

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ДЕРЕВООБРОБНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ДИЗАЙНУ

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки
життєдіяльності

Пояснювальна записка

до диплому/роботи магістра

на тему: «ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ ВИРОБНИЦТВА
КАЛЫФІНОВАНОЇ СОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ АМІАЧНОГО МЕТОДУ ТА
СПОСОБІВ РАЦІОНАЛЬНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ РІДНИНИХ ВІДХОДІВ»

Виконав: студент VI курсу, групи ТІНС-61м

Спеціальності 183 «Технології захисту
навколишнього середовища»

Яцишин І.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

доц. Кіндзера Д.П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Кучерук І.І.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут **деревообробних технологій і дизайну**

Кафедра **технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки життєдіяльності**

Освітньо-кваліфікаційний рівень **магістр**

Спеціальність **183 «Технології захисту навколишнього середовища»**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЗНСДБЖД

проф. Кшивецький Б.Я.

“30” вересня 2024 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Яцишин Ігор Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження екологічних проблем виробництва кальцинованої соди з використанням аміачного методу та способів раціональної утилізації рідинних відходів»

«Research of environmental problems of soda ash production using the ammonia method and methods of rational disposal of liquid wastes»

Керівник роботи Кіндзера Діана Петрівна, кандидат техн. наук, доцент каф. ТЗНСДБЖД

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

затверджені наказом по університету від “12” 07 2024 року №...C-469.

2. Строк подання студентом роботи до 15 грудня 2024

3. Вихідні дані до роботи Вихідними даними для роботи є дані щодо екологічного стану підприємств з виробництва кальцинованої соди

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

1. Особливості виробництва кальцинованої соди з використанням аміачного методу


2. Газові викиди підприємства та технологічні рішення щодо способів знешкодження оксидів нітрогену, оксиду сірки та сірководню

3. Рідинні стоки та шлами підприємств виробництва кальцинованої соди

4. Методики визначення хімічного складу шламу та стоків підприємства, технології очищення стічних вод, нарядки застосування дистилерної рідини та шламів

5. Охорона праці
6. Загальні висновки по роботі
7. Презентація

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	закінчив працю
Охорона праці	Сторожук В.М.		

7. Дата видачі завдання _____ 18 червня 2023 року

Керівник проекту _____ доц. Кіндзера Д.П.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Особливості виробництва кальцинованої соди з використанням аміачного методу	до 01.09.24	
2.	Газові викиди підприємства та технологічні рішення щодо способів знешкодження оксидів нітрогену, оксиду сірки та сірководню	до 15.09.24	
3.	Рідні стоки та шлами підприємства виробництва кальцинованої соди	до 01.10.24	
4.	Методики визначення хімічного складу шламу та стоків підприємства, технології очищення стічних вод, напрямки застосування дистильованої рідини та шламів	до 20.09.24	
5.	Розділ з охорони праці	до 15.11.24	
	Висновки по роботі	до 01.12.24	
	Оформлення роботи та презентації	до 15.12.24	

Студент



Янцишин І.В.

Керівник проекту



доц. Кіндзера Д.П.

РЕФЕРАТ

Магістерська робота «Дослідження екологічних проблем виробництва кальцинованої соди з використанням аміачного методу та способів раціональної утилізації рідинних відходів» складається із: пояснювальної записки (50 стор.), яка містить 6 рисунків, 5 таблиць, 17 джерел.

У магістерській кваліфікаційній роботі розглянено технологію отримання кальцинованої соди з використанням аміачного методу. Описано етапи виробничого процесу та представлено апаратне забезпечення технологічної лінії. Визначені основні екологічні проблеми виробництв кальцинованої соди. Проведено аналіз технологічних рішень щодо способів знешкодження оксидів нітрогену, оксидів сірки, сірководню, які містяться у відхідних газах підприємства, а також рішення щодо боротьби із запиленням. Ідентифікація джерел забруднення рідинних стоків підприємств виробництва кальцинованої соди показала, що на содових заводах існує кілька категорій стічних вод, однак основним забруднювачем рідинних стоків є «дистилерна рідина», що являє собою суспензію з залишків вапна, що не прореагували в розчині хлоридів натрію та кальцію. Проведено огляд технологій очищення стічних вод. Проведено розрахунок відстійника. Наведені рішення щодо способів використання дистилерної рідини та виробничих шламів.

Ключові слова: кальцинована сода, відхідні гази, стічні води, дистилерна рідина, відстійник

ABSTRACT

Master's thesis: «Research of environmental problems of soda ash production using the ammonia method and methods of rational disposal of liquid wastes» consists of: explanatory note (50pages) containing 6 figures, 5 tables, 17 sources. The master's thesis examines the technology of obtaining soda ash using the ammonia method. The stages of the production process are described and the hardware of the technological line is presented. The main environmental problems of soda ash production are identified. An analysis of technological solutions for the disposal of nitrogen oxides, sulfur oxides, and hydrogen sulfide, which are contained in the waste gases of the enterprise, as well as solutions for combating dust, has been carried out. The identification of the sources of pollution of the liquid effluents of enterprises producing soda ash showed that there are several categories of wastewater at soda factories, but the main pollutant of liquid effluents is "distillation liquid", which is a suspension of lime residues that have not reacted in a solution of sodium and calcium chlorides. An overview of wastewater treatment technologies was conducted. Calculation of the sedimentation tank was carried out. Decisions regarding methods of using distillery liquid and industrial sludges are given.

Keywords: soda ash, waste gases, waste water, distilling liquid, settling tank

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

Під час виконання магістерської роботи необхідно здійснити дослідження екологічних проблем виробництва кальцинованої соди з використанням аміачного методу та способів раціональної утилізації рідинних відходів.

Для дослідження необхідно:

- вивчити особливості виробництва кальцинованої соди з використанням аміачного методу, представити апаратурне оформлення виробничого циклу;
- провести ідентифікацію джерел забруднення газових викидів підприємства та провести аналіз технологічних рішень щодо способів знешкодження хімічно-активних компонентів та представити апаратурні рішення для очищення від пилу;
- навести опис методик, для визначення хімічного складу стоків підприємства та шламів, провести огляд технологій очищення стічних вод, провести розрахунок відстійника; запропонувати рішення щодо застосування дистилерної рідини та шламів.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА КАЛЬЦИНОВАНОЇ СОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ АМІАЧНОГО МЕТОДУ	9
РОЗДІЛ 2. ГАЗОВІ ВИКИДИ ПІДПРИЄМСТВА ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО СПОСОБІВ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ОКСИДІВ НІТРОГЕНУ, ОКСИДУ СІРКИ ТА СІРКОВОДНЮ	15
2.1. Ідентифікація джерел забруднення атмосферного повітря та дослідження їх впливу на здоров'я людей і стан довкілля	15
2.2. Аналіз технологічних рішень щодо способів знешкодження оксидів нітрогену, оксидів сірки та сірководню	18
2.3. Апаратурні рішення для боротьби із запиленістю	22
РОЗДІЛ 3. РІДИННІ СТОКИ ТА ШЛАМИ ПІДПРИЄМСТВ ВИРОБНИЦТВА КАЛЬЦИНОВАНОЇ СОДИ	25
3.1. Ідентифікація джерел забруднення стічних вод підприємств виробництва кальцированої соди	25
3.2. Шламові накопичення	27
РОЗДІЛ 4. МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ШЛАМУ ТА СТОКІВ ПІДПРИЄМСТВА, ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД, НАПРЯМКИ ЗАСТОСУВАННЯ ДИСТИЛЕРНОЇ РІДИНИ ТА ШЛАМІВ	29
4.1. Підбір методик для визначення хімічного складу проб шламу з дослідних шламонакопичувачів та складу промислових стоків підприємства	29
4.2. Огляд технологій очищення стічних вод, розрахунок відстійника	31
4.3. Рішення щодо застосування дистилерної рідини та шламів	37
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	40
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	49

ВСТУП

Кальцинована сода (Na_2CO_3) є широкоживаним, необхідним продуктом, який має багаторічну історію виробництва. Вона широко використовується, як для побутових потреб, так і для потреб багатьох галузей сучасної промисловості: хімічної (скловиробництво), металургійної, нафтової, харчової, лакофарбової, целюлозно-паперової, приладобудівної, тощо. Содова промисловість є однією з галузей хімічної промисловості, що виробляє кальциновану, каустичну соди, бікарбонат натрію, тощо. У даний час у світі виробництво кальцинованої соди базується на чотирьох способах її отримання, а саме – аміачному; способі отримання з природної содовмісної сировини; способі комплексної переробки нефелінів; способі карбонізації натрію гідроксиду. Серед існуючих методів виробництва соди кальцинованої на даний час найбільше розповсюдження (до 65-70 %) одержав аміачний спосіб [1]. За аміачним методом виробництва кальцинованої соди працювали підприємства розміщені у Лисичанську, Слов'янську, Красноперекопську, за цим методом виробляють соду в м. Калуш, за цією технологією працюють дрібні виробники.

Актуальність теми. Недоліки аміачного способу отримання кальцинованої соди стають все істотнішими в міру посилення вимог до комплексного використання природної сировини і до охорони навколишнього середовища від забруднень. Головною проблемою під час застосування аміачного методу для виробництва кальцинованої соди є питання екології, пов'язане з значною кількістю утворюваних побічних продуктів, рідких відходів, шламів, забрудненням газових викидів хімічно-активними компонентами та пилом. Однак, найбільші проблеми виробництва пов'язані з утворенням значних обсягів стічних вод, які є хімічно-забрудненими. Дистилерна рідина, яка є основним компонентом являє собою висококонцентровану різнокомпонентну суспензію, до складу якої входять нерозчинені залишки вапна та цілий ряд різноманітні хімічно-активних домішок. Існуючі технології утилізації дистилерної рідини не забезпечують повного вирішення проблеми через значні обсяги її утворення. Відсутність ефективних методів обробки та переробки

призводить до того, що частина стоків несанкціоновано скидається у поверхневі водойми. Це викликає порушення водних екосистем через зміну хімічного складу води. Недосконалість існуючих технологій очищення призводить до порушень екологічної безпеки та загострює необхідність впровадження інноваційних систем очищення рідинних стоків. Враховуючи склад і особливості дистилерної рідини, одним із найбільш ефективних підходів є її багатостадійне очищення із застосуванням комплексу методів: фізико-механічного відстоювання, що дозволяє розділити рідку фазу та шлам; хімічного осадження, спрямованого на видалення кальцієвих сполук; сучасних мембранних технологій, які забезпечують зниження концентрації твердих домішок у рідкій фазі.

Мета роботи - дослідження екологічних проблем виробництва кальцинованої соди з використанням аміачного методу та способів раціональної утилізації рідинних відходів.

Об'єкт дослідження – підприємства з виробництва кальцинованої соди з використанням аміачного методу.

Предмет дослідження – технологічні рішення щодо очищення газових викидів, методів очищення стічних вод підприємств та раціональної утилізації компонентів-забрудників стічних вод.

Завдання досліджень:

- вивчити особливості виробництва кальцинованої соди з використанням аміачного методу, представити апаратурне оформлення виробничого циклу;

- провести ідентифікацію джерел забруднення газових викидів підприємства та провести аналіз технологічних рішень щодо способів знешкодження хімічно-активних компонентів та представити апаратурні рішення для очищення від пилу;

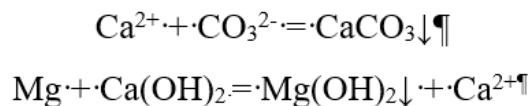
- навести опис методик, для визначення хімічного складу стоків підприємства та шламів, провести огляд технологій очищення стічних вод, провести розрахунок відстійника; запропонувати рішення щодо застосування дистилерної рідини та шламів.

РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА КАЛЬЦИНОВАНОЇ СОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ АМІАЧНОГО МЕТОДУ

Аміачний метод виробництва кальцированої соди (метод Сольве) став основним, зважаючи на доступність сировинних компонентів. Загалом, для отримання кальцированої соди необхідними є наступні компоненти: розсіл NaCl, CO₂, NH₃.

Отримання вихідних компонентів для виробництва кальцированої соди

- *розсіл NaCl* - соляна ропа (натрій хлорид). Для залучення у виробничий процес, сирій розсіл (NaCl+вода H₂O), який містить 307...310 г/дм³ NaCl, очищають від домішок, які в ньому містяться (від солей кальцію та магнію) Застосовується, наприклад, для очищення вапняно-содовий метод. За використання цього методу, іони кальцію та магнію утворюють із реагентами малорозчинні сполуки, які осаджуються з розчину:



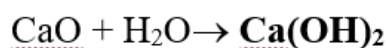
- *вуглекислий газ (CO₂)*. Його отримання можна прослідкувати на схемі (рис. 2.1). Його отримують із двох джерел:

CO₂ отримують шляхом випалювання вапняку (осадова гірська порода, CaCO₃) у вапняно-випалювальній печі (1), яка представлена на схемі рис. 2.1. Внаслідок випалювання вапняку утворюється вуглекислий газ та вапно (CaO):



Потік газу з вапняно-випалювальної печі містить 35...40% CO₂. Вуглекислий газ очищають від пилу вапна та вапняку в холодильнику-газоочищувачі (2).

Отримане вапно гаситься водою до утворення вапняного молока Ca(OH)₂:



Інший потік CO₂ - із содової печі (12), де відбувається розкладання NaHCO₃ за дії високих температур:



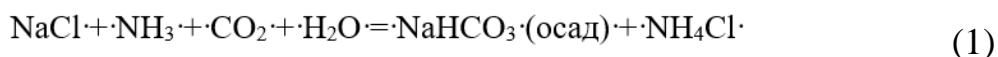
Потік газу, що виходить із печі (12), містить 85...90% CO₂.

- **аміак (NH₃)**, необхідний для виробничих цілей, надходить з інших виробничих стадій, де він утворюється (зі стадій карбонізації та фільтрації).

Таким чином, три сполуки будуть брати участь у виробництві кальцинованої соди : натрій хлорид (розсіл), вуглекислий газ та аміак.

Стадії виробництва кальцинованої соди аміачним способом

Загалом, суть аміачного методу полягає в послідовній обробці насиченого розчину NaCl натрій хлориду (розсолу) аміаком (NH₃) і вуглекислим газом (CO₂), внаслідок чого утворюється малорозчинний NaHCO₃ (гідрокарбонат натрію), який випадає з розчину в вигляді кристалічного осаду, та NH₄Cl (амонію хлорид):



На виробництві, описаний рівнянням (1) процес проводять у дві послідовні стадії:

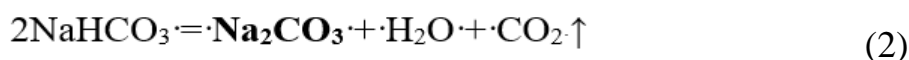
- *приготування амонізованого розсолу.* Розсіл (NaCl+H₂O) збагачують аміаком (NH₃) внаслідок чого утворюється *амонізований розсіл* (NaCl+H₂O+NH₃). Стадія поглинання аміаку протікає у відділенні абсорбції.

- *карбонізація амонізованого розсолу вуглекислим газом.* Попередньо отриманий у відділенні абсорбції амонізований розсіл (NaCl+H₂O+NH₃), обробляють CO₂, що приводить до утворення гідрокарбонату натрію **NaHCO₃**, що випадає в осад. Стадію реалізують у відділенні карбонізації. У результаті реакції також утворюється **NH₄Cl** (амонію хлорид) – за реакцією (1).

Після цього переходять до наступних стадій виробництва.

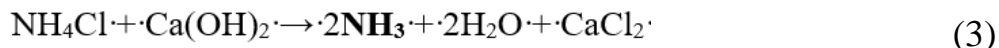
Фільтрування розчину. Осад **NaHCO₃** відфільтровують від маточного розчину, який містить амонію хлорид та інші утворені солі в малих кількостях.

Кальцинація. Відфільтрований **NaHCO₃** подають в піч. Внаслідок прожарювання (кальцинації) в печі NaHCO₃ при 100-170⁰С, утворюється **Na₂CO₃** (кальцинована сода), що є цільовим продуктом:



CO₂ направляють у відділення карбонізації (*на стадію II*).

Регенерація аміаку. NH_3 регенерують з NH_4Cl (амонію хлориду) для того, щоб повернути його у виробництво (на стадію I). З цією метою маточний розчин, який містить NH_4Cl , обробляють вапняним молоком $\text{Ca}(\text{OH})_2$:



Описаний процес виробництва кальцинованої соди реалізують на виробництві, для чого застосовують багато обладнання, яке складає технологічну схему виробництва, представлену на рис. 2.1.

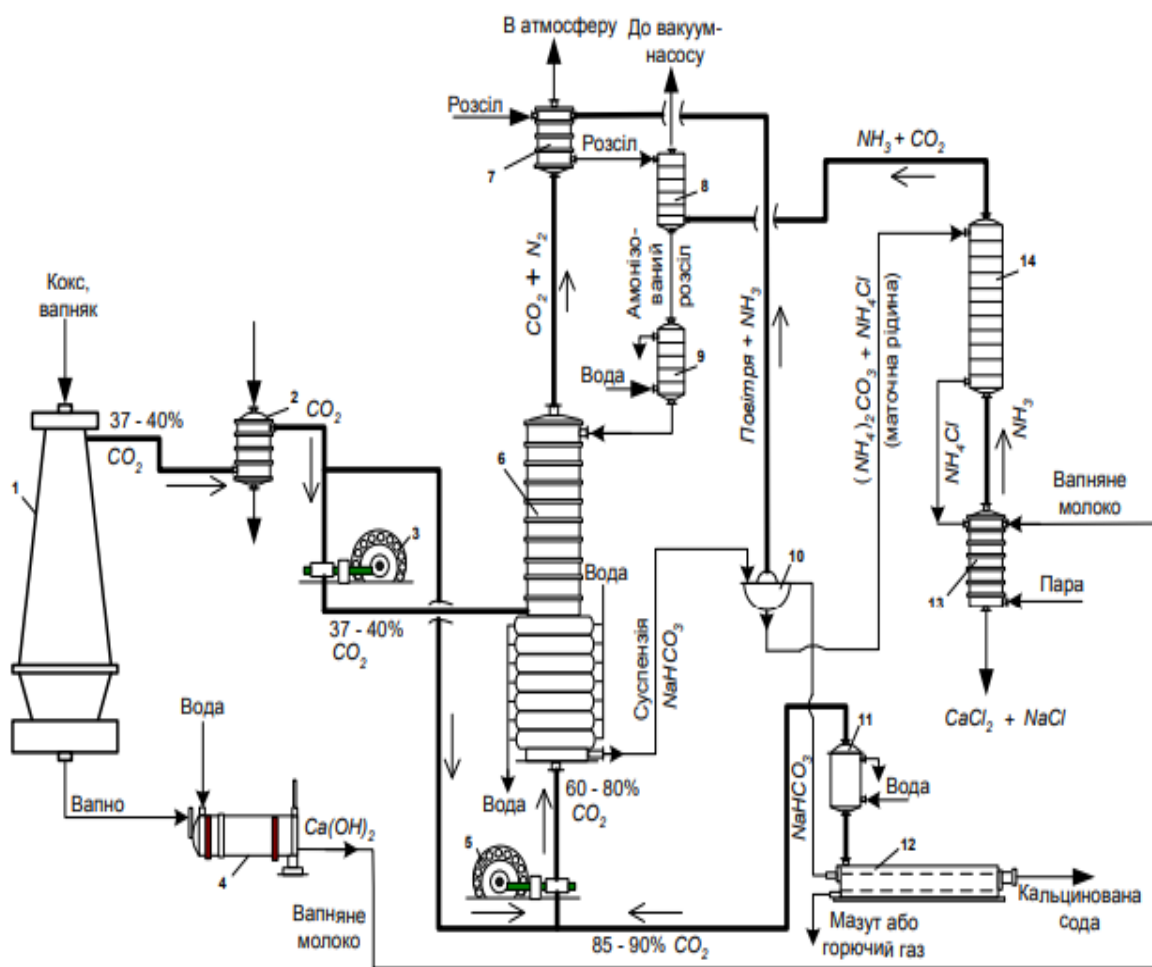


Рис. 2.1. Технологічна схема отримання кальцинованої соди із застосуванням аміачного методу: 1 - піч для випалювання вапня; 2 - холодильник-газоочищувач; 3, 5 - компресор; 4 - апарат для гасіння вапня; 6 - колона для карбонізації; 7 - промивач газів; 8 - абсорбер; 9 - холодильник амонізованого розсолу; 10 - вакуум-фільтр; 11 - холодильник-промивач газів; 12 - содова піч; 13 - дистиленер-змішувач; 14 - дистиляційна колона

Апаратурно оформленими є наступні виробничі стадії:

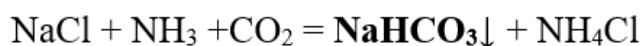
I стадія. Амонізація розсолу. Очищений розсіл $NaCl$ надходить у промивач газів (7) де він поглинає CO_2 з газів, що надходять з карбонізаційної колони (6) та поглинає NH_3 з газів, що надходять з вакуум-фільтру (10). Відпрацьований газ, із промивача газів (7), який містить в основному N_2 (азот), викидається в атмосферу.

Далі розсіл надходить у абсорбційний апарат (8), де відбувається *процес амонізації* - розсіл поглинає гази NH_3 і CO_2 (вони надходять з дистиляційної колони (14)). Таким чином, з абсорбера (8) виводиться амонізований розсіл.

Гази, які не поглинулися, направляються до газопромивача (7).

II стадія. Карбонізація. Розсіл амонізований подається для охолодження в холодильник (9). З холодильника (9) розсіл амонізований поступає у верхню частину карбонізаційної колони (6). Тут відбувається карбонізація розсолу, для чого в колону вводиться CO_2 . Він вводиться в колону (6) двома потоками: у середню частину колони (6) подається газ із CO_2 (отриманий у вапняно-випалювальній печі (1)) та у нижню частину колони (6) подається газ із CO_2 , який утворився у содовій печі (12).

У карбонізаційній колоні (6) протікає реакція:



Тобто, *відбувається перетворення амонізованого розсолу ($NaCl + NH_3$) за присутності вуглекислого газу CO_2 на гідрокарбонат натрію ($NaHCO_3$)* – кристалічний продукт, що випадає в осад.

Поза тим, утворюється хлорид амонію NH_4Cl . Утворені продукти містяться у розчині, тобто утворюють суспензію (тверда фаза в рідині). Окрім цього, в суспензії міститься залишок $NaCl$, що не прореагував. Під час проходження реакції, утворюються також побічні продукти – солі амонію: NH_4HCO_3 та $(NH_4)_2CO_3$, які також містяться у незначних кількостях у цій суспензії.

CO_2 , який не вступив у реакцію, відводиться через штуцер з верхньої частини карбонізаційної колони (6) і подається у промивач для газів (7), де він поглинається свіжим розсолем, який надходить.

III стадія. Фільтрування. Суспензію, яка утворилася в колоні (6) і характеризується багатокомпонентним складом, виводиться через штуцер у нижній частині колони і подається на вакуум-фільтр (10). На фільтрі відбувається розділення суспензії на дві складові – осад (тверда фаза - твердий кристалічний NaHCO_3) та фільтрат (рідка фаза). Отже, NaHCO_3 залишається на фільтрувальній перегородці у вигляді осаду. На фільтрі реалізується промивання осаду водою, що забезпечує його чистоту.

Відділена від осаду рідина, яка має назву «маточний розчин» виходить з фільтру та направляється в колону дистиляційну (14) для процесу регенерації (відділення) аміаку.

IV стадія. Кальцинування. Кальцинування – це процес розкладання NaHCO_3 з утворенням *кальцинованої соди* (Na_2CO_3), води та CO_2 :



Процес кальцинування реалізують у содовій печі (12). Кальцинована сода, як готовий продукт виробництва подається на упакування.

Ще одним важливим аспектом технологічної лінії є регенерація аміаку, адже виробництво має надзвичайно високу потребу в ньому.

V стадія. Регенерація аміаку. Регенерація аміаку проводиться у двох апаратах. В дистиляційній колоні (14) – аміак регенерують з маточного розчину, що подається з фільтру (10). В дистиляційній колоні відбувається розкладання солей амонію при температурі $70\dots 80^\circ\text{C}$ (внаслідок нагрівання газами, що виходять з дистилера-змішувача (13)):



Регенерація аміаку також відбувається в дистилері-змішувачі (13), в який подається рідина, що містить хлорид амонію (NH_4Cl) з колони (14). В апарат 13 також подається вапняне молоко (його одержують в апараті гасіння вапна (4) $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{вапно Ca(OH)}_2$).

У апараті (13) протікає реакція: $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca(OH)}_2 = \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$.

Аміак відганяється водяною парою, яка заходить в апарат (13) в нижню частину.

Регенерований в апаратах (13) та (14) аміак (разом з CO_2) направляються в абсорбер (8).

Розчин, який залишається після відгону NH_3 , і який містить велику кількість CaCl_2 (хлориду кальцію) та невелику кількість натрій хлориду, який не вступив в реакцію та інші солі називається *дистилерною рідиною*, яка є великооб'ємним рідинним відходом.

Загалом, незважаючи на значні переваги аміачного методу (методу Сольве) виробництва кальцинованої соди, його значним недоліком є утворення великих обсягів рідких відходів (основним з яких є дистилерна рідина), а також цілого переліку газоподібних речовин-забрудників та пилових викидів, значної кількості твердих побічних продуктів та шламів (основним чином після стадії розсолочистки).

РОЗДІЛ 2. ГАЗОВІ ВИКИДИ ПІДПРИЄМСТВА ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО СПОСОБІВ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ОКСИДІВ НІТРОГЕНУ, ОКСИДУ СІРКИ ТА СІРКОВОДНЮ

2.1. Ідентифікація джерел забруднення атмосферного повітря та дослідження їх впливу на здоров'я людей і стан довкілля

Дослідження забруднень газових викидів підприємств з виробництва соди за аміачним методом показали, що підприємства є джерелом викидів великих обсягів шкідливих газоподібних речовин та пилу:

- оксидів карбону (IV) – CO_2 ; аміаку – NH_3 – тобто газів, що викидаються з виробничого процесу;

- оксидів сульфуру (IV) – SO_2 ; оксидів карбону (II) – CO , оксидів нітрогену – NO_x та сірководню H_2S [4], які утворюються, основним чином в результаті спалювання палива в теплоагрегатах підприємства та стадії випалу карбонатної сировини (вапняку), оскільки сировина містить домішки;

- пилу вапняку, пилу кальцинованої соди.

Викиди NO_x

Загальна викидів NO_x складає до 0,8 кг на 1 тону цільового продукту [6]. NO_x – це узагальнююча формула оксидів нітрогену – NO і NO_2 , до яких встановлено на підприємствах санітарногігієнічні обмеження. Це пояснюється шкідливим впливом даних оксидів на здоров'я працівників і стан довкілля.

Під час згоряння палива, до 90 % оксидів нітрогену утворюється у формі NO (нітрогену (II) оксиду). Решта до 10 % припадає на утворення нітрогену (IV) оксид – NO_2 . Тому, найчастіше оцінюють їх сумісну негативну дію. Однак, в ході хімічних реакцій в атмосфері (що містить вільний кисень), значна частина NO перетворюється на NO_2 – набагато більш небезпечну речовину, що підтверджується значеннями санітарно-гігієнічних нормативів, наведених в таблиці 2.1:

Таблиця 2.1. – Нормативні санітарно-гігієнічні характеристики оксидів нітрогену

Речовина	Клас небезпеки	Максимально разова ГДК, (ГДК м.р., мг/м ³)	Середньодобова ГДК, (ГДК с.д., мг/м ³)
NO	3	0,4	0,06
NO ₂	2	0,085	0,04

Нітрогену (II) оксид (NO) є безбарвним газом, який не подразнює дихальні шляхи, і тому працівники можуть його не відчувати, однак саме ця складова забрудненого повітря викликає ураження нервової системи, а також зміни крові. Нітрогену (IV) оксид (NO₂) – це газ з бурим кольором та неприємним запахом, тому легко ідентифікується. Він є подразником слизових оболонок дихальних шляхів, отруйним газом, що може викликати ряд змін в організмі. Оксиди нітрогену спричиняють негативний вплив на стан довкілля – відносяться до парникових газів непрямої дії, на які, разом з N₂O (парниковий газ прямої дії), припадає до 6 % глобального потепління. Окрім цього NO_x є кислотними (при взаємодії з водяною парою атмосфери утворюють слабкі кислоти), тому займають 2-ге місце (після SO₂) за вкладом в збільшення кислотності опадів. Окрім непрямого впливу (кислотні дощі), тривалий вплив NO₂ (в концентрації 470-1880 мкг/м³) пригнічує ріст ряду рослин; NO₂ є причиною утворення «фотохімічного смогу», що погіршує видимість у місцях локалізації.

Викиди H₂S

Ще одним небезпечним викидом є сірководень (H₂S) — безбарвний, надзвичайно отруйний, горючий газ, трохи важчий за повітря, легкий щодо ідентифікації за характерним запахом тухлих яєць. Концентрація H₂S в повітрі робочої зони може становити до 450-500 мг/м³ при розрахункових нормативах гранично допустимих значення викидів в межах 50–80 мг/м³. Внаслідок отруєння сірководнем з'являються різь в очах, подразнення верхніх дихальних шляхів, кашель, чхання, у важких випадках — втрата свідомості.

Викиди SO₂

SO₂ — це безбарвний газ з характерним різким та задушливим запахом, важчий від повітря більш ніж удвічі, отруйний, хоча значно менше, ніж сірководень.

Наявність в повітрі в кількості близько $0,33 \text{ мг/дм}^3$ та у вищих концентраціях викликає задуху, запальні процеси органів дихання. При попаданні в атмосферу, вступає в контакт з водяною парою і утворюється сульфатна кислота, що є причиною утворення кислотних опадів.

Викиди NH_3

Аміак – безбарвний газ із специфічним, різким задушливим запахом, що відноситься до 4-го класу небезпеки (ГОСТ 12.1.005-88). Небезпечними вважаються: концентрація аміаку в повітрі вище 11% через можливість його загорання. Від 16 до 26,8% – вважається діапазоном вибухонебезпечних концентрацій за нормальних умов. Максимальна сила вибуху можлива за концентрації аміаку в повітрі 22%. Аміак може мати негативний вплив на навколишнє середовище. Наприклад, він може спричинити забруднення повітря, що може мати наслідки для якості ґрунту та водних ресурсів. Аміак також може впливати на розклад органічних матеріалів, що може призвести до змін в екосистемах.

Пилові викиди

У виробничому процесі, багато стадій є джерелом пилових викидів — пилу вапняку, пилу кальцинованої соди більшою мірою. Пил утворюється на стадіях подрібнення вапняку, транспортування, його випалу. Пилові викиди сировинних матеріалів чи кальцинованої соди утворюються на заключних етапах виробництва. Загалом із пилом, відбувається втрата сировини чи готових продуктів. Пил, особливим чином дрібнодисперсний, є надзвичайно шкідливим для працівників. За характером дії содовий пил належить до подразнюючих речовин (лужна дія). При недотриманні норм ГДК щодо запиленості, у працівників виникають проблеми з органами дихання, розвиваються професійні захворювання.

Отже, знешкодження усіх вище перелічених газоподібних викидів, а також очищення газів від пилових викидів, які погіршують стан здоров'я працівників, стан природного середовища, є актуальною науково-практичною задачею, що потребує ефективного, своєчасного вирішення.

2.2. Аналіз технологічних рішень щодо способів знешкодження оксидів нітрогену, оксидів сірки та сірководню

З точки зору підвищення екологічної безпеки содових підприємств, необхідно максимально повно провести очищення викидів газу від усіх присутніх шкідливих компонентів. Більшість компонентів уловлюється на виробництвах за допомогою встановленого очисного обладнання [5].

Зниження викидів NOx

Загалом способи, які застосовують для зниження викидів NOx в атмосферне повітря, поділяють на *первинні* – це заходи щодо оптимізації процесів горіння палива та модернізації конструкції обладнання, в результаті чого знижується концентрація NOx у газах; та *вторинні* - полягають в очищенні газових викидів перед їх випусканням в атмосферу, тому потребують істотних додаткових витрат на встановлення очисного обладнання [7].

Первинні заходи щодо зниження кількості NOx у газах. Аналіз механізму утворення оксидів NOx під час спалювання вихопного палива (для потреб підприємства) вказує на те, що зменшити їх утворення можна шляхом:

- зниження температури горіння;
- зменшення тривалості (часу) перебування продуктів згорання в області дуже високих температур;
- створення зон для проходження реакцій з надлишком повітря - в таких варіантах, утворення NOx з азоту, який міститься у паливі ускладнюється, тому відбувається утворення, в більшій мірі, молекулярного азоту (N₂).

Для цього проводять наступні первинні заходи, або режимно-технологічні заходи:

- використовують спеціальні пальники для палива (з низьким викидом NOx, спостерігається зниження рівня NOx до 60 %);
- застосовують ступеневе спалювання палива (спостерігається зниження NOx на 35...45 %);
- використовують ступеневу подачу повітря в зону спалювання (спостерігається зниження NOx до 45..50 %);

– проводять рециркуляцію димових газів (спостерігається зниження NO_x до 30...33 %);

– проводять розприскування води або в ядро факелу (внаслідок абсорбційного вловлювання спостерігається зниження NO_x на 25...45%);

Вторинні способи знешкодження NO_x. До вторинних способів знешкодження, відносять каталітичні методи та некаталітичні методи (абсорбційні, адсорбційні) очищення газів [8].

Каталітичне відновлення NO_x є високоефективним способом знешкодження нітрозних газів. Розроблені та застосовуються методи:

- каталітичні процеси високотемпературного відновлення;
- низькотемпературного відновлення з використанням високоактивних каталізаторів.

Високотемпературне відновлення. Процес протікає за температури 300...1000°C в безкисневому середовищі. Відновниками можуть служити ряд сполук (H₂, CH₄, CO; нафтовий та коксовий газ; природний газ; азотоводнева суміш). В результаті проходження хімічних реакцій, оксиди нітрогену відновлюються до молекулярного азоту (N₂), також внаслідок реакції утворюється водяна пара і CO₂ та виділяється теплота. Реакції відбуваються за присутності каталізаторів (Pt, Pd, Ru, Rh, тощо). Відповідно, метод є високовартісним, зважаючи на дороговизну каталізаторів, до яких висувають дуже жорсткі вимоги: висока активність; вибірковість каталітичної дії; термостабільність; стійкості до дії отрути; висока механічна міцність; висока теплопровідність, тощо.

Одним з вагомих переваг високотемпературного відновлення є можливість досягнення залишкового вмісту NO_x, що не перевищує 0,005 % об, тобто метод є високоефективним. Недолік методу – висока вартість каталізаторів; необхідність повної відсутності сполук сульфуру, які є «каталітичною отрутою»; значні витрати газів-відновників; висока температура процесу.

Процес низькотемпературного каталітичного відновлення NO_x, що реалізуються за температур 180...360 °C, на відміну від високотемпературного

методу, протікає вибірково: відновник (найчастіше аміак) працює «цілеспрямовано» - реагує з NOx і при цьому практично не взаємодіє з киснем, що також знаходиться у викидних газах. У зв'язку з цим, витрату аміаку легко розрахувати: витрачається аміак у кількостях еквівалентних до вмісту оксидів нітрогену. Як результат реакції, утворюється лише азот і вода (що є компонентами повітря) та ще виділяється невелика кількість теплоти. Але, метод має і недоліки: висока вартість каталізаторів (складає близько 30 % від витрат на очищення), низька ефективність процесу за високих концентрацій NOx у викидних газах.

Адсорбційні методи знешкодження NOx. Метод адсорбційного очищення проводять у апаратах-адсорберах, де як адсорбенти (тверді поглиначі) використовують активоване вугілля, солі амонію, торфолужні суміші, цеоліти, полімерні сорбенти. Адсорбційні методи можна застосовувати для очищення невеликих об'ємів низькоконцентрованих по NOx газів (не більше 1 %). Ступінь очищення становить 70...90 %. Загальними перевагами адсорбційних методів є хороший ступінь очищення, що становить 70...90 %. Після процесів адсорбції застосовують десорбцію, при підвищених температурах, для вилучення вловлених компонентів. Тому, процес організують циклічно (адсорбція – десорбція). Недоліком методу є те, що при наявності пилу в газах, він забруднює адсорбент, забиває його пори; при регенерації (промиванні) адсорбенту, утворюються стоки розведеної нітратної кислоти.

Абсорбційні методи знешкодження NOx. Знешкодження NOx рідинними поглиначами (абсорбентами) є одним з найпоширеніших в промисловості способів. Перевага методу - на відміну від каталітичних методів та адсорбції, він може застосовуватись при довільних концентраціях NOx в газах. Але проблема абсорбційних методів для вловлювання NOx пов'язана з низькою їх розчинністю в поглиначах при атмосферному тиску. Тому, для покращення процесу, проводять додаткове окиснення, реалізуючи окисно-абсорбційні та абсорбційно-окисні методи: 1) *окисно-абсорбційні методи* – окислення NO проводиться безпосередньо в газовій фазі (перед стадією абсорбції) для чого застосовують ряд окисників: повітря, O₂, O₃, Cl₂ (ClO₂, Cl₂O), пари HNO₃, тощо;

2) *абсорбційно-окисні методи* – окисник дозується в сам рідкий поглинач (використовують KBrO_3 , HNO_3 , KMnO_4 , H_2O_2 , Na_2CrO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ тощо).

Для вибору оптимального рішення щодо застосування методу абсорбції для знешкодження *NOx*, необхідно врахувати: концентрації та співвідношення NO і NO_2 ; температуру газів та їх об'єми; наявність сторонніх домішок в газовому потоці (SO_2 , H_2S , CO_2 , CO , NH_3 , пил, пара). Також потрібно врахувати можливість організації комплексного очищення газових викидів.

Зниження викидів SO_2

Для очищення газових викидів від SO_2 також застосовують методи адсорбції та абсорбції. Однак, на підприємствах виробництва кальцинованої соди, найбільш раціональним методом є метод, що базується на використанні дистилерної суспензії (рідкого відходу виробництва) в якості рідкого поглинача (абсорбенту). Ця технологія впроваджується, пройшла випробування, і за результатами досліджень концентрація SO_2 на виході з апарату для очищення не перевищує $65 \dots 70 \text{ мг/м}^3$, що відповідає санітарним вимогам.

Зниження викидів H_2S

Поряд із вже описаними вище методами адсорбції та абсорбції, вдуться дослідження спрямовані на те, щоб використовувати відходи власного виробництва для очищення газів. Зокрема, запропоновано *для очистки газів від H_2S* використовувати технологічні розчини содового виробництва. Це може бути розчин, який застосовується в технологічному циклі (на стадії розсолоочистки), який містить $75 \dots 80 \text{ г/л Na}_2\text{CO}_3$ та 310 г/л NaCl [8]. Таким розчином реалізують абсорбційне очищення.

Зниження викидів NH_3

Абсорбція широко застосовується як метод очищення газових викидів від аміаку, і полягає у його вловлюванні рідкими поглиначами. Зокрема, добрим абсорбентом для аміаку є вода. Метод адсорбції також застосовується для поглинання аміаку і базується на селективній дії твердих поглиначів щодо певних компонентів газової суміші.

2.3. Апаратурні рішення для боротьби із запиленістю

Газові викиди, що утворюються під час виробництва кальцинованої соди, характеризуються високим вмістом пилу, тому їх потрібно ефективно очищати для дотримання екологічних норм. Для цього застосовують пилоочисні апарати різного типу, які працюють у комплексі для досягнення максимальної ефективності.

Основні види пилоочисних апаратів:

Циклони - апарати, що використовують відцентрову силу для осадження твердих частинок пилу з газового потоку. Ступінь очищення: до 90% для частинок розміром більше 5 мкм. Недоліком є низька ефективність вловлювання дрібнодисперсного пилу (менше 5 мкм).

Рукавні фільтри (тканинні фільтри). Газ проходить крізь тканинні фільтри, де пил осідає на поверхні фільтрувальних елементів. Ступінь очищення: до 94% для частинок 2-5 мкм. Недоліком фільтрів є необхідність регенерації фільтрувальних матеріалів.

Електрофільтри - осадження пилу відбувається завдяки електростатичному полю, яке заряджає частинки і змушує їх осідати на електродах. Ступінь очищення - до 99,9% для частинок розміром менше 1 мкм. Недоліки - висока вартість обладнання; складність обслуговування.

Мокрі скрубери (газопромивники) - газовий потік контактує з рідиною (водою або розчином), де пилові частинки змиваються і утворюють шлам. Ступінь очищення: до 95% для частинок більше 1 мкм. Недоліки - потреба у великих об'ємах води; утворення шламу, що потребують утилізації.

Для максимально ефективного очищення газових викидів на підприємстві з виробництва кальцинованої соди застосовують комбіновані системи пилоочищення. Використання комплексних систем газоочищення, що поєднують циклон, рукавні фільтри, електрофільтри та мокрі скрубери, дозволяє досягти 99-99,9% очищення газових викидів. Це забезпечує екологічну безпеку підприємств та відповідність сучасним екологічним нормам.

Прикладом комплексної схеми очищення содового пилю є схема, представлена на рис. 2.1 [5].

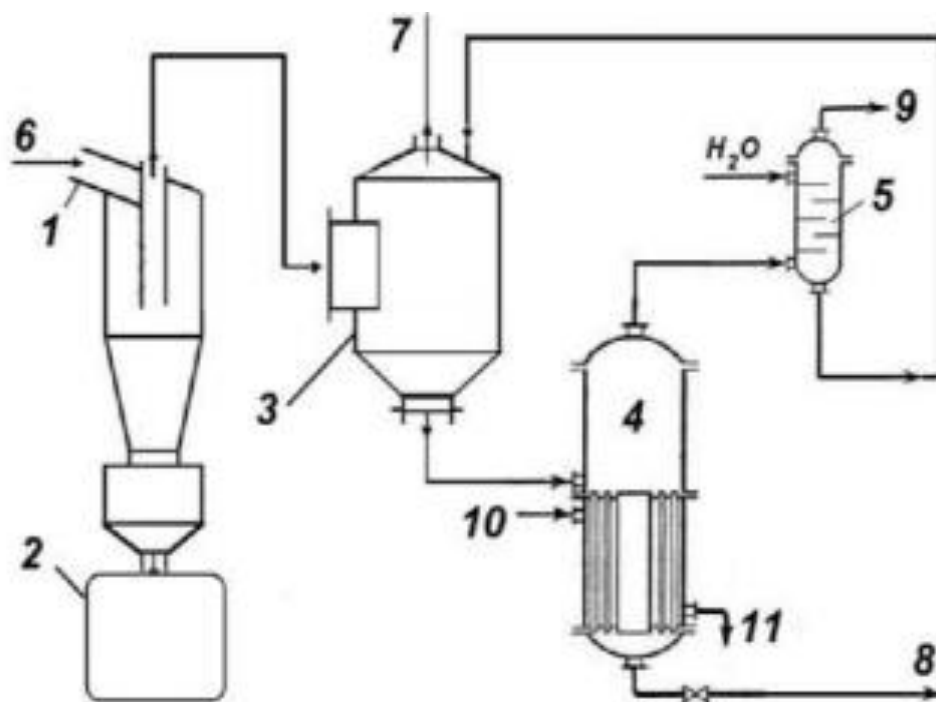


Рис. 2.1. Схема очищення від содового пилю 1 – циклон; 2 – бункер для збору пилю; 3 – вихровий апарат; 4 – випарний апарат; 5 – конденсатор; 6 – вхід запиленого газу; 7 – вихід очищеного газу після двоступеневого очищення; 8 – вихід упареного розчину (відділення кристалізації); 9 – вихід повітря в атмосферу; 10 – вхід гріючої пари; 11 – вихід конденсату

Для попереднього очищення від великих частинок содового пилю, запилений газ подається у вхідний атрубок (6) циклону (1). Після очищенні в циклоні, газ надходить до вихрового апарату (3) для мокрого очищення від дрібних частинок пилю. Рідина в вихровий апарат надходить з конденсатора (5). Очищений газ 4 вихорового апарату виводиться в атмосферу.

Відпрацьована рідина з вихрового апарату (3), що містить значну кількість вловленої кальцинованої соди, відводиться в апарат для випарювання (4), де відбувається концентрація содового розчину. Сконцентрований у випарному апараті розчин, подається в кристалізатор, який знаходиться у цеху кристалізації (8) для відділення кристалів соди.

Пари води, які виділилися в результаті випаровування розчину соди у випарному апараті, далі надходять у конденсатор (5), де пара перетворюється на воду. Вода повертається в порожнистий вихровий апарат (3) для забезпечення процесу очищення газових викидів підприємства від содового пилу.

Застосування порожнистих апаратів вихрового типу в схемі (рис. 2.1) дозволить усунути проблему забивання апаратури і комунікацій відкладеннями пилу, оскільки сода з водою утворює розчин, який виводиться з апарату.

Крім цього, перевагами вихрових апаратів є простота їх виготовлення, монтажу, обслуговування, невеликі габаритні розміри, велика поверхня контакту фаз між газом та рідиною, висока ефективність уловлювання дрібних часток і висока продуктивність по газовій фазі.

Окрім того, за схемою вода має свій оборотний цикл. Використання оборотної рідини призведе до більш низьких витрат чистої води. Це робить установку перспективною для практичного використання, для поліпшення економічних та екологічних показників.

РОЗДІЛ 3. РІДИННІ СТОКИ ТА ШЛАМИ ПІДПРИЄМСТВ ВИРОБНИЦТВА КАЛЬЦИНОВАНОЇ СОДИ

3.1. Ідентифікація джерел забруднення стічних вод підприємств виробництва кальцированої соди

На содових заводах відбувається утворення стічних вод, які класифікують за наступними категоріями [9]:

- води з водообігу (в об'ємі 5 м³ на 1 т продукції);
- високомінералізовані промислові стоки – дистилерна рідина (9...10 м³ на 1 т продукції);
- слабомінералізовані стічні води (об'ємом 2..2,5 м³ на 1 т продукції), які, практично не потребують очищення;
- стічні води, які утворилися внаслідок процесів охолодження теплообмінної апаратури (об'ємом до 8,5 м³). Ці води повторно використовується в системах оборотного водопостачання;
- промивні води – з вмістом хлориду кальцію та хлориду натрію (об'ємом до 2,3 м³).

Загалом, у стічних водах підприємств з виробництва соди аміачним методом ідентифікуються солі: хлорид кальцію (CaCl₂), карбонат кальцію (CaCO₃), гідрокарбонат натрію (NaHCO₃), сульфат натрію (Na₂SO₄).

Зважаючи на значні об'єми утворення, основним забруднювачем рідинних стоків підприємств виробництва кальцированої соди, що негативно впливає на навколишнє середовище, є стік виробництва – так звана “дистилерна рідина”, що являє собою суспензію з залишків вапна, що не прореагували в розчині хлоридів натрію та кальцію. Відомо, що на 1 тонну соди утворюється приблизно 8-10 т дистилерної рідини. Дистилерна рідина є суспензією висококонцентрованою за вмістом твердої фази. Тому, методом відстоювання вона розділяється на дві частини – освітлена дистилерна рідина та шлам. Рідинна частина містить до 50 г/дм³ твердих речовин, масова частка яких складає: 10...14 % CaCl₂ (хлориди кальцію); від 5...7 % NaCl (хлориди натрію) та близько 0,2 % інших домішок (гідроксиду і сульфату кальцію). Шлам (тверда фаза) складається із суміші солей:

гідроксиду, карбонату, сульфату кальцію. За масовою часткою, ці компоненти становить до 80 % шламу. Окрім цього, у шламовій частині містяться інші речовини: оксиди магнію, кремнію, заліза, алюмінію.

На заразi, iснуючi технологii щодо утиляцii i використання дистилерної рiдини вирішують проблему частково, враховуючи величезнi її об'єми. Тому, недобросовiсними виробниками скидання цих стокiв нерiдко здiйснюється у водойми, якi розташованi поблизу дiючих виробництв, що викликає їх вагоме забруднення. Скидання у водойми, як правило, фiксується в перiод весняного паводка.

Внаслiдок скидiв дистилерної рiдини у природнi водойми, відбувається iстотна змiна складу води та погiршення загальної екологiчної картини водойм. Скиди призводять до значної мiнералiзацii водойм, внаслiдок висока концентрацii солей (CaCl_2 , NaCl); підвищується жорсткiсть води, збiльшується значним чином вiмiст хлоридiв. Амонiак, що мiститься в рiдинi є отруйним для риби, водоростей та iнших органiзмiв. Дистилерна рiдина призводить до змiни кислотнo-лужного балансу. Значення рН (9–11) негативно впливає на природний кислотнo-лужний баланс водойм, викликаючи загибель водних органiзмiв, чутливих до змiн рН. За збiльшеного вiмiсту аміаку у водi, відбувається прискорений рiст водоростей. Високий вiмiст завислих речовин зменшує прозорiсть води, твердi частки випадаючи в осад змiнюють структуру дна водойми.

Як приклад, необдумане багаторiчне скидання стiчних вод та дистилерної рiдини Кримським содовим заводом (м. Красноперекопськ) в озера (Красне, Старе та Киятське) повнiстю зруйнувало їх екосистему. До скидiв води, рiвень цих озер був нижчим за рiвень моря на 2...4,5 метра, пiсля чого рiвень змiнився; вода в озерах має незвичний бiрюзово-бiлий колiр, а акваторii цих озер, що були притулком для зграй птахiв є спустiлими.



Стан водойм («біле море») внаслідок скидання дистилерної рідини

Скидання виробничих стоків

В основному, рідинні відходи содового виробництва відводяться у шламонакопичувачі (ставки-відстійники, так звані "білі моря"). Ставки-відстійники займають сотні гектарів відчужених земельних угідь, окрім цього вимагають для спорудження та експлуатації великих капітальних витрат, приводять до забруднення величезних територій [9]. Відомо, що заповнення діючих шламонакопичувачів здійснюється з об'ємною продуктивністю за дистилерною рідиною близько 25 тис. м³ за 1 добу. Необхідність зливання все нових утворюваних об'ємів дистилерної рідини у відстійники-накопичувачі спричиняє проблему захоплення нових земельних ділянок, оскільки до шламонакопичувачів добудовують нові секції. Окрім цього сюди відводяться інші стоки, в результаті чого ставки-відстійники швидко заповнюються та у багатьох випадках - переповнюються. В останні кризові роки, виникла небезпека переповнення ставків-відстійників, яка може привести до потрапляння високомінералізованих стоків до навколишнього середовища, завдаючи тим самим непоправної шкоди.

3.2. Шламові накопичення

Внаслідок діяльності підприємств також утворюються тверді шлами: Виробництво кальцинованої соди супроводжується утворенням великої кількості відходів у вигляді шламів, які є сумішшю нерозчинних твердих компонентів, побічних продуктів та води. Зокрема, на підприємствах утворюються:

- шлами розсолоочищення (містять карбонат кальцію; натрію хлорид; магнію гідроксид; сульфат кальцію) – утворення до 25 кг/1т продукції;

- шлами, утворені дрібними відходами гасіння вапна (містять оксид та карбонат кальцію та інші складники) - утворення до 81 кг/1т продукції;

- шлами дистилерної суспензії (містить карбонат кальцію; карбонат магнію; оксид кальцію; хлорид натрію; хлорид кальцію; сульфат кальцію) - утворення до 250 кг/1т продукції;

Накопичення цих шламів створює низку екологічних, економічних та технічних проблем:

Екологічні проблеми пов'язані із забрудненням ґрунтів і водних ресурсів: Шлами можуть містити токсичні речовини, які здатні проникати у ґрунт і підземні води, завдаючи шкоди навколишньому середовищу. У шламах можуть присутні різноманітні солі та інші речовини, які сприяють деградацію родючих ґрунтів. Висихання шламів на відкритих відвалах призводить до утворення пилу, що забруднює повітря та може бути небезпечним для здоров'я людей.

Технічні та логістичні проблеми. Відвали шламів займають значні території, що знижує доступні площі для інших видів діяльності. Через надмірне навантаження або природні катастрофи можуть статися прориви шламосховищ, що призводить до забруднення навколишнього середовища. Висока вологість і неоднорідність складу шламів ускладнюють їхню переробку чи повторне використання.

Економічні наслідки. Перевезення, зберігання і переробка шламів вимагають значних фінансових ресурсів. Підприємства можуть стикатися з фінансовими санкціями (штрафами за екологічні порушення) за недотримання екологічних стандартів.

Соціальні проблеми. Пил, токсичні речовини та забруднення води можуть викликати хвороби дихальних шляхів, шкірні захворювання та інші проблеми зі здоров'ям у населення, що проживає поблизу. Екологічні ризики часто викликають протести громадськості проти діяльності таких підприємств.

РОЗДІЛ 4. МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ШЛАМУ ТА СТОКІВ ПІДПРИЄМСТВА, ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД, НАПРЯМКИ ЗАСТОСУВАННЯ ДИСТИЛЕРНОЇ РІДИНИ ТА ШЛАМІВ

4.1. Підбір методик для визначення хімічного складу проб шламу з дослідних шламонакопичувачів та складу промислових стоків підприємства

Для встановлення хімічного складу проб шламу з дослідних шламонакопичувачів та складу промислових стоків підприємства передбачено відбір проб та проведення їх хімічного аналізу. Визначення складу шламу та промислових стоків здійснювалося за існуючими методиками, переліченими в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Перелік методик аналізу

Визначуваний компонент	Методика аналізу компонента
Ca ²⁺ , Mg ²⁺	Комплексометрично, шляхом титрування розчином трилону Б з індикатором хромом темно-синім
Завислі речовини	Ваговим методом
Al ³⁺ , Al ₂ O ₃	Комплексометричним методом з 8-оксихіноліном
Fe ³⁺ , Fe ₂ O ₃	Комплексометричним способом із роданідом
SiO ₂	Ваговим методом
Ba ²⁺	Комплексометричним методом
NH ₃	Об'ємним формальдегідним методом
Cl	Об'ємним меркуриметричним методом

Гранулометричний аналіз проби шламу виконано методом «мокрого» розсівання. Вміст іонів (Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻), при дослідженні процесу осідання частинок у розсолі (а також дифузії іонів у розсіл), визначали шляхом хімічного аналізу «солянокислої витяжки» (за винятком початкового розсолу хлориду натрію, що містить усі компоненти у водорозчинній формі); вміст функціональних груп (OH⁻, CO₃²⁻, HCO₃³⁻) – визначали шляхом хімічного аналізу водної витяжки. Результати представлено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Склад шламів, що накопичуються у відсіках-накопичувачах иламосховища, % мас

Найменування компонентів	Шлам розсолочищення	Шлам дистилерної суспензії
CaCO_3	63–82	40–60
Ca(OH)_2	2,1–4,1	7–12
CaO	44–47	40–50
$\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	0,21–0,33	1,9–2,2
R_2O_3	0,25–0,37	2–5
CaSO_4	0,35–0,50	3–6
MgO	3,6–7,1	8–12
Mg(OH)_2	-	-
CaCl_2	-	1–3
NaCl	8,3–12,5	1–2

Склад дистилерної рідини може варіюватись залежно від специфічних особливостей технологічних рішень. За аналізом відібраних проб, встановлено склад дистилерної рідини (Таблиця 4.3).

Таблиця 4.3. Хімічний склад дистилерної рідини

Компонент	Вміст (г/л)	Вплив на середовище
Хлорид кальцію (CaCl_2)	90–140	Солоність води, токсичний вплив на водну флору та фауну.
Хлорид натрію (NaCl)	20–40	Збільшує засолення водойм.
Карбонат кальцію (CaCO_3)	0,5–5	Утворює відкладення, знижує прозорість води.
Залишковий амоніак (NH_3)	0,05–1,0	Токсичний для водних організмів, спричиняє евтрофікацію.
Сульфати (SO_4^{2-})	10–50	Можуть змінювати хімічний баланс води.
pH	9–11	Лужність негативно впливає на водні екосистеми.

4.2. Огляд технологій очищення стічних вод, розрахунок відстійника

У відповідності до чинного законодавства, стічні води підприємств перед скиданням у водойму повинні піддаватися локальному очищенню від токсичних домішок. Тому, для виконання цих вимог, залежно від складу та об'ємі утворених стічних вод, застосовуються різне апаратурне оформлення для очищення та застосовують різні методи.

На різних підприємствах застосовуються різні методи очищення стічних вод.

Механічні способи очищення застосовують як метод першого ступеня очищення стоків від твердих включень. Для вилучення механічних домішок крупних застосовують фільтрування через решітки, сита. Подальше очищення здійснюється, основним чином, методом відстоювання. Таким чином, крупні та важкі домішки під дією сили тяжіння осідають. Для реалізації процесу застосовують відстійників різних типів. Інколи, як стадія що передує процесу відстоювання, застосовується подрібнення твердих часток великих за розмірами за допомогою механічних пристроїв.

Як метод механічного очищення технологічних вод також застосовують очищення за допомогою центрифуг та гідроциклонів; фільтрування стоків через піскові фільтри або спеціальні пристрої-фільтри, наповнені композиціями або мінералами, які здатні затримувати завислі частки.

Скажімо стоки, які відводяться з виробничих приміщень подрібнення вапняку і містять завислі його частки (вапняк є необхідним для виробничого процесу отримання вуглекислого газу та вапна у вапняно-випалювальній печі (1)), можуть бути очищеними методом відстоювання у відстійниках.

Розрахунок відстійника.

Вихідні дані:

Густина твердої фази $\text{CaCO}_3 = 2710 \text{ кг/м}^3$;

Продуктивність (масова) відстійника по стічній воді = 80 т/год;

Стоки містять близько $c_{\text{п}} = 8 \%$ (мас.) CaCO_3 ;

У зоні згущення $c_{\text{зг}} = 30 \%$ (мас.) CaCO_3 ;

Діаметр частинок найдрібніших = 35 мкм.

Схема одноярусного відстійника оснащеного гребковою мішалкою для реалізації відстоювання стоку представлена на рис. 4.1.

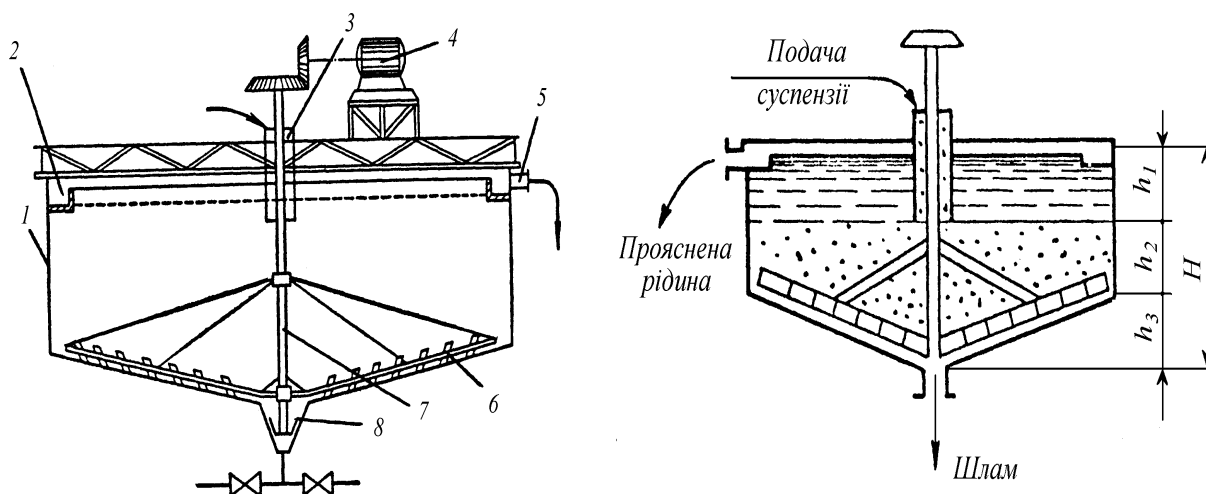


Рис. 4.1. Схема одноярусного відстійника з гребковою мішалкою: ¶

1 – корпус; 2 – кільцевий жолоб; 3 – труба для подавання суспензії; ¶

4 – електродвигун; 5 – патрубок для виведення проясненої рідини; ¶

6 – лопаті з гребками; 7 – мішалка; 8 – розвантажувальний пристрій для осаду¶

Відстоювання є тривалим у часі. На початковому етапі у відстійник подається стічна вода, яка являє собою суспензію приблизно однорідну за концентрацією твердої фази по усьому об'ємі.

Через певний проміжок часу, у відстійнику відбувається розшарування стічних вод (стадія I рис. 4.2) – у верхній частині утворюється шар освітленої рідини (а), під ним формується зона поодинокого осадження частин (b) – у цій зоні концентрація завислих часток є не високою, тому частинки практично не стикаються між собою. Під цією зоною формується зона (с) – стислого осадження із високою концентрацією зважених частин. На дні відстійника формується осад (d).

З плином часу, усі зони (від а до d) змінюються за величиною (стадія II рис. 4.2).

На кінцевому етапі (стадія III рис. 4.2), утворюється чиста речовина (а) та осад (d).

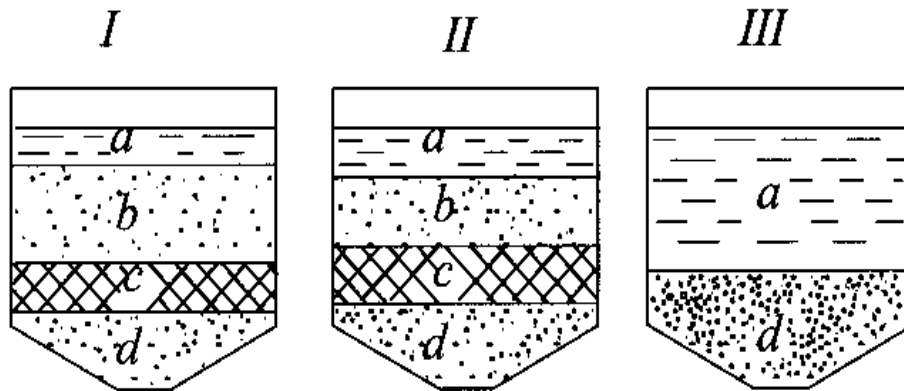


Рис. 4.2. Стадії та зони відстоювання: ¶

I, II, III — стадії процесу, зони: а — чиста вода або розчин, б — зона вільного осадження, с — зона стислого осадження, d — зона осаду ¶

Відповідно, до рис. 4.2., спочатку знаходимо швидкість вільного осадження частинки (зона b):

$$\omega_{oc} = \frac{d^2 \cdot (\rho - \rho_c) \cdot g}{18 \cdot \mu_c} \quad (4.1)$$

$$\omega_{oc} = \frac{3,5^2 \cdot (2710 - 1000) \cdot 9,81}{18 \cdot 1,14 \cdot 10^{-3}} = 0,001 \text{ м/с}$$

де $\mu_c = 1,14 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ — коефіцієнт динамічної в'язкості суспензії. ¶

Густина води = 1000 кг/м^3 .

Значення критерію Re (критерій Рейнольдса є безрозмірним комплексом, що показує режим руху частинок):

$$\text{Re} = \frac{\omega_{oc} \cdot d \cdot \rho}{\mu_c} \quad (4.2)$$

$$\text{Re} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot 10^3}{1,14 \cdot 10^{-3}} = 0,0307$$

$$\text{Re} < 0,2.$$

Знаходимо дійсну швидкість стислого осадження (зона c):

$$\omega_{ct} = 0,5 \cdot \omega_0 \quad (4.3)$$

$$\omega'_{oc} = 0,5 \cdot \omega_{oc} = 0,5 \cdot 0,001 = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$$

Площа відстійника (площа осадження):

$$F_{oc} = \frac{G_n \cdot \left(1 - \frac{c_n}{c_{32}}\right)}{3600 \cdot \rho_c \cdot \omega'_{oc}} \quad (4.4)$$

$$F_{oc} = \frac{80 \cdot 10^{-3} \cdot \left(1 - \frac{8}{30}\right)}{3600 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}} = 32,5 \text{ м}^2$$

Діаметр відстійника:

$$D = \sqrt{\frac{F}{0,785}} \quad (4.5)$$

$$D = \sqrt{\frac{32,5}{0,785}} = 6,4 \text{ м}$$

Отже, розрахований відстійник має значну площу осадження – 32м² та діаметр 6,4м.

Дослідження залежності щодо ступеня осадження CaCO₃ в залежності від тривалості процесу та температури (результати представлені на рис. 4.3) показали, що ступінь осадження підвищується за збільшення часу осадження та за вищих температур рідини.

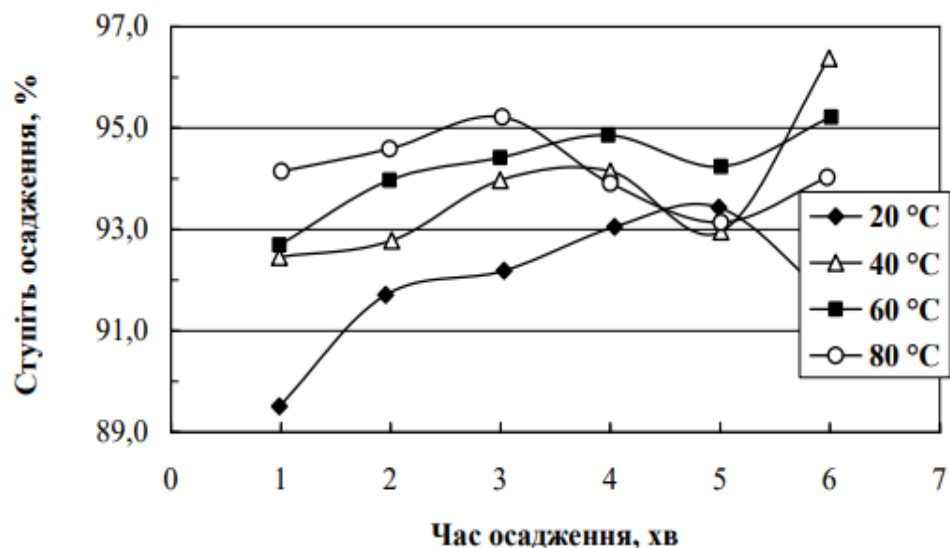


Рис. 4.3. Ступінь осадження CaCO₃ за різної тривалості процесу та температури

Стічні води другої категорії (до яких належать слабомінералізовані стоки), як правило, після процесу відстоювання скидаються у водоймища. Проте, скидання стоків, що характеризуються вищим значенням мінералізації – в межах 12...55 г/л є не допустимим у відкриті водоймища без попереднього очищення. Основними корисними компонентами, які містяться у мінералізованих стоках є кам'яна сіль (кількістю 0,5... 49,5 г/л) та содопродукти (кількістю від 3... 9 г/л), а також луги (кількістю до 4,6 г/л). Вміст цих компонентів вказує на те, що дані стоки можна використати для розчинення кам'яної солі, що видобувається методом підземного вилуговування. В процесі утворення розсолу вище перелічені компоненти сприятимуть очищенню розсолу від шкідливих домішок іонів магнію та кальцію [9].

Вирішенням проблеми рідких відходів содових виробництв може бути їх транспортування у підземні розсільні свердловини, які утворюються в процесі вилуговування солі. Ці порожнини є герметичними, тому виключають подальше переміщення розчинів у підземних горизонтах. Можливим є також використання твердих відходів в якості «тампонажного матеріалу» [9].

Загалом, для мінімізації негативних наслідків, пов'язаних із стоками підприємств необхідно:

- використовувати закриті цикли виробництва - без скидання стоків у водойми;
- проводити контроль нормативів. Дотримання жорстких екологічних стандартів (наприклад, концентрація NH_3 у скидах має бути $< 0,02$ мг/л).

застосовувати локальні очисні споруди. Як методи очищення рекомендовано застосовувати сучасні мембранні технології (зворотний осмос) для вилучення солей.

Можна застосовувати хімічну нейтралізацію стоків для зниження їх лужності - процес вапнування. При цьому одночасно відбувається зниження загальної жорсткості стоку та сухого залишку. Прояснювач для вапнування стоків представлено на рис. 4.3. В таблиці 4.4 подано параметри прояснювачів, застосовуються.

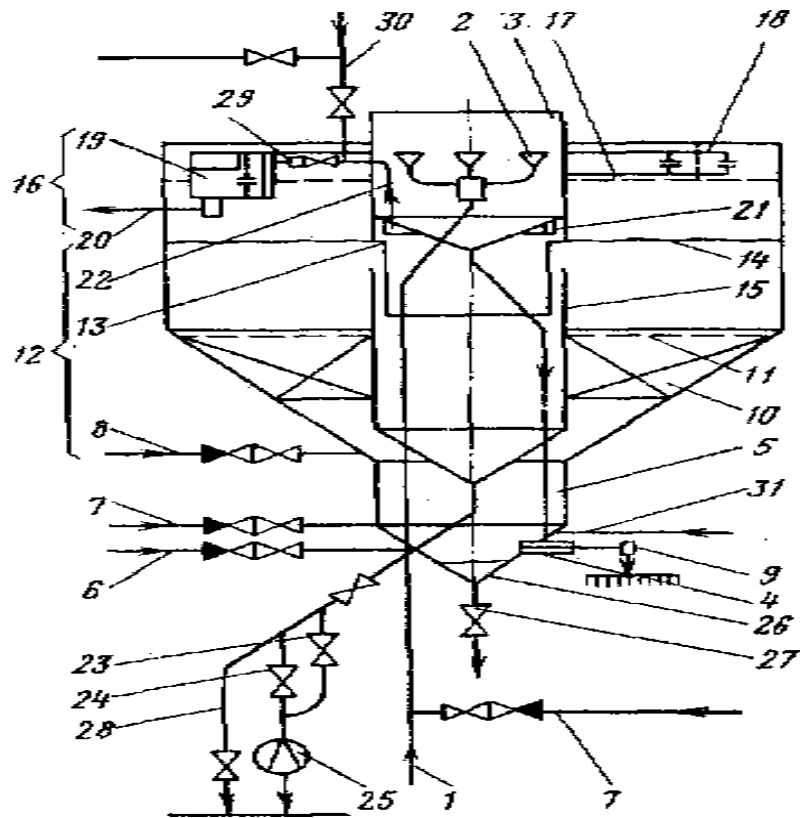


Рис. 4.3. – Прояснювач для вапнування води: 1 – стік води; 2 - розподільна система повітровіддільника; 3 - повітровіддільник; 4 - введення води в прояснювач; 5 - камера змішування; 6 - вапняне молоко; 7 - розчин коагулянту; 8 - розчин поліакриламід (коагулянт); 9 - регулюючий пристрій; 10 - перегородки вертикальні; 11 - решітки; 12 - зона контактного середовища; 13 - шламо-приймальні вікна; 14 - рівень зваженого шару; 15 - шламоущільнювач; 16 - зона освітлення; 17 - верхні решітки; 18 - жолоб; 19 - розподільний пристрій; 20 - вихід проясненої води; 21 - перфорований колектор; 22 - відведення води з шламоущільнювача; 23, 24 - продувальні лінії; 25 - шайба витратоміру; 26 - брудонакопичувач; 27 - періодична продувка; 28 - лінія спорожнення; 29 – дросельна заслінка; 30 - промивання колектора шламоущільнювача; 31 - скидання промивної води механічних фільтрів.

Таблиця 4.4. – Основні параметри прояснювачів

Марка прояснювача	Продуктивність, м ³ /год	Максимальне навантаження	Об'єм, м ³	Габаритні розміри	
				Діаметр, мм	Висота, мм
ВТІ-63-І	63	78	76	4250	10200
ВТІ-100-І	100	125	133	5500	10690
ВТІ-160-І	160	200	236	7000	12247
ВТІ-250-І	260	310	413	9000	13524
ВТІ-400-І	400	500	650	11000	14889
ВТІ-630-І	630	780	1240	14000	17492
ВТІ-1000-І	1000	1250	2127	18000	19740

4.3. Рішення щодо застосування дистилерної рідини та шламів

Дистилерна рідина – це рідкий відхід, який утворюється під час аміачного методу виробництва кальцинованої соди. Вона містить аміак, хлориди, вуглекислий газ, органічні та неорганічні домішки, що можуть забруднювати довкілля. Дистилерна рідина, яка утворюється у виробництві кальцинованої соди як відхід, за регламентом має наступний якісний та кількісний склад, представлений в табл. 4.5.

Таблиця 4.5. Характеристика освітленої дистилерної рідини

Хімічний склад	н.п.	г/дм ³	мас. %
CaCl ₂	53,98	149,77	12,90
NaCl	23,88	69,78	6,01
CaSO ₄	1,71	5,81	0,50
MgCl ₂	1,03	2,44	0,21
NH ₃	0,047	0,040	0,0034

Очищення цієї рідини є важливою складовою процесу утилізації.

Перспективним напрямом є щонайповніше використання дистилерної рідини для виробництва інших видів продукції. Дистилерну рідину можна очищати механічними методами. На цьому етапі відбувається видалення твердих часток і нерозчинних домішок.

Методом відстоювання, фільтрування чи центрифугування дистилерну рідину можна розділяти на освітлену рідину та твердий шлам. Апарати для розділення – це відстійники, фільтри-преси, центрифужні сепаратори. Розділення дає змогу отримати ряд продуктів. Зокрема, для видалення хлоридів та інших солей, перед процесом відстоювання до дистилерної рідини додають коагулянти (укрупнювачі часток) у спеціальних змішувальних резервуарах. У якості товарного продукту можливим є одержання хімічно-осадженого кальцію карбонату, який може застосовуватись як наповнювач у виробництві пластмас; гуми; лаків та фарб.

Часто, перед подальшою обробкою дистилерної рідини застосовують вакуум-випарні установки для її концентрування.

Фізико-хімічне очищення передбачає використання реактивів і фізичних умов для видалення аміаку, вуглекислого газу, хлоридів. Десорбція аміаку: відбувається в десорберах або ректифікаційних колонках. У цих апаратах аміак видаляють шляхом пропускання водяної пари через рідину.

За розробленою принциповою схемою отримання CaCO_3 з дистилерної рідини, необхідним є реалізація послідовності стадій: очищення дистилерної рідини від зважених твердих часток, фільтрація та кількаразове промивання осаду CaCO_3 (до повного відділення іонів хлору); сушіння; подрібнення, фракціонування та упаковування готового продукту [4]. Вихід продукту не є високим - можливо одержати не більше 5 тис. т продукту на рік. Додатково отриманий карбонат кальцію може застосовуватись як наповнювач у виробництві пластмас, паперу, гуми, лаків та фарб.

Таким чином, запропонований спосіб утилізації дистилерної рідини з одержанням карбонату кальцію може бути впровадженим на діючому підприємстві по виробництву кальцинованої соди. Це сприятиме розв'язанню проблеми одержання високоякісного продукту, більш повному використуванню сировини у виробництві кальцинованої соди, а також зменшенню негативного впливу цього виробництва на довкілля.

Дистилерна рідина також може використовуватися для «заводнювання» нафтових родовищ, очищення газів, або її можна переробляти на товарну

продукцію: меліоранти, в'язучі речовини[9]. Після очищення дистилерна рідина може бути використана в різних напрямках: повторно використовуватись як технічна вода в технологічних процесах на підприємстві; використовуватись у якості поливної води або добрив (після додаткового аналізу); використовуватись в системах охолодження промислового обладнання.

Для вирішення проблем *накопичення шламів*, необхідно впроваджувати сучасні екологічні технології. Шлам, який не є придатним для переробки, перед процесом утилізації потрібно знешкодити. Якщо цього не робити, то в навколишнє середовище потраплять шкідливі компоненти, які забруднюють водні об'єкти, ґрунт, повітря, а також знищуватимуть всю екосистему. Для нейтралізації хімічних компонентів застосовується, переважним чином, метод термічної обробки, після чого залишки захоронюються на полігонах.

Щодо шламів, є також інші рішення. Перед тим як відправити шлам на утилізацію, з його складу доцільно виділити корисні компоненти, які можна повернути у виробництво. Для цього сировину попередньо зневоднюють у кілька етапів: для збільшення щільності шламу його попередньо згущують, пізніше подають на фільтр для відфільтрування рідини, а пізніше реалізують сушіння у промислових сушарках. Висушений шлам може бути використаним як компонент для виробництва ряду будівельних матеріалів (наприклад, цементу, цегли). Окрім цього обов'язковими є технологічні рішення, які забезпечуватимуть зменшення утворення шламів у самому виробничому процесі.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

На підприємстві створюється служба охорони праці, яка відповідає за дотримання норм безпеки, проведення інструктажів і перевірок. Охорона праці на підприємстві з виробництва кальцинованої соди аміачним методом організовується відповідно до вимог чинного законодавства України у сфері охорони праці, техніки безпеки та екології. Метою є створення безпечних умов праці, запобігання виробничим травмам, професійним захворюванням та аваріям, а також забезпечення захисту довкілля.

Проводяться вступні інструктажі, регулярні повторні інструктажі, навчання з використання засобів індивідуального захисту, а також дії у випадку аварійних ситуацій. Періодично організовуються навчання з евакуації та ліквідації аварій. Періодично проводяться внутрішні аудити стану охорони праці. За порушення правил охорони праці працівники несуть дисциплінарну, адміністративну чи кримінальну відповідальність відповідно до законодавства. Такі заходи забезпечують безпечні умови праці, мінімізують ризики для працівників та довкілля.

Основні шкідливі фактори та ризики на виробництвах кальцинованої соди аміачним методом

Під час виробництва кальцинованої соди аміачним методом працівники можуть бути піддані впливу таких небезпечних і шкідливих факторів:

- контакт із хімічними речовинами (аміак, вуглекислий газ, хлориди тощо); висока температура в технологічних процесах;
- підвищений рівень шуму та вібрацій від обладнання;
- можливість утворення вибухонебезпечного середовища через присутність аміаку та інших речовин.

Найбільш небезпечною речовиною, високотоксичною, пожежонебезпечною, яка використовується для отримання кальцинованої соди аміачним методом є аміак, що потребує чіткого дотримання вимог охорони праці на всіх етапах його використання. Впровадження сучасних систем безпеки, регулярний моніторинг робочих зон і навчання персоналу є ключовими

факторами для мінімізації ризиків впливу аміаку на здоров'я працівників та довкілля.

Аміак (NH_3) – безбарвний газ, має різкий запах, належить до групи небезпечних хімічних речовин і потребує особливої уваги під час зберігання, транспортування, та, особливим чином під час використання. Згідно з системою класифікації небезпечних речовин, його віднесено до 2-го класу небезпеки, що характеризується високим рівнем потенційного ризику для здоров'я людини та довкілля.

Легкозаймистість та пожежна небезпека

Аміак належить до помірно вогнебезпечних речовин (2-й клас пожежної небезпеки (згідно з ДСТУ 4047-2001 "Вогнебезпека речовин та матеріалів")). Газ здатний утворювати «вибухонебезпечні суміші» з повітрям у концентраціях 15...28% за об'ємом. Запалювання може виникнути при контакті з відкритим вогнем, джерелом іскор або за впливу високих температур.

Особливі вимоги до пожежної безпеки:

Строго дотримуватися правил зберігання аміаку в герметичних резервуарах. Забезпечити протипожежний захист, включаючи систему автоматичного виявлення витоків та пожежогасіння. Дотримуватися нормативів, передбачених (ДСТУ 4808:2007 та іншими документами) щодо безпечного зберігання та обробки вогнебезпечних речовин.

Токсичність аміаку та вплив на організм людини

Основні прояви токсичної дії. При вдиханні: подразнення дихальних шляхів (свербіж у носі, кашель, стиск у грудях, утруднене дихання). Високі концентрації можуть викликати хронічні захворювання дихальної системи та підвищення артеріального тиску. *При контакті зі шкірою та очима:* хімічні опіки I-III ступеня, які можуть спричинити руйнування тканин і навіть сліпоту. Загалом, довготривалий або повторний вплив аміаку може призвести до: хронічних респіраторних захворювань; утворення рубців на шкірі, слизових оболонках; зниження працездатності через тривалі отруєння організму.

Вибухонебезпека аміаку. Аміак має значний потенціал вибухонебезпеки. При концентрації в повітрі 15-28% газ утворює вибухові суміші, які можуть

детонувати під дією джерела займання. Тому, під час роботи з аміаком необхідно зберігати високу безпеку; проводити моніторинг концентрацій у повітрі робочих зон.

Заходи безпеки та охорони праці під час роботи з аміаком

З огляду на високу токсичність, вибухонебезпечність та пожежну небезпеку аміаку, заходи охорони праці включають:

- Використання індивідуальних засобів захисту: респіратори з фільтрами для аміаку; захисні костюми; гумові рукавиці; окуляри або захисні щитки.

- Організацію ефективної вентиляції робочих приміщень (для мінімізації концентрації аміаку в повітрі).

- Дотримання правил протипожежної безпеки: забезпечення наявності засобів пожежогасіння; регулярний контроль за відсутністю джерел іскор або відкритого вогню.

Медичний контроль працівників: обов'язкові періодичні медичні огляди для раннього виявлення можливих патологій; надання першої допомоги при отруєнні чи контакті з аміаком.

- Герметизація систем зберігання та транспортування аміаку для запобігання витокам.

- Навчання та інструктаж персоналу перед початком роботи з аміаком, а також регулярні перевірки знань з охорони праці.

Забезпечення оптимальних умов праці на робочих місцях:

нормативні вимоги та рекомендації

Для створення безпечного та комфортного середовища праці на робочих місцях необхідно дотримуватися ряду вимог, встановлених діючими державними та міжнародними стандартами. Забезпечення належних умов праці на робочих місцях вимагає комплексного підходу з дотриманням діючих нормативів у сфері освітлення, мікроклімату, захисту від шуму, вібрації та пожежної безпеки.

Організація робочих місць. Робочі місця мають бути оснащені сучасними системами вентиляції, що забезпечують видалення парів аміаку та інших шкідливих газів. Забезпечується регулярне технічне обслуговування і контроль

герметичності обладнання, трубопроводів та ємностей для зберігання хімічних речовин. Робочі місця облаштовуються системами екстреного оповіщення у випадку аварійної ситуації.

Система освітлення

Згідно з ДБН В.2.5-28-2006 ("Природне і штучне освітлення"), необхідно забезпечити комбіноване освітлення для робочих приміщень, що поєднує, відповідно, природне та штучне світло. Основними джерелами штучного освітлення є газорозрядні люмінесцентні лампи білого світла, які мають спектр, наближений до природного освітлення. Для виконання зорових робіт класу V (мала точність) мінімальна освітленість повинна становити 300–400 лк. Коефіцієнт природного освітлення має бути в межах 1–3%, що відповідає нормативам ДБН В.2.5-28-2006.

Мікроклімат робочих приміщень

Параметри мікроклімату повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.042-99 ("Державні санітарні норми мікроклімату робочих приміщень"). Для забезпечення належного температурного, вологісного режиму та циркуляції повітря необхідно встановити: системи вентиляції та кондиціонування повітря, що відповідають ДБН В.2.5-67:2013 ("Опалення, вентиляція та кондиціонування"). Застосування цих систем дозволяє підтримувати мікроклімат на рівні, необхідному для збереження працездатності працівників.

Захист від шуму

Для мінімізації механічного шуму рекомендується: використовувати пружні прокладки між елементами обладнання для зменшення передачі вібрацій і шуму; заст. шумоізоляційні матеріали на поверхнях, що генерують шум. Ефективним шляхом щодо вирішення проблеми шумового забруднення є зниження його рівня в самому джерелі. Таке завдання можна вирішити шляхом зміни обладнання на менш безшумове, застосування віброізоляції, глушників шуму, звукоізолюючих кожухів, звукопоглинальних панелей. Знижує шум своєчасне і правильне регулювання, змащування чи заміна металевих вузлів апаратів, машин і механізмів. Обладнання, що є джерелом шуму та вібрації, встановлюється на спеціальних віброізоляторах, а робочі місця біля них

ізолюються гумовими ковриками. Для захисту від шуму, що випромінюється в діапазоні високих та середніх звукових частот, застосовуються акустичні екрани.

У випадках, коли технічні заходи не забезпечують досягнення вимог щодо шумового забруднення, необхідним є обмеження тривалості впливу шуму на працівників, застосування засобів індивідуального захисту органу слуху: вкладишів, навушників, касок легких захисних шоломів.

Захист від вібрації

Основні заходи захисту включають: зниження віброактивності технологічного обладнання; віброізоляція обладнання за допомогою амортизуючих елементів та демпфіруючих матеріалів.

Пожежна безпека

Виробнича будівля повинна відповідати категорії IIIа за вогнестійкістю. Рекомендується оснащення приміщень такими засобами: пінні вогнегасники ємністю 10 л; пожежна сигналізація комбінованої дії для оперативного виявлення та реагування на загоряння; система зв'язку з місцевою пожежною охороною та насосною станцією для протипожежного водопроводу відповідно до ГОСТ 12.4.026-76. Основні джерела ризику — несправне електрообладнання, іскри, пошкоджена ізоляція, нагріті поверхні та удари блискавки. Обов'язковими заходами є встановлення пожежних кранів, пінних вогнегасників, пожежних щитів і сигналізації, а також блискавковідводів. Обов'язковою є наявність системи автоматичного пожежогасіння. Безперечною перевагою такої системи на об'єкті є здатність загасити пожежу на ранній стадії її виникнення, ще до приїзду бригад пожежної охорони, що дозволяє ефективно локалізувати розповсюдження пожежі на інші об'єкти або споруди, тим самим звести до мінімуму загальні збитки від пожежі та врятувати життя людей що перебувають на об'єкті.

Захист органів дихання та засоби індивідуального захисту при роботі з аміаком

Для ефективного захисту дихальних шляхів від парів аміаку слід використовувати ізолюючі кисневі прилади або шлангові протигази (що відповідають стандарту ДСТУ EN 371-2001). Цей стандарт визначає вимоги до

протигазових фільтрів типу АХ, призначених для захисту від органічних сполук з низькою температурою кипіння.

Додаткові заходи індивідуального захисту включають: застосування захисних масок або респіраторів з фільтрами для роботи з аміаком; захисних рукавичок, окулярів, спецвзуття та захисного одягу (одяг для захисту від низьких температур та стійкий до впливу хімічних речовин). Використання засобів захисту очей (захисні окуляри).

Вентиляція приміщень відіграє ключову роль у мінімізації ризиків отруєння. У зонах зберігання та використання аміаку, повинні функціонувати ефективні системи вентиляції та кондиціонування.

У виробничих приміщеннях повинна бути обладнана примусова та природна вентиляція для забезпечення циркуляції повітря. Система вентиляції повинна бути змішаного типу. *Природна вентиляція* (через вікна, вентиляційні шахти) забезпечує базову циркуляцію повітря. *Примусова вентиляція* активується у разі необхідності. Необхідним є також встановлення локальних відсмоктувачів. Використовуються іскробезпечні вентилятори та двигуни. Встановлюються газоаналізатори, які контролюють рівень аміаку у повітрі. При перевищенні ГДК система автоматично активує примусову вентиляцію.

У разі підвищеної концентрації парів аміаку доцільно застосовувати: респіратори з вугільними фільтрами або фільтрами для органічних сполук, які здатні ефективно затримувати та фільтрувати аміачні випари. Працівники повинні використовувати захисний одяг, який забезпечує повне покриття тіла. Захисні окуляри необхідні для запобігання потраплянню парів на слизові оболонки очей.

Електробезпека у виробничих приміщеннях

Приміщення, де відбувається робота з аміаком, класифікуються як зони підвищеної електричної небезпеки через: підвищену вологість повітря (понад 75%); ризик одночасного контакту з електрообладнанням та елементами, що мають зв'язок із землею. Основні джерела електричної небезпеки включають: насоси для транспортування рідин (напруга 380 В); електродвигуни (напруга 380

В); терморегулятори для контролю температурних параметрів; тени для підігріву розчинів (напруга 240 В).

Електрообладнання підключається до джерела змінного струму частотою 50 Гц, що посилює ризик ураження електричним струмом при короткому замиканні, пошкодженні ізоляції або впливі статичних електричних полів.

Заходами електробезпеки, відповідно до нормативних документів, є: захисне заземлення та занулення обладнання; системи аварійного відключення; застосування сигнальної індикації для обладнання під високою напругою. Повинні бути встановлені захисні пристрої, такі як ізолюючі драбини та огорожувальні щити. Роботи з електрообладнанням повинні виконуватись електриками (що мають III групу з електробезпеки).

Аварійна готовність і заходи безпеки

Розробляються і впроваджуються плани дій у випадку аварійних ситуацій (витік аміаку, пожежа, вибух). На підприємстві повинна діяти аварійна служба, оснащена засобами ліквідації надзвичайних ситуацій. Працівники забезпечуються індивідуальними приладами для вимірювання концентрації небезпечних газів у робочій зоні.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

Розглянено технологію отримання кальцинованої соди з використанням аміачного методу. Проведено опис стадій процесу виробництва та апаратурне оформлення процесу виробництва.

В результаті проведених теоретичних досліджень діяльності підприємств кальцинованої соди, визначені основні екологічні проблеми виробництв кальцинованої соди, обґрунтовано актуальність теми дослідження.

Проведено ідентифікацію джерел забруднення атмосферного повітря: на содових заводах утворюються великі обсяги шкідливих газоподібних речовин, (оксид карбону (IV), аміак, оксид сульфуру (IV), оксид карбону (II), оксиди нітрогену, і сірководень, значною є також запиленість (пил вапняку, кальцинованої соди) та досліджено їх вплив на здоров'я людей і стан довкілля.

Проведено аналіз технологічних рішень щодо способів знешкодження оксидів нітрогену, оксидів сірки, сірководню та боротьби із запиленістю, що дасть змогу вибати оптимальні для даного підприємства способи знешкодження шкідливих компонентів газових викидів та апарати для очищення від пилу.

Запропоновано застосування схеми комплексного очищення запиленого газу від содового пилу. Метод дає змогу отримати соду як кристалічний продукт після процесу кристалізації. Окрім того, за схемою вода має свій оборотний цикл. Використання оборотної рідини призведе до більш низьких витрат чистої води.

Ідентифікація джерел забруднення рідинних стоків підприємств виробництва кальцинованої соди показала, що на содових заводах існує кілька категорій стічних вод: високомінералізовані промислові стоки; дистилерна рідина; слабомінералізовані стічні води, які не мають економічно обґрунтованих методів очищення; стічна вода після охолодження теплообмінної апаратури, що повторно використовується в системах оборотного водопостачання.

Встановлено, що основним забруднювачем рідинних стоків підприємств виробництва кальцинованої соди, що негативно впливає на навколишнє середовище є “дистилерна рідина”, що являє собою суспензію з залишків вапна, що не прореагували в розчині хлоридів натрію та кальцію.

Проведено підбір методик для визначення хімічного складу проб шламу з дослідних шламонакопичувачів та складу промислових стоків підприємства.

Проведено огляд технологій очищення стічних вод Проведено розрахунок відстійника. Наведені рішення щодо способів використання дистилерної рідини та виробничих шламів.

Розроблений розділ з охорони праці на підприємстві з виробництва кальцинованої соди аміачним методом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Яворський В.Т. «Неорганічна хімія», Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2016. 324 с.
2. Методи керування відходами виробництва кальцинованої соди: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. [«Сучасний університет: перспективи розвитку»], (Черкаси, 18 – 21 жовтня 2010 р.). – Черкаси: ЧДТУ, 2010. – Т.ІІ. – Ч. I. – 140 с.
3. Технологія утилізації дистилерної рідини виробництва кальцинованої соди: тези доповідей ХХ Міжнар. наук.-практ. конф. [«Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я»], (Харків, 15 – 17 травня 2012 р.). – Харків: НТУ «ХП», 2012. – Ч. II. – 324
4. Михайлова Є. О. Проблема газових викидів виробництва кальцинованої соди. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я : тези доповідей ХХVI міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2018 (Харків, 16-18 травня 2018 р.). Харків, 2018. Ч. II. С. 271.
5. Грубнік А. О., Манойло Є. В., Моїсєєв В. Ф., Васильєв М. І., Давидов Д. В. Очищення та утилізація газових викидів виробництва кальцинованої соди. Вісник Національного технічного університету «ХП». 2017. № 53(1274). С. 65-71.
6. Шапорєв В. П., Цейтлін М. А., Райко В. Ф., Гурець Л. Л., Пляцук Д. Л., Шестопапов О. В., Філенко О. М., Васькин Р. А. Сучасні напрями підвищення екологічної безпеки виробництва соди : монографія. Суми : Сумський державний університет, 2014. 246 с.
7. Ткаченко С. Й., Боднар Л. А. Екологічні аспекти виробництва енергії. Вінниця : ВНТУ, 2014. 80 с. 8. Родионов А. И., Клушин В. Н., Торочешников Н. С. Техника защиты окружающей среды. Москва : Химия, 1989. 512 с.
8. Райко В. Ф. Зменшення викидів шкідливих речовин содових виробництв на навколишнє середовище / В. Ф. Райко, Є. О. Семенов, Г. М. Резніченко // Проблеми техногенно-екологічної безпеки: освіта, наука, практика : зб. матеріалів всеукраїнської наук.-практ. конф., 24 листопада 2016 р. – Харків : НУЦЗУ, 2016. – С. 81.

9. Сучасні напрями підвищення екологічної безпеки виробництва соди : монографія / В. П. Шапорєв, М. А. Цейтлін, В. Ф. Райко та ін. – Суми : Сумський державний університет, 2014. – 246 с.

10. Загальна та неорганічна хімія : Підручник для студ. вищ. навч. закладів: У 2-х ч. - Ч. 2 (Степаненко О.М., Рейтер Л.Г., Левадовських В.М., Іванов С.В.) - К. : Пед. преса, 2000. - 784 с. : іл.

11. Вікіпедія. Хлорид натрію [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Хлорид_натрію

12. Запаси нерудних корисних копалин в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://web.archive.org/web/20110914164040/http://free.msoffice.com.ua/viewfree.php?diplomID=10373&pageid=2>

13. М. Ханік, А. І. Дубинін, О. В. Станіславчук, Л. З. Білецька; За ред. проф. Я. М. Ханіка. «Процеси і апарати хімічних технологій», Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2006. 180 с.

14. T. Kasikowski, R. Buczkowski, E. Lemanowska. Cleaner production in the ammonia–soda industry: an ecological and economic study. *Journal of Environmental Management*, Volume 73, Issue 4, 2004, pp. 339-356. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2004.08.001>

15. Ю.О. Очищення газів. Частина II. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015 – 46с.

16. Основи охорони праці: Підручник. 21ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К.: Основа, 2006 — 448 с.

17. Запорожець О.І. Основи охорони праці: підручник / О.І. Запорожець, О.С. Протоєрейський, Г.М. Франчук, І.М. Боровик. – Центр учбової літератури, 2020. – 264 с.