянням:

$$t_{\text{кип}} = t_{\text{в.п.}} + \Delta t_{\text{депр}} + \Delta t_{\text{г.е}} + \Delta t_{\text{г.о.}} \quad (19)$$

Тоді

В III-му корпусі

$$t_3 = 59,7 + 36,06 + 0,5 + 1 = 97,26 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

В II-му корпусі

$$t_2 = 59,7 + 14,2 + 2,4 + 1 = 77,3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

В I-му корпусі

$$t_1 = 147,2 + 6,25 + 0,24 + 1 = 154,7 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Виходячи з в'язкості розчинів натрій гідроксиду, знаходимо коефіцієнт теплопередачі ( $k$ ) [2].

Для I-го корпусу різниця температур:

$$\Delta t_1 = 164,2 - 154,2 = 10,0 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

В'язкість розчину  $\mu = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ . Тоді  $k_1 \cdot \mu = 5,6 \cdot 10^{-4}$ .

Звідки

$$k_1 = \frac{5,6 \cdot 10^{-4} \cdot 3600}{\mu} = \frac{5,6 \cdot 10^{-4} \cdot 3600}{0,8 \cdot 10^{-3}} = 2520 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{год} \cdot ^\circ\text{C}.$$

Для II-го корпусу різниця температур:

$$\Delta t_2 = 119,6 - 77,3 = 42,3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

В'язкість розчину  $\mu = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ . Тоді  $k_2 \cdot \mu = 1,4 \cdot 10^{-3}$ , звідки  $k_2 = 2016 \text{ кДж} / \text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot ^\circ\text{C}$ .

Для III-го корпусу різниця температур:

$$\Delta t_3 = 147,2 - 97,20 = 50 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

В'язкість розчину  $\mu = 3,46 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ . Тоді  $k_3 \cdot \mu = 1,6 \cdot 10^{-3}$ , звідки  $k_3 = 1664 \text{ кДж} / \text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot ^\circ\text{C}$ .

Розраховані і табличні дані, необхідні для визначення витрати грючої пари по корпусах, зводимо в табл. 4.7

Таблиця 4.7 – Параметри витрати пари по корпусах

Параметри	I	II	III
Тиск у соковому просторі, МПа	0,46	0,02	0,02
Температура кипіння лугу, °С	154,7	77,3	97,26

Температура сокової пари, °С	147,2	59,7	59,7
Температура гріючої пари, °С	164,2	119,6	147,2
Тепловміст гріючої пари, $i_{г.}$ , кДж/кг	2769,2	2706,3	2716,8
Тепловміст конденсату Q, кДж/кг	694,3	498,3	532
Тепловміст сокової пари, $i_{с.п.}$ , кДж/кг	2744,4	2610,4	2611,2
Концентрація NaOH у вихідному розчині, %(мас.)	11,4	20,4	25,7
Концентрація NaOH у кінцевому розчині, % (мас.)	20,4	25,7	45,5
Ентальпія вихідного розчину $I_{п.}$ , кДж/кг	343,6	364,5	220,4
Ентальпія кінцевого розчину, $I_{к.}$ , кДж/кг	566,5	367,4	501,5

Витрата пари по корпусах:

I корпус

$$D_{r_1} = \frac{100 \cdot P}{i_{r_1} - Q_1} \cdot \frac{C_{к_1}(i_{с_1} - I_{п_1}) - C_{п_1}(i_{с_1} - I_{к_1})}{C_{к_1} \cdot C_{п_1}}, \quad (20)$$

де  $P = 7913,72$  кг/годину – продуктивність установки.

$$D_{r_1} = \frac{100 \cdot 7913,72}{2769,2 - 694,3} \cdot \frac{20,4(2744,4 - 343,6) - 11,4(2744,4 - 566,3)}{11,4 \cdot 20,4} = 40314 \text{ кг/годину.}$$

II корпус

$$D_{r_1} = \frac{100 \cdot P}{i_{r_2} - Q_2} \cdot \frac{C_{к_2}(i_{c_2} - I_{п_2}) - C_{п_2}(i_{c_2} - I_{к_2})}{C_{к_2} \cdot C_{п_2}},$$

$$D_{r_2} = \frac{100 \cdot 7913,72}{2706,3 - 498,2} \cdot \frac{25,7(2610,4 - 364,5) - 20,4(2610,4 - 367,4)}{20,4 \cdot 25,7} = 10608 \text{ кг/годину.}$$

III корпус

$$D_{r_1} = \frac{100 \cdot P}{i_{r_3} - Q_3} \cdot \frac{C_{к_3}(i_{c_3} - I_{п_3}) - C_{п_3}(i_{c_3} - I_{к_3})}{C_{к_3} \cdot C_{п_3}},$$

$$D_{r_3} = \frac{100 \cdot 7913,72}{2716,8 - 532} \cdot \frac{45,5(2611,2 - 220,4) - 25,7(2611,2 - 501,5)}{25,7 \cdot 45,5} = 4839,8 \text{ кг/годину.}$$

Поверхня нагрівання корпусів визначається за формулою:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t}, \quad (21)$$

де  $F$  – поверхня теплопередачі,  $m^2$ ;

$Q$  – кількість тепла, що передається через стінку,  $кДж$ ;

$k$  – коефіцієнт теплопередачі,  $кДж/m^2 \cdot год. \cdot ^\circ C$ ;

$\Delta t$  – різниця температур,  $^\circ C$ .



Визначимо кількість тепла, що передається через стінку, для кожного корпусу:

I корпус

$$Q_1 = D_{r_1} (i_{r_1} - Q_T), \quad (22)$$

$$40314 \cdot (2769,2 - 694,3) = 83647518 \text{ кДж};$$

II корпус

$$Q_2 = D_{r_2} (i_{r_2} - Q_T), \quad (23)$$

$$Q_2 = 10608 \cdot (2706,3 - 498,2) = 23423524 \text{ кДж};$$

III корпус

$$Q_3 = D_{r_3} (i_{r_3} - Q_T), \quad (24)$$

$$Q_3 = 4839,8 \cdot (2716,8 - 532) = 10573995 \text{ кДж}.$$

Знайдемо корисну різницю температур по корпусах.

Розрахунок виконуємо із розрахунку однакової поверхні корпусів.

Знаходимо співвідношення  $Q/k$ :

I-й корпус

$$\frac{83647518}{2520} = 33193,5;$$

II-й корпус

$$\frac{23423524}{2016} = 11619;$$

III-й корпус

$$\frac{10573995}{1664} = 6354,6.$$

Тоді сума  $\Sigma Q/k$

$$\Sigma Q/k = 33193,5 + 11619 + 6354,6 = 51167,1.$$

Корисна різниця по корпусах визначається за формулою:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\text{кор}} \cdot Q/k}{\Sigma Q/k}, \quad (25)$$

де  $\Delta t_{\text{кор}} = 119,64 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Тоді

$$\Delta t_1 = \frac{119,64 \cdot 33193,5}{51167,1} = 77,61 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_2 = \frac{119,64 \cdot 11619}{51167,1} = 27,16 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_3 = \frac{119,64 \cdot 6354,6}{51167,1} = 14,8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Площа поверхні нагрівання складає:

$$F_1 = \frac{83647518}{2520 \cdot 77,61} = 427,7 \text{ м}^2;$$

$$F_2 = \frac{23423524}{2016 \cdot 27,16} = 427,8 \text{ м}^2;$$

$$F_3 = \frac{10573995}{1664 \cdot 14,8} = 429,4 \text{ м}^2.$$

Однакова площа поверхні нагрівання апарата забезпечує однотипність обладнання. За каталогом вибираємо випарний апарат з наступними технічними характеристиками:

– поверхня нагрівання	440 м <sup>2</sup>
– довжина труб нагрівальної камери	3 м
– діаметр труб	0,038 м
– товщина стінки	0,002 м
– діаметр нагрівальної камери	2,6 м
– діаметр сепаратора	2,6 м

## 5 ВИБІР І РОЗРАХУНОК ОСНОВНОГО АПАРАТУ

### 5.1 Опис конструкції та принцип дії випарного апарату

Для випарювання розчинів натрій гідроксиду застосовується випарний апарат з внутрішньою гріючою камерою та центральною циркуляційною трубою. Апарат виконаний з нержавіючої сталі марки 12Х18Н10Т.

В нижній частині вертикального корпусу випарного апарату знаходиться гріюча камера (поз. 2), що складається з двох трубних решіток, в яких закріплені кип'ятильні трубки (поз. 3) і циркуляційна труба великого діаметру (поз.4), встановлена по осі камери. В міжтрубний простір гріючої камери подається гріюча пара (штуцер Б). Розчин випарюваного натрій гідроксиду поступає в апарат (штуцер А) над верхньою трубною решіткою та опускається по циркуляційній трубі (поз.4) вниз, потім підіймається по кип'ятильним трубкам (поз. 3) і на деякій відстані від нижнього краю закипає, викидаючись у вигляді більш легкої парорідинної суміші в сепараційний об'єм апарату (поз. 5). Тут сокова пара відділяється від бризок і крапель та покидає апарат (штуцер Г), а розчин натрій гідроксиду опускається вниз по циркуляційній трубі.

Гріюча пара віддаючи своє тепло випарюваному розчину натрій гідроксиду, конденсується в міжтрубному просторі. Утворений конденсат виводиться з апарату (штуцер Д). Упарений розчин натрій гідроксиду видаляється через нижній штуцер В кінцевого днища апарату [2].

## 5.2 Конструктивний розрахунок випарного апарату

Число труб гріючої камери визначається за формулою [7]:

$$n = \frac{F}{\pi \cdot d_{\text{сер}} \cdot \ell}, \quad (26)$$

де  $F = 440$  – поверхня теплообміну,  $\text{м}^2$ ;

$\ell = 3$  – довжина труб, м;

$d_{\text{сер}} = 0,038$  – діаметр труб, м.

Тоді

$$n = \frac{440}{3,14 \cdot 0,038 \cdot 3} = 1230 \text{ шт.}$$

При розміщенні трубок по вершинах рівностороннього трикутника діаметр гріючої камери дорівнює [7]:

$$D_k = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,866 \cdot t^2 \cdot n}{\pi \cdot \psi}}, \quad (27)$$

де  $\psi = 0,8$  – коефіцієнт використання трубних решіток;

$t = 0,048$  – крок між трубами, м;

$n = 1230$  – число труб, шт.

Тоді

$$D_k = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,866 \cdot 0,048^2 \cdot 1230}{3,14 \cdot 0,8}} = 2,0 \text{ м.}$$

Приймається діаметр 2,6 м, що відповідає стандартному діаметру гриючої камери за ГОСТ 11887-81.

Діаметр циркуляційної труби визначається за формулою [7]:

$$D_{ц} = \sqrt{0,4 \cdot d^2 \cdot n} \quad (28)$$

Тоді

$$D_{ц} = \sqrt{0,4 \cdot 0,038^2 \cdot 1230} = 0,75 \text{ м.}$$

що відповідає ГОСТ 11987-81.

Допустиме напруження парового простору складає [7]:

$$W = f_1 \cdot f_2 \cdot W_{атм}, \quad (29)$$

де  $f_1 = 0,85$  – коефіцієнт, що залежить від тиску в апараті;

$f_2 = 0,83$  – коефіцієнти, що залежить від рівня розчину над точкою введення парорідинної суміші в паровому просторі;

$W_{\text{атм}} = 1000$  – допустиме напруження в паровому просторі,  $\text{кг/м}^2 \cdot \text{годину}$ .

Тоді

$$W' = 0,85 \cdot 0,83 \cdot 1000 = 706 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{годину}.$$

Об'єм апарату розраховується за формулою [7]:

$$V_c = \frac{W}{W'}, \quad (30)$$

де  $W = 7126,3$  – кількість випарюваної води,  $\text{кг/годину}$ .

$$V_c = \frac{7126,3}{706} = 10,5 \text{ м}^3.$$

Виходячи з конструктивних міркувань, приймаємо висоту парового простору  $H = 3 \text{ м}$ .

Діаметр обичайки сепаратора дорівнює [7]:

$$D_o = \sqrt{\frac{4 \cdot V_c}{\pi \cdot H}} \quad (31)$$

$$D_o = \sqrt{\frac{4 \cdot 10,5}{3,14 \cdot 3}} = 2 \text{ м.}$$

Приймається діаметр 2,6 м, що відповідає стандартному діаметру гриючої камери за ГОСТ 11887-81.

### 5.3 Механічний розрахунок випарного апарату

Виконаємо розрахунок обичайки гриючої камери випарного апарату.

Вихідні дані [8]:

1. Внутрішній тиск – 1 МПа.
2. Середовище – пара.
3. Температура – 180 °С.
4. Матеріал – сталь 12Х18Н10Т.
5.  $\sigma_B = 530$  МПа;  $\sigma_T = 235$  МПа.
6.  $C = C_1 + C_2 + C_3 = 1 \cdot 10^{-3} + 0 + 0,3 \cdot 10^{-3} = 1,3 \cdot 10^{-3}$  м.
7.  $\eta = 1$  – поправочний коефіцієнт.

Допустиме напруження для 12Х18Н10Т за межею міцності визначається за формулою [8]:

$$\sigma_d = \frac{\sigma_B}{n_B} \cdot \eta, \quad (32)$$



$$\sigma_d = \frac{530}{2,6} \cdot 1,0 = 204 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження для 12Х18Н10Т за межею текучості визначається за формулою [8]:

$$\sigma_d = \frac{\sigma_T}{n_T} \cdot \eta, \quad (33)$$

$$\sigma_d = \frac{235}{1,5} \cdot 1,0 = 157 \text{ МПа.}$$

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

Оскільки

$$\frac{\sigma_d}{P} \cdot \varphi_{ш} = \frac{157}{1} \cdot 0,95 \approx 149 > 50,$$

то величиною  $P$  знехтуємо.

Розрахункову товщину стінки обичайки визначаємо за формулою [8]:

$$S' = \frac{D_b \cdot P}{2 \cdot \sigma_d \cdot \varphi_{ш}} + C, \quad (34)$$

де  $D_b = 2,6$  м – внутрішній діаметр циліндричної обичайки апарата.  $v$ ;

$P$  – тиск в апараті, Па;

$\phi$  – коефіцієнт міцності зварного шва у поздовжньому напрямку.

$$S' = \frac{2,6 \cdot 1,0}{2 \cdot 149 \cdot 0,95} + 1,8 \cdot 10^{-3} = 10,98 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Приймаємо значення стандартної товщини листового прокату 16 мм.

Перевірка на напруження в стінці при гідравлічних випробуваннях [8]:

$$\sigma = \frac{[D_B + (S - c)] \cdot P_H}{2 \cdot (S - c) \cdot \phi} \leq \frac{\sigma_T}{1,2} \quad (35)$$

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

$$\sigma = \frac{[2,6 + (16 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3})] \cdot 1,3}{2 \cdot (16 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,95} = 126,8 \text{ МПа} < \frac{235}{1,2} = 196 \text{ МПа.}$$

Умова виконується.

## 6 ВИБІР ОСНОВНОГО ТА ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

Вибір допоміжного обладнання стадії випарювання розчину натрій гідроксиду наведений в табл. 6.1 [1- 3].

Таблиця 6.1 – Вибір допоміжного обладнання

Позначення апарата	Найменування обладнання	Призначення і коротка характеристика	Матеріал	Кількість
поз. 19	Бак брудного конденсату	Призначений для накопичення брудного конденсату, що самопливом поступає з випарного апарату. Робочий об'єм 90 м <sup>3</sup> , діаметр – 3800 мм, висота – 4656 мм, довжина – 10300 мм, товщина стінки – 16 мм. Тиск – 0,3 МПа	Сталь	1
поз. 22	Конденсатор барометричний	Призначений для створення вакууму в III-му випарному апараті. Продуктивність 25000 м <sup>3</sup> /годину. Розміри конденсатора: діаметр – 800 мм, висота – 5080 мм. Розміри уловлювача: діаметр – 400 мм, висота – 1350 мм. Діаметр барометричної труби – 200 мм. Швидкість потоку в нижній частині конденсатору – 22 м/с	Сталь	2
поз. 24	Декантер середнього лугу	Апарат призначений для відстоювання осаду в середньому лузі, постачається мішалкою. Діаметр 9 м, висота 15 м, N = 4 кВт	Сталь	1
поз. 27	Декантер міцного лугу	Апарат призначений для відстоювання осаду в міцному лузі, постачається мішалкою. Діаметр 9 м, висота 15 м, N = 4 кВт	Сталь	1

## **7 КОНТРОЛЬ РОБОТИ, НОРМИ ТА ПРАВИЛА ОБСЛУГОВУВАННЯ ОСНОВНОГО АПАРАТУ**

Для забезпечення нормального режиму роботи установки випарювання розчину натрій гідроксиду необхідно:

- стежити за подачею гріючої пари, що поступає в перший корпус, і не допускати падіння або підвищення тиску гріючої пари в значних межах;
- підтримувати передбачений технологічним процесом розподіл температур і тисків по корпусах випарної установки;
- стежити за безперервним відведенням конденсатів на гріючих камерах випарних апаратів, а також систематично перевіряти якість конденсату;
- забезпечити систематичне живлення випарних апаратів розчином натрій гідроксидом;
- стежити за нормальним перепуском розчинів з корпусу в корпус і систематично виводити з останнього корпусу готовий продукт, підтримуючи встановлений рівень розчинів в апаратах і не допускаючи оголення нагрівальних камер;
- забезпечувати мінімальні втрати розчинів, концентратів і теплоносіїв;
- підтримувати розрідження в випарних апаратах, які працюють під вакуумом, на рівні, передбаченому режимом, і в випадках падіння вакууму негайно виявляти причини та усувати їх;
- температуру води, що відходить з барометричного конденсатора, підтримувати в межах, заданих технологічним режимом;
- не рідше 1 разу за зміну видаляти через спеціальні вентиля повітря з гріючих камер;

- строго дотримуватися передбаченого графіку та порядку промивання випарних апаратів, а при необхідності проводити позачергові промивання випарних апаратів та їх очищення;
- забезпечувати безперервну та справну роботу автоматичних приладів, тепловимірювальних і регулюючих приладів, арматури, а також допоміжного обладнання стадії випарювання розчину їдкого натрію [1].

Найбільшого поширення в практиці автоматизації технологічних процесів одержали електричні прилади і засоби автоматизації. Враховуючи, що виробництво натрій гідроксиду вибухонебезпечне, обирається електрична гілка ГСП. Крім того, електричні прилади перевершують пневматичні за класом точності.

Вибір конкретних типів автоматичних пристроїв здійснюється, виходячи з наступних міркувань:

- для контролю і регулювання однакових параметрів технологічного процесу застосовуються однакові автоматичні пристрої, що полегшує їх придбання, налаштування, ремонт і експлуатацію;
- віддається перевага автоматичним пристроям серійного виробництва;
- при великій кількості однакових параметрів контролю застосовуються багатоточкові прилади.

Для вимірювання температури використовуються термометри опору, які випускають серійно в комплекті із вторинними самописними багатоточковими мостами. Для контролю однієї точки температури застосовуються мости КСМ-2.

Витратоміри працюють у комплекті з датчиками-витратомірами і вторинними показуючими приладами КСД-2.

Для вимірювання рівня методом змінного перепаду тиску застосовуються ті ж прилади, що і для вимірювання витрати.

В якості регулюючих приладів застосовуються електронні регулятори Р 25.1.1 і Р 25.2.2 з виконавчими електричними механізмами рівня МЕО [9].

В табл. 7.1 наведена специфікація приладів і засобів автоматизації стадії випарювання розчину натрій гідроксиду

Таблиця 7.1 – Специфікація приладів і засобів автоматизації стадії випарювання розчину натрій гідроксиду

Номер позиції	Найменування параметра	Граничне значення параметра	Місце установки	Найменування і характеристика	Тип, модель
1	2	3	4	5	6
1-1; 7-1	Температура пари	100°C	Трубопровід	Термометр опору гр. 5 Ом, l = 160 мм	ТСМ-5071
1-2; 7-2			На щиті	Міст електронний автоматичний	КСМ-2-018
2-1; 2-2; 2-3; 2-4; 2-5; 2-6; 2-7; 2-8; 2-9	Температура	98-100°C	За місцем	Термометр опору гр. 5 Ом, l = 160 мм	ТСМ-5071
2-10			На щиті	Міст електронний самописний багатоточковий автоматичний	КСМ-2-018
3-1	Тиск гріючої пари	0,68 МПа	Трубопровід	Первинний перетворювач тиску	МС-П1, 9121
3-2			За місцем	Дифманометр мембранний	ДМ-3583М
3-3			На щиті	Вторинний показувальний прилад	КСД-2-045
4-1; 5-1; 6-1	Витрата гострої та сокової пари	40314 кг/годину	Трубопровід	Діафрагма вимірювальна камерна Ду-40	ДСК-0,5-40
4-2; 5-2; 6-2			За місцем	Вимірювальний перетворювач	«Сапфір-22ДД» мод. 2420
4-3; 5-3; 6-3			На щиті	Автоматичний показувальний прилад	КСД-2
4-4; 5-4;			На щиті	Електронний регулюючий прилад	Р25.1.1

6-4					
4-5; 5-5; 6-5			За місцем	Електричний виконавчий механізм	МЕО 100/25-025

Продовження табл. 7.1

1	2	3	4	5	6
4-6; 5-6; 6-6			Трубопровід	Засувка поворотна	25ч30нж
8-1	Температура води з конденсатора	40°C	За місцем	Термометр опору гр. 5 Ом, l = 160 мм	ТСМ-5071
8-2			На щиті	Міст електронний автоматичний	КСМ-2-018
8-3			На щиті	Електронний регулюючий прилад	Р25.1.1
8-4			За місцем	Електричний виконавчий механізм	МЕО 100/25-025
8-5			Трубопровід	Засувка поворотна	25ч30нж
9-2	Витрата води на конденсатор		Трубопровід	Діафрагма вимірювальна камерна Ду-40	ДСК-0,5-40
9-3			На щиті	Автоматичний показувальний прилад	КСД-2
10-1; 11-1; 12-1	Концентрація розчину натрій гідроксиду	20,4% мас.	За місцем	Концентратомір	АКК-202
10-2; 11-2 12-2		25,7% мас.			
		45,5% мас.	На щиті	Міст електронний автоматичний	КСМ-2-018
13-1	Рівень	4,5 м	За місцем	Дифманометр мембранний	ДМ-3583М
13-2			На щиті	Вторинний показувальний прилад	КСД-2
13-3			На щиті	Електронний регулюючий прилад	Р25.1.1
13-4			За місцем	Електричний виконавчий механізм	МЕО 100/25-025
13-5			Трубопровід	Засувка поворотна	25ч30нж

## 8 РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Бурхливий розвиток промисловості в усьому світі зробив екологічний захист найголовнішою проблемою, тому питання про захист навколишнього середовища на підприємствах набув статусу всесвітнього і привів до формування особливих внутрішньодержавних служб, контролюючих ПДВ. Головними умовами для позитивної зміни екологічної картини вважаються: раціональна охорона і використання природних ресурсів, підвищення вимог до очисних споруд, забезпечення екологічної та радіаційної безпеки і виховання екологічного мислення серед населення

Для організації постійної роботи з охорони навколишнього середовища та виконання відповідних нормативних вимог на великих підприємствах створюються екологічні служби (відділи). На середніх і дрібних підприємствах відповідна робота покладається на еколога (інженера з охорони навколишнього середовища).

Екологічна служба підприємства повинна вирішувати такі питання:

- підтримувати контроль за дотриманням в підрозділах підприємства екологічного законодавства, інструкцій, стандартів і нормативів з охорони навколишнього середовища;
- розробляти проекти перспективних і поточних планів з охорони навколишнього середовища;
- виконання планів з охорони навколишнього середовища;
- брати участь (у якості представника підприємства) в проведенні екологічної експертизи техніко-економічних обґрунтувань, проектів розширення і реконструкції діючих виробництв, а також створюваних нових технологій і обладнання, розробки заходів щодо впровадження нової техніки; брати участь у проведенні науково-дослідницьких і дослідних робіт з очищення

промислових стічних вод, запобігання забрудненню навколишнього середовища викидами шкідливих речовин в атмосферу, зменшення або повної



ліквідації технологічних відходів, раціонального використання земельних і водних ресурсів;

- контролювати дотримання технологічних режимів природоохоронних об'єктів;
- контролювати стан навколишнього середовища в районі розташування підприємства;
- складати технологічні регламенти, графіки аналітичного контролю, паспорти, інструкції та іншу технічну документацію;
- перевіряти відповідність технічного стану обладнання вимогам охорони навколишнього середовища і раціонального природокористування;
- вести в установленому порядку звітність про виконання заходів з охорони навколишнього середовища.

У тому випадку, якщо підприємство працює в рамках стандартів серії ISO 14000, екологічна служба підтримує та супроводжує роботу на підприємстві з забезпечення вимог цих стандартів [10].

Досконалість технології виробництва будь-якого продукту оцінюється кількістю одержуваних відходів і ступенем їх утилізації.

У виробництві натрій гідроксиду за вапняним способом є тверді відходи – шлам після фільтрів каустифікації, основною складовою якого є дрібнодисперсна хімічно осаджена крейда – 44%мас. Цей шлам розбавляється оборотною водою та відкачується на розсолоочищення (виробництво кальцинованої соди).

Перспективним способом утилізації шламу є його повторний випал і повернення отриманого при цьому вапна у виробничий цикл. Це дозволяє значно зменшити вартість готового натрій гідроксиду та ліквідувати відходи.

В результаті повторного випалу шламу подовжується строк експлуатації кар'єрів карбонатної сировини. При взаємодії вапняного молока з содовим розчином значна частина домішок, що містилася у вапні ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), переходить у розчин і в результаті цього забруднюється готовий продукт. При повторному випалі шламу та поверненні у виробничий цикл вапна з частково або повністю вилуженими домішками можна зменшити вміст цих речовин у готовому продукті. Це дуже важливо для багатьох споживачів натрій гідроксиду (віскозна промисловість, виробництво синтетичних волокон).

Крім того, при виробництві натрій гідроксиду відбувається забруднення оборотної води, яка подається на барометричні конденсатори, бризками розчину  $\text{NaOH}$ . Концентрація лугу в оборотній воді не більше 1 мг-екв/л. Ця вода може використовуватися на хімводоочищенні ТЕЦ для підготовки живильної води для котлів.

Конденсат сокової пари після стадії випарювання розчину натрій гідроксиду використовується в цеху для промивання апаратури та приготування нормального содового розчину.

Виробництво натрій гідроксиду газоподібних і пилових відходів в атмосферу не має [1].

## **9 ОХОРОНА ПРАЦІ**

**ОХОРОНА ПРАЦІ – ЦЕ СИСТЕМА ЗАКОНОДАВЧИХ АКТИВ І ВІДПОВІДНИХ ЇМ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ, ТЕХНІЧНИХ, ГІГІЄНІЧНИХ І ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ БЕЗПЕКУ, ЗБЕРЕЖЕННЯ ЗДОРОВ'Я І ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЛЮДИНИ В ПРОЦЕСІ ПРАЦІ.**

**ОСНОВНИМИ СКЛАДОВИМИ ЧАСТИНАМИ ОХОРОНИ ПРАЦІ Є**

ТРУДОВЕ ЗАКОНОДАВСТВО, ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ, ВИРОБНИЧА САНІТАРІЯ І ПРОТИПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА. ТРУДОВЕ ЗАКОНОДАВСТВО РЕГЛАМЕНТУЄ ПИТАННЯ ТРУДОВОГО ПРАВА; ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ І ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЯ НАПРАВЛЕНІ НА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗДОРОВИХ І БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ; ПРОТИПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА Є СИСТЕМОЮ ЗАХОДІВ ЩОДО ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПОЖЕЖ І БОРОТЬБИ З НИМИ.

ЧИСЛЕННІ І РІЗНОМАНІТНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ЗАСНОВАНІ НА ВИКОРИСТАННІ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР, ВИСОКОГО І НАДВИСОКОГО ТИСКУ, ВИБУХО- І ПОЖЕЖЕНЕБЕЗПЕЧНИХ І ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН В РІЗНИХ АГРЕГАТНИХ СТАНАХ. ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПРИЯТЛИВИХ І БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ ПРАЦЮЮЧИХ, НЕОБХІДНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПОВО РІЗНИХ ТЕХНІЧНИХ ПРИЙОМІВ І СПОСОБІВ ЗАХИСТУ, СТВОРЕННЯ НОВОЇ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЇ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ОПТИМАЛЬНІ УМОВИ ПРАЦІ [11].

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

Фізико-хімічні та токсичні властивості речовин, що використовують і одержують у виробництві натрій гідроксиду, наведені в табл. 9.1, 9.2 [12].

Таблиця 9.1 – Основні фізико-хімічні властивості речовин

Назва речовини		Емпірична формула	Структурна формула	Агрегатний стан	Температура плавлення, °C	Температура кипіння, °C
Раціональна номенклатура	Систематична номенклатура					
1	2	3	4	5	6	7
Динатрій карбонат	Карбонат натрію	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{Na}-\text{O}-\text{C}-\text{O}-\text{Na} \end{array}$	Тверда речовина	854	1600
Кальцій гідроксид	Гідроксид кальцію	Ca(OH) <sub>2</sub>	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{O}-\text{Ca} \\   \\ \text{O}-\text{H} \end{array}$	Рідина	–	–
Кальцій карбонат	Карбонат кальцію	CaCO <sub>3</sub>	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}-\text{C}-\text{O} \\ \backslash \ / \\ \text{Ca} \end{array}$	Тверда речовина	825 (кальцит)  1339 (арагоніт)	–
Натрій гідроксид	Гідроксид натрію	NaOH	Na – OH	тверда речовина	323	1403

Таблиця 9.2 – Характеристики застосовуваних і одержаних речовин

Речовина	Клас шкідливості	Характер дії на організм людини	Граничнодопустима концентрація			Засоби індивідуального захисту
			у повітрі, мг/м <sup>3</sup>		у воді, мг/л	
			робочої зони	населеного пункту		

				$C_{\text{мр}}^*$	$C_{\text{сд}}^{**}$		
1	2	3	4	5	6	7	8
Карбонат натрію	3	<p>При ковтанні: нудота.</p> <p>При потраплянні в очі: викликає подразнення.</p> <p>При вдиханні: кашель</p>	2	–	–	–	Респіратор «Пелюстка-200», «Кама» У-2К
Гідроксид кальцію	3	<p>При потраплянні на шкіру: почервоніння, свербіння, опіки.</p> <p>При потраплянні в очі: слезотеча, біль, помутніння роговиці ока, порушення зору.</p> <p>При ковтанні: першіння в горлі, кашель, чхання, опіки слизуватих оболонок, бронхів.</p>	2,0	–	–	–	Герметичні захисні окуляри, гумові рукавички. Респіратор «Пелюстка-200», РУ-60М, Ф-62, У-2К

Продовження табл. 9.2

1	2	3	4	5	6	7	8
Карбонат кальцію	4	<p>При потраплянні в очі: викликає подразнення.</p> <p>При вдиханні: кашель.</p>	6	–	–	–	Респіратор «Пелюстка-200», «Кама», У-2К

Гідроксид натрію	2	<p>При потраплянні на шкіру викликає опікові ураження з явищами некрозу, поширенням в глибину тканини, незагойні виразки призводять до рубцювання.</p> <p>При потраплянні в очі – різь і печіння, сльозотеча, сильний набряк і кон'юнктивіт очей, помутніння рогівки, ураження райдужної оболонки.</p> <p>При попаданні в очі розчинів або твердого лугу - хімічний опік, можлива сліпота.</p> <p>При вдиханні – кашель, стиснення в грудях, нежить,</p>	0,5	–	–	–	<p>Герметичні захисні окуляри, гумові рукавички.</p> <p>Респіратор «Пелюстка-200»,</p> <p>РУ-60М,</p> <p>Ф-62,</p> <p>У-2К</p>
------------------	---	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----	---	---	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 9.2 Небезпечні і шкідливі виробничі фактори

В виробництві натрій гідроксиду при порушеннях нормального технологічного режиму, правил техніки безпеки, а також при порушеннях щільності у з'єднаннях апаратів і вузлів можуть мати місце наступні види небезпек:

- термічні опіки при проривах водяної пари, води й конденсату;

- хімічні опіки при влученні на тіло людини лугу;
- поразка електричним струмом при несправностях електроустаткування і електричних мереж, а також у результаті порушення правил електробезпеки;
- механічні травми при неправильному обслуговуванні машин, механізмів і іншого устаткування;
- загоряння мастильних і ущільнювальних масел і обтиральних матеріалів при недотриманні правил зберігання їх і порушення протипожежних норм;
- небезпеки, пов'язані з виконанням робіт на висоті, у приямках, колодязях, закритих посудинах;
- шум і вібрація в насосних;
- статична електрика;
- пил [2].

## **9.3 Заходи запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів**

### **9.3.1 Вентиляція виробничих приміщень**

Метеорологічні умови (або мікроклімат) на виробництві визначаються наступними параметрами:

- температура повітря;
- відносна вологість;
- швидкість руху повітря;
- тиск.

Необхідність обліку основних параметрів мікроклімату може бути пояснено на основі розгляду теплового балансу між організмом людини та навколишнім середовищем. Величина тепловиділення  $Q$  організмом людини

залежить від ступеня навантаження в певних умовах і може коливатися від 80 Дж/с (стан спокою) до 500 Дж/с (важка робота). Для протікання нормальних фізіологічних процесів в організмі людини необхідно, щоб теплота, що виділяється організмом відводилася в навколишнє середовище. Віддача теплоти організмом в навколишнє середовище відбувається в результаті теплопровідності людини через одяг ( $Q_{од}$ ), конвекції тіла ( $Q_{к}$ ), випромінювання на навколишні поверхні ( $Q_{п}$ ), випаровування вологи з поверхні ( $Q_{вип}$ ), частина теплоти витрачається на нагрів повітря, що видихається. З цього випливає:  $Q = Q_{од} + Q_{п} + Q_{к} + Q_{вип} + Q_{пов}$ .

З навколишнього середовища віддача теплоти конвекцією та випромінюванням припиняється. При зниженні температури навколишнього середовища кровоносні судини звужуються і приплив крові до поверхні тіла сповільнюється, і тепловіддача зменшується. Ця здатність людини підтримувати температуру тіла постійною при зміні параметрів навколишнього середовища називають терморегуляцією. При високій температурі повітря в приміщенні кровоносні судини розширюються, в результаті чого відбувається підвищений приплив крові до поверхні тіла та тепловіддача в навколишнє середовище зростає. Однак при  $t = 35^{\circ}\text{C}$  нормальне теплове самопочуття забезпечується при дотриманні теплового балансу, в результаті чого температура людини залишається постійною і дорівнює  $36^{\circ}\text{C}$ .

Вологість повітря впливає на терморегуляцію організму: висока вологість (понад 85%) ускладнює терморегуляцію внаслідок зниження випаровування поту, а занадто низька (менше 20%) – викликає пересихання слизової оболонки дихальних шляхів. Оптимальна величина вологості 40-60%.

Рух повітря дуже впливає на самопочуття людини. У жаркому приміщенні воно сприяє збільшенню тепловіддачі організму людини та покращує стан при низькій температурі. У зимову пору року швидкість руху повітря не повинна перевищувати 0,2-0,5 м/с, а влітку – 0,2-1 м/с. Швидкість руху повітря може



шкідливо діяти на поширення шкідливих речовин. Необхідний склад повітря може бути забезпечений за рахунок виконання наступних заходів:

- механізація та автоматизація виробничих процесів, включаючи дистанційне керування. Ці заходи захищають від шкідливих речовин, теплового випромінювання, підвищують продуктивність праці;
- застосування технологічних процесів і обладнання, що виключають утворення шкідливих речовин. Велике значення має герметизація устаткування, в якому знаходяться шкідливі речовини;
- захист від джерел теплових випромінювань;
- влаштування вентиляції та опалення;
- застосування індивідуальних засобів захисту.

Завданням вентиляції є забезпечення чистоти повітря в заданих метеорологічних умовах.

Для ефективної роботи системи вентиляції, необхідно виконувати наступні санітарно-гігієнічні вимоги:

- кількість припливного повітря має майже відповідати кількості повітря, що видаляється. Різниця між ними повинна бути мінімальна.
- припливні й витяжні системи в приміщенні повинні бути правильно розміщені, тобто свіже повітря повинно подаватися в ту частину приміщення, де кількість шкідливих речовин мінімальна, а видалятися з тих ділянок, де виділення шкідливих речовин максимальне;
- система вентиляції не повинна викликати перегрів або переохолодження робітників;
- система вентиляції не повинна створювати шум на робочих місцях;
- вона повинна бути електро- та вибухобезпечною.

Кондиціювання повітря – автоматичне підтримування в приміщенні незалежно від зовнішніх умов температури, вологості, чистоти й швидкості руху

повітря. Кондиціонування застосовується для створення необхідних санітарно-гігієнічних умов.

Кондиціонер – вентиляційний пристрій, який за допомогою приладів авторегулювання підтримує в приміщенні задані параметри повітряного середовища. Кондиціонери бувають центральні та місцеві. У центральних кондиціонерах приготування повітря здійснюється поза обслуговуваного приміщення і подача повітря здійснюється за повітроводи. У місцевих кондиціонерах приготування повітря відбувається в виробничому приміщенні без застосування повітроводів [13].

### **9.3.2 Освітлення виробничих приміщень**

При освітленні виробничих приміщень використовують природне освітлення, штучне, здійснюване електролампами, та поєднане. Природне освітлення підрозділяється на бокове (здійснюється через вікна), верхнє (через аераційні ліхтарі, прорізи перекриттів), комбіноване. Штучне освітлення може бути двох видів: загальне і комбіноване. Загальне освітлення буває рівномірне без урахування розташування об'єкта і загальне локалізоване з урахуванням розташування робочих місць. Застосування одного місцевого освітлення всередині будівлі не допускається. В адміністративних і складських приміщеннях може бути використана система загального освітлення. За функціональним призначенням штучне освітлення поділяють: робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне і чергове. Робоче освітлення обов'язково для всіх приміщень для забезпечення нормальної роботи руху людей. Аварійне освітлення використовується для продовження робіт в тих випадках, коли раптово відключається робоче освітлення. Евакуаційне освітлення

використовується при аварійному відключенні робочого освітлення в місцях, небезпечних для проходу людей.

Основне завдання освітлення зводиться до створення найкращих умов для огляду об'єкта. Це завдання можна вирішити освітлювальною системою, яка відповідає таким вимогам:

1. освітленість повинна відповідати зоровій роботі, яка визначається наступними параметрами:
  - об'єкт відмінності – найменший даний об'єкт, окремі його частини та дефекти;
  - фон – поверхня, прилегла до об'єкта;
  - контраст об'єкта з фоном характеризується співвідношенням яскравості розглянутого об'єкта та фону;
2. необхідність забезпечення рівномірного розподілу яскравості робочої поверхні, а також в межах навколишнього простору;
3. в полі зору повинна бути відсутньою пряма або відбита блискіть;
4. величина освітленості повинна бути постійною в часі. Це досягається використанням стабілізуючих пристроїв;
5. слід вибрати оптимальну спрямованість світлового потоку;
6. необхідно правильно вибрати спектральний склад світла;
7. всі елементи освітлювальних установок, що знижують трансформатори, повинні бути довговічними, електро-, вибухо- і пожегобезпечними [14].

### **9.3.3 Заходи боротьби із шумом і вібраціями**

Рекомендовано застосовувати як організаційні, так і технічні заходи:

- насамперед варто намагатися відсторонити або зменшити вібрацію й шум у джерелах їхнього утворення (це відцентрові насоси, вентилятори), а потім застосувати заходів зменшення шуму на шляху його поширення, а також засобів індивідуального захисту.
- збільшення загальної маси фундаментів під великі відцентрові компресори і ізоляція фундаментів від ґрунту за допомогою акустичних швів;
- установка кожухів на компресори і приводи насосів;
- покриття (частково) будівельних конструкцій звуковбирним матеріалом (плитка й т.п.);
- покриття (частково) будівельних конструкцій гігроскопічними речовинами.

Для забезпечення безшумної роботи вентиляційних установок передбачено:

- установка відцентрових вентиляторів на віброоснові;
- з'єднання вентиляторів з повітропроводами через гнучкі вставки;
- обмеження швидкості повітря у повітропроводах шляхом збільшення площі їх поперечного перерізу.

Для зменшення вібрації, а, отже, і шуму, під час ремонту особлива увага приділяється балансуванню валів відцентрових насосів, вентиляторів.

У виробництві передбачається застосування засобів індивідуального захисту від шуму: заглушок (антифонів), які вкладаються в зовнішній слуховий прохід, і протишумових (шумозахисних) навушників і шоломів, які закривають вушну раковину ззовні. Для захисту від вібрації передбачають віброізолююче взуття й рукавички [11].

### **9.3.4 Заходи електробезпеки**

Електробезпека – система організаційних заходів та засобів, що направлена на захист людей від шкідливої та небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електричного поля, та статичної електрики.

Під причинами електротравм слід розуміти:

- порушення вимог нормативно-правових актів з охорони праці та інструкцій з електробезпеки;
- не виконання вимог нормативно-правових актів з охорони праці та інструкцій;
- порушення технології виконання робіт.

Основними заходами захисту від ураження електрострумом є:

- застосування робочої, подвійної або підсиленої ізоляції;
- дотримання відповідної відстані до струмоведучих частин чи шляхом закриття, огороження струмоведучих частин;
- застосування блокуючих пристроїв та огорожувальних пристроїв для запобігання помилкових операцій та доступу до струмоведучих частин;
- надійного та швидкодіючого автоматичного відключення частин електрообладнання, що потрапило під напругу і пошкоджених ділянок електромережі, в тому числі захисного відключення;
- захисне заземлення та занулення корпусів електрообладнання та елементів електроустаткування, що можуть потрапити під напругу внаслідок пошкодження ізоляції;
- вирівнювання потенціалів;
- застосування роздільних трансформаторів;
- застосування напруги 42В і нижче змінного струму частотою 50 Гц та 110В і нижче постійного струму;
- застосування попереджувальної сигналізації, написів та плакатів;
- застосування обладнання, яке понижує напругу електричних полів;

– застосування засобів захисту та пристроїв, в тому числі для захисту від дії електричного поля в електроустановках, в яких його напруженість перевищує допустимі норми [15].

Виконаємо розрахунок захисного заземлюючого контуру приміщення центрального пункту управління.

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

Загальний опір захисного заземлюючого пристрою визначається за формулою [16]:

$$R_{\zeta\zeta i} = \frac{R_{\zeta} \cdot R_{\tilde{n}i}}{R_{\tilde{n}i} \cdot n \cdot \eta_{\zeta} + R_{\zeta} \cdot \eta_{\tilde{n}i}}, \quad (36)$$

де  $R_{з}$  – опір заземлювача, в якості якого використовується металевий стрижень, Ом;

$R_{см}$  – опір металевій смуги, що з'єднує заземлювачі, Ом;

$n$  – кількість заземлювачів;

$\eta_{з} = 0,4$  – коефіцієнт екранування заземлювача;

$\eta_{см} = 0,6$  – коефіцієнт екранування з'єднуючої смуги

Опір заземлювача визначається за формулою [16]:

$$R_{\zeta} = \frac{\rho}{2\pi \cdot \ell} \left( \ln \frac{2 \cdot \ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + \ell}{4 \cdot t - \ell} \right), \quad (37)$$

де  $\rho = 110$  – питомий електричний опір суглинку, Ом·м;

- $\ell = 5$  – довжина заземлювача, м;  
 $d = 0,016$  – діаметр заземлювача, м;  
 $t = 3,3$  – відстань від середини розташованого в ґрунті заземлювача до рівня землі, м.

Опір смуги, що з'єднує заземлювачі, визначається за формулою [16]:

$$R_{\text{нї}} = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t'}, \quad (38)$$

- де  $L = 26$  – довжина смуги, що з'єднує заземлювачі, м;  
 $b = 0,03$  – ширина смуги, м;  
 $t' = 0,5$  – відстань від верхнього кінця заземлювача до поверхні землі, м.

Кількість заземлювачів захисного заземлюючого пристрою визначається за формулою [16]:

$$n = \frac{\Psi \cdot R_{\zeta}}{4 \cdot \eta_{\zeta}}, \quad (39)$$

- де  $\Psi = 2$  – коефіцієнт сезонності, який залежить від кліматичної зони території;  
 $R_{\zeta}$  – опір заземлювача, Ом;  
 4 – припустимий загальний опір, Ом;  
 $\eta_{\zeta} = 0,4$  – коефіцієнт екранування заземлювача.

$$R_{\zeta} = \frac{110}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 5}{0,016} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3,3 + 5}{4 \cdot 3,3 - 5} \right) = 23,9 \text{ } \hat{\Omega};$$

$$n = \frac{2 \cdot 23,9}{4 \cdot 0,4} = 30 \text{ } \phi;$$

$$R_{\tilde{m}} = \frac{110}{2 \cdot 3,14 \cdot 26} \cdot \ln \frac{2 \cdot 26^2}{0,03 \cdot 0,5} = 11,4 \text{ Ом};$$

$$R_{\zeta\tilde{c}\tilde{i}} = \frac{23,9 \cdot 11,4}{11,4 \cdot 30 \cdot 0,4 + 23,9 \cdot 0,6} = 0,8 \text{ Ом}.$$

Оскільки  $R_{\text{ззп}} = 0,8 \leq 4 \text{ Ом}$ , то можна зробити висновок, що захисний заземлюючий пристрій зможе забезпечити електробезпеку ЦПУ.

#### **9.4 Заходи пожежної безпеки**

Відповідно до Кодексу цивільного захисту України забезпечення пожежної безпеки підприємств покладається на їх керівників і уповноважених керівниками осіб, якщо інше не передбачено відповідним договором.

Пожежна безпека повинна забезпечуватися шляхом проведення організаційних, технічних та інших заходів спрямованих на попередження пожеж, забезпечення безпеки людей, зниження можливих майнових втрат і зменшення негативних екологічних наслідків у разі їх виникнення, створення умов для швидкого виклику пожежних підрозділів та успішного гасіння пожеж.

На кожному підприємстві повинен бути встановлений відповідний протипожежний режим, у т.ч. визначені:



- можливість (місце) паління, застосування відкритого вогню, побутових нагрівальних приладів;
- порядок проведення тимчасових пожежонебезпечних робіт (у тому числі зварювальних);
- правила стоянки та проїзду транспортних засобів;
- порядок прибирання горючого пилу та відходів, зберігання промасленого спецодягу, очищення повітроводів вентиляційних систем від горючих відкладень;
- порядок відключення від мережі електрообладнання у разі пожежі;
- порядок проходження посадовими особами навчання й перевірки знань пожежної безпеки, а також проведення з працівниками протипожежних інструктажів;
- порядок організації, експлуатації і обслуговування наявних технічних засобів протипожежного захисту (вогнегасників, протипожежного водопроводу, установок протипожежної сигналізації тощо);
- порядок проведення планово-попереджувальних ремонтів та оглядів електроустановок, опалювального, вентиляційного, технологічного та іншого обладнання;
- дії працівників у разі виявлення пожежі;
- порядок збирання членів добровільної пожежної дружини та відповідальних посадових осіб у разі виникнення пожежі, виклику вночі, у вихідні і святкові дні.

Території підприємств повинні постійно утримуватися в чистоті та систематично очищатися від сміття, відходів виробництва, тари, опалого листя, котрі необхідно регулярно вивозити у спеціально відведені місця.

Дороги, проїзди й проходи до будівель, споруд, пожежних вододжерел, підступи до зовнішніх стаціонарних пожежних драбин, пожежного інвентарю, обладнання та засобів пожежогасіння мають бути завжди вільними,

утримуватися справними, взимку очищеними від снігу. Забороняється довільно зменшувати нормовану ширину доріг та проїздів.

До всіх будівель і споруд підприємства має бути забезпечений вільний доступ. Протипожежні розриви між будинками, спорудами, відкритими майданчиками для зберігання матеріалів, устаткування тощо повинні відповідати вимогам будівельних норм. Їх не дозволяється захаращувати, використовувати для складування матеріалів, устаткування, стоянок автотранспорту.

На території об'єктів, де паління дозволяється, адміністрація зобов'язана визначити і обладнати спеціальні місця для цього, позначити їх знаком або написом, встановити урну або попільницю з негорючих матеріалів.

Не дозволяється:

- проходження повітряних ліній електропередач та зовнішніх електропроводок над горючими покрівлями, навісами, складами паливно-мастильних матеріалів;
- прокладка електричних проводів і кабелів транзитом через складські приміщення, пожежонебезпечні та вибухові зони;
- експлуатація кабелів і проводів з пошкодженою або такою, що в процесі експлуатації втратила захисні властивості ізоляцією;
- залишення під напругою кабелів та проводів з неізольованими струмопровідними жилами;
- застосування саморобних подовжувачів;
- користування пошкодженими розетками, відгалужувальними та з'єднувальними коробками;
- застосування в пожежонебезпечних зонах складських приміщень люмінесцентних світильників з відбивачами і розсіювачами, виготовленими з горючих матеріалів;

– складування горючих матеріалів на відстані 1 м від електроустаткування та під електрощитами.

Все електрообладнання (корпуси електричних машин, трансформаторів, апаратів, світильників, розподільчих щитів, щитів управління, металеві корпуси пересувних та переносних електроприймачів тощо) підлягає зануленню або заземленню відповідно до вимог розділів ПУЕ.

Пожежні автомобілі, мотопомпи та причіпи, введені в експлуатацію, повинні бути у повній готовності до виїзду (застосування) по тривозі: бути справним, мати повний комплект придатного до застосування пожежно-технічного озброєння, заправлені паливом, мастильними матеріалами, забезпечені запасом вогнегасних речовин.

Будівлі, споруди, приміщення, технологічні установки повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння, вогнегасниками, ящиками з піском, бочками з водою, покривалами з теплоізоляційного негорючого полотна, грубововняної тканини повсті, пожежними відрами, совковими лопатами, пожежним інструментом (гаками, ломачами, сокирами тощо), які використовуються для локалізації і ліквідації пожеж у їх початковій стадії розвитку.

Норми належності первинних засобів пожежогасіння повинні встановлюватись нормами технологічного проектування, галузевими правилами пожежної безпеки з урахуванням рекомендацій Правил пожежної безпеки України.

Для розміщення первинних засобів пожежогасіння повинні встановлюватись спеціальні пожежні щити (стенди). На пожежних щитах необхідно вказувати їх порядкові номери та номер телефону для виклику пожежної охорони.

Пожежні щити повинні забезпечувати:

- захист вогнегасників від попадання прямих сонячних променів;
- зручність та оперативність зняття закріплених на щиті комплектуючих виробів.

Вогнегасники слід встановлювати у легкодоступних та помітних місцях (коридорах, біля входів або виходів з приміщень тощо), а також у пожежонебезпечних місцях, де найбільш вірогідна поява пожежі.

Переносні вогнегасники повинні розміщуватися шляхом:

- навішування на вертикальні конструкції на висоті не менше 1,5 м. від рівня підлоги до нижнього торця вогнегасника і на відстані від дверей достатній для їх повного відчинення;
- встановлення з пожежні шафи поруч з пожежними кранами, у спеціальні тумби або на пожежні щити;

Вогнегасники допущені до зведення з експлуатацію повинні мати:

- облікові номери за прийнятою на підприємстві системою нумерації;
- пломби на пристроях ручного пуску;
- бірки та маркувальні написи на корпусі, червоне сигнальне пофарбування згідно з державними стандартами.

Використані вогнегасники, а також з зірваними пломбами необхідно негайно направляти на перезарядження або перевірку. Вогнегасники відправлені з об'єкта на перезарядження, повинні бути замінені зарядженими.

Безпечне в пожежному відношенні перебування людей в приміщеннях та попередження виникненню пожеж забезпечується:

- суворим додержанням працівниками вимог правил пожежної безпеки;
- постійним утриманням в належному порядку шляхів евакуації та наявних в будівлі засобів протипожежного захисту.

- розробкою планів евакуації людей та майна з приміщень з описом розподілу обов'язків між працівниками по евакуації людей та із зазначенням інших дій на випадок виникнення пожежі.
- постійним підтриманням в робочому стані засобів протипожежної сигналізації та засобів оповіщення.
- проведенням спеціальних навчань щодо пожежної безпеки.
- своєчасним виконання протипожежних заходів, запропонованих органами Державного пожежного нагляду.

Адміністрація підприємства забезпечує проведення первинних (при наймі на роботу) та щорічних навчань щодо пожежної безпеки та здійснює перевірки відповідності стану приміщень вимогам цієї інструкції.

При виникненні пожежі дії адміністрації в першу чергу спрямовуються на забезпечення безпеки та евакуації людей. При виникненні пожежі необхідно:

- застосувати систему оповіщення;
- негайно повідомити адміністрацію підприємства;
- негайно повідомити пожежну охорону по телефону (101), вказавши точну адресу і місце пожежі, що горить, наявність в будівлі людей і своє прізвище;
- до прибуття пожежної команди вжити заходів по евакуації людей і приступити до гасіння пожежі наявними засобами;
- організувати евакуацію майна і матеріальних цінностей.

При виникненні пожежі або загоранні керівники структурних підрозділів у приміщеннях, зайнятих цим структурним підрозділом, зобов'язані:

- перевірити чи викликана пожежна допомога;
- очолити керівництво гасінням пожежі до прибуття пожежних підрозділів;
- під час пожежі необхідно утриматись від відчинення вікон і дверей, а також розбивати застакління;
- евакуюючись з приміщення або будівлі, потрібно зачинити за собою двері, так як притік свіжого повітря сприяє швидкому поширенню вогню.

Після прибуття підрозділів пожежної охорони уповноважені особи, які керували гасінням пожежі, зобов'язані повідомити старшому начальнику пожежної охорони всі необхідні дані про наявність в будівлі людей, про джерело пожежі, про заходи, вжиті по ліквідації пожежі.

По кожному випадку пожежі або будь-якому загоранні адміністрація підприємства досліджує всі обставини, що сприяли виникненню пожежі і загоранню і здійснює необхідні профілактичні заходи [17].

## **ВИСНОВКИ**

В дипломному проекті розроблена стадія випарювання в виробництві натрій гідроксиду потужністю 60 тис. т/рік.

З огляду на переваги та недоліки існуючих способів виробництва був обраний вапняний спосіб. З урахуванням способу виробництва була вибрана сировина, спроектована технологічна схема.

На підставі заданої потужності виробництва були виконані розрахунки матеріального та теплового балансів стадії випарювання. За результатами розрахунку матеріального балансу був обраний основний апарат стадії – випарний апарат з внутрішньою гріючою камерою та центральною циркуляційною трубою. В пояснювальній записці наводиться конструктивний та механічний розрахунок випарного апарату, стисла характеристика технологічного обладнання стадії випарювання.

Запропонована в проектованому виробництві система автоматизації стадії випарювання дозволяє проводити технологічний процес в оптимальному режимі, а також отримувати продукт, що відповідає нормам діючого ГОСТу.

В розділі «Охорона праці» детально розглянуті шкідливі виробничі фактори на проектованому виробництві та заходи запобігання цим факторам, заходи пожежної безпеки, а також виконаний розрахунок заземлюючого контуру приміщення центрального пульта управління.