

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій  
Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок  
та косметичних засобів

«До захисту в ЕК»  
Директор інституту ННІХТ  
\_\_\_\_\_ Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО  
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«\_\_» червня 2024 р.

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри ТЖХТ  
\_\_\_\_\_ Тамара НОСЕНКО  
(підпис) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

«\_\_» червня 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія  
(код та назва спеціальності)  
освітньо-професійної програми Хімічна технологія  
на тему: Удосконалення технології виробництва гідросульфїту  
натрію

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ХТ-4-13

\_\_\_\_\_ КОЦЮБИРА Валерія Миколаївна \_\_\_\_\_  
(ПРІЗВИЩЕ, Ім'я та По батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ БІЛА Галина Миколаївна \_\_\_\_\_  
(ПРІЗВИЩЕ, Ім'я та По батькові повністю) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_ Ігор ЖИТНЕЦЬКИЙ \_\_\_\_\_  
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ (підпис) \_\_\_\_\_ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ (підпис) \_\_\_\_\_ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент \_\_\_\_\_ Віра ІЩЕНКО \_\_\_\_\_  
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач(ка) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2024 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інститут харчових технологій  
Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Хімічна технологія

(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри ГЖХТ**

**Тамара НОСЕНКО**

“ ” 2024 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Коцюбира Валерія Миколаївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення виробництва гідросульфїту натрію

керівник роботи Біла Галина Миколаївна, к.х.н., доцент.

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

затвержені наказом закладу вищої освіти від “15”квітня 2024 року № 296-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 01.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи продуктивність виробництва гідросульфїту натрію становить 1000 кг/добу

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

Вступ, аналітичний огляд науково-технічної літератури, технологічна частина, техніко-економічне обґрунтування, організація контролю якості продукції, екологічна безпека, охорона праці, висновки, список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1. Принципова-технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 2. Апаратурно-технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 3. Креслення апарату (загальний вигляд), формат аркушу А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічна	Житнецький І.В. к.т.н., доцент	13. 05.2024	31.05.2024

частина	кафедри МАХтаФВ		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 16 квітня 2024 р. \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП	13.05.2024	
2	РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	14.05.2024-18.05.2024	
3	РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	18.05.2024-25.05.2024	
4	РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	25.05.2024-26.05.2024	
5	РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	26.05.2024-29.05.2024	
6	РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	29.05.2024-30.05.2024	
7	РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ	30.05.2024-31.05.2024	
8	ВИСНОВКИ	31.05.2024-01.06.2024	
9	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	02.06.2024-01.06.2024	
10	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. ПРИНЦИПОВА-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	13.05.2024-19.05.2024	
11	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	20.05.2024-28.05.2024	
12	ПЕРЕДЗАХИСТ, ПЕРЕВІРКА НА АКАДЕМПЛАГІАТ, РЕЦЕНЗУВАННЯ КР	07.06.2024-18.06.2024	

Здобувач \_\_\_\_\_ Валерія КОЦЮБИРА  
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Галина БІЛА  
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

**Валерія КОЦЮБИРА.** Удосконалення технології виробництва гідросульфїту натрію.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА:** 67 С., 10 РИС., 19 ТАБЛ., 20 ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.

Темою кваліфікаційної роботи є удосконалення технології виробництва гідросульфїту натрію. В ході роботи було проведено літературно-науковий аналіз та узагальнено інформацію про технологію виробництва харчової добавки. У першому розділі описано загальні властивості, фізико-хімічні властивості, сфери її застосування у різних галузях промисловості, а також вплив на здоров'я людини та навколишнє середовище.

У технологічній частині описано основну вихідну сировину для отримання добавки: гідроксид натрію, діоксин сірки, сірчистий газ, сірчистий ангїдрид. Зазначено їх склад, описано фізико-хімічні властивості, формули.

Здійснено підбір основного технологічного обладнання. Розроблено та графічно зображено принципово- та апаратурно-технологічні схеми виробництва гідросульфїту натрію. Розраховано основне обладнання для проведення реакції виробництва, а саме реактор-змішувач з лопатевою мішалкою. Розраховано матеріальний баланс по всіх стадіях технології виробництва.

Проведено техніко-економічне обґрунтування та наведено заходи з контролю якості харчової добавки. Також наведено заходи з охорони навколишнього середовища та охорони праці на виробництві.

**КЛЮЧЕВІ СЛОВА:** ГІДРОСУЛЬФІТ НАТРІЮ, АНТИОКСИДАНТ, КОНСЕРВАНТ, ХАРЧОВА ДОБАВКА E222, ГІДРОКСИД НАТРІЮ, ДІОКСИД СІРКИ.

## ABSTRACT

**Valery KOTSYUBYRA.** Improvement of sodium hydrosulfite production technology.

EXPLANATORY NOTE: 67 P., 10 FIGURES., 19 TABLES, 20 LITERATURE SOURCES.

The topic of the qualification work is the improvement of sodium hydrosulfite production technology. In the course of the work, a literary and scientific analysis was carried out and information about the technology of food additive production was summarized. The first chapter describes the general properties, physical and chemical properties, areas of its application in various industries, as well as the impact on human health and the environment.

The technological part describes the main raw materials for obtaining the additive: sodium hydroxide, sulfur dioxide, sulfur gas, sulfur anhydride. Their composition, physical and chemical properties, and formulas are described.

The main technological equipment has been selected. The principle and equipment-technological schemes for the production of sodium hydrosulfite are developed and graphically depicted. The main equipment for conducting the production reaction is calculated, namely a reactor-mixer with a paddle stirrer. The material balance is calculated for all stages of production technology.

A technical and economic substantiation has been carried out and measures to control the quality of the food additive have been given. Measures for environmental protection and labor protection in production are also given.

KEY WORDS: SODIUM HYDROSULPHITE, ANTIOXIDANT, PRESERVATIVE, FOOD ADDITIVE E222, SODIUM HYDROXIDE, SULFUR DIOXIDE.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1. Основні відомості про гідросульфід натрію.....	9
1.2 Фізико-хімічні властивості гідолсульфіту натрію.....	10
1.3 Вплив на організм людини та сировинна база.....	..
1.4 Існуючі способи виробництва гідросульфід натрію .....	..
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	24
Характеристика вихідної сировини для виробництва.....	24
Принципово-технологічна схема.....	28
Матеріальний розрахунок.....	32
Розрахунок та підбір основного технологічного обладнання.....	40
Опис апаратурно-технологічної схеми.....	47
РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	49
РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКТУ.....	50
РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.....	54
Заходи з охорони навколишнього середовища.....	54
Охорона праці на виробництві.....	55
ВИСНОВКИ.....	58
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХТ	<i>Технічне узгодження</i> Біла Т.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
НУХТ	<i>Розробник документа</i> Коцюбира В.М.	ЗМІСТ	<i>Назва, додаткова назва</i> ННІХТ.ХТ-3-14.024.161.006.КП.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 16.04.2024	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 6/60

## ВСТУП

Здавна, людство користувалось сіллю, органічними кислотами, ароматичними спеціями та іншими домішками для зміни смаку і запаху продуктів або для їх консервування.

З часом різноманіття харчових добавок стрімко зростало. У кінці ХХ століття виробництво цих речовин стало великою та постійною розширюваною галуззю, що випускає багато тонн продукції.

Харчові добавки – це хімічні речовини і природні сполуки, які зазвичай не застосовуються в якості харчового продукту або звичайного компонента їжі, вони спеціально додаються в харчовий продукт з технологічних міркувань на різних етапах виробництва, зберігання, транспортування з метою покращення чи полегшення виробничого процесу чи окремих стадій, збільшення стійкості продукту до різноманітних видів пошкоджень, збереження структури і зовнішнього вигляду або спеціального змінення його органолептичних властивостей [1].

На сьогодні в харчовій промисловості використовується сотні різних харчових добавок з метою досягнення певних технологічних цілей.

Консерванти це харчові добавки, які пригнічують розмноження мікроорганізмів у харчових продуктах, захищаючи їх від цвілі, неприємного запаху та смаку, а також від утворення шкідливих токсинів.

Гідросульфід натрію, який використовується як добавка-консервант у харчовій промисловості, є антисептиком, що стримує розмноження мікроорганізмів. Крім того, гідросульфід натрію має відбілюючий ефект. Його додають у продукти при виробництві консервованих фруктів для боротьби з мікробами.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХТ	<i>Технічне узгодження</i> Біла Г.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Коцюбира В.М	<i>Назва, додаткова назва</i> ВСТУП	<i>ННІХТ.ХТ-3-14.024.161.007.КП.ПЗ</i>			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 16.04.2024	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 7/60

**Метою розробки** є удосконалення технології виробництва гідросульфїту натрію.

**Об'єктом дослідження** було обрано технологію отримання гідросульфїту натрію продуктивністю 1000 кг/добу.

**Предметом дослідження** було обрано гідросульфїт натрію.

**Завдання дослідження:**

- вивчення, аналіз та систематизація теоретичного матеріалу;
- розглянути сировинну базу для технології отримання гідросульфїту натрію;
- розрахувати матеріальний баланс;
- надати техніко-економічне обґрунтування обраного способу.

## РОЗДІЛ І АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1 1.1 Основні відомості про гідросульфит натрію

Гідросульфит натрію або бісульфит натрію – хімічна сполука, кисла сіль натрію та сірчистої кислоти з хімічною формулою  $\text{NaHSO}_3$  (рис. 1.1).

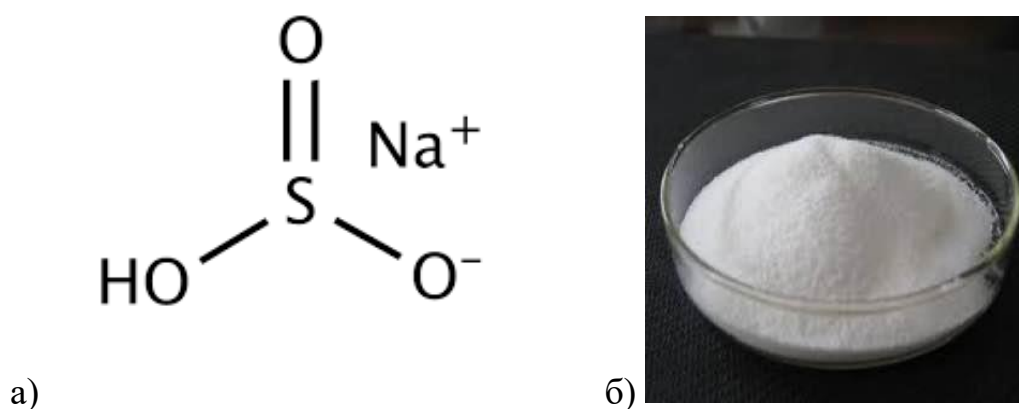


Рисунок 1.1 – Структурна формула гідросульфиту натрію (а) та зовнішній вигляд (б)

Зареєстрований як харчова добавка з номером E222, входить до категорії антиоксидантів та консервантів. У сухому стані немає. Тільки розчині концентрацією 30-40%. При кристалізації гідросульфиту утворюється  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  – метабісульфит або піросульфит натрію.

Гідросульфит натрію не слід плутати з дитіонітом натрію, якого в зарубіжній літературі називають sodium hydrosulfite.

Гідросульфит натрію застосовують у легкій, хімічній та інших галузях промисловості. У харчовій промисловості застосовується як консервант чи антиокислювач [13].

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Біла Г.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа  НУХТ	Розробник документа Коцюбира В.М.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ І АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	ННІХТ.ХТ-3-14.024.161.009.КП.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 16.04.2024	Мова ua	Аркуш 9/60

Також він використовується майже у всіх винах, що йдуть на експорт, для запобігання окисленню і збереженню смаку. При консервуванні фруктів застосовується для запобігання потемнінню та боротьби з мікробами.

Використовується як консервуючий засіб, при білінні та фарбуванні тканин. При фарбуванні натуральним індиго гідросульфід натрію використовується як відновник для перекладу так званій лейкоіндиго (відновлену розчинну форму); після вимочування тканини в розчині лейкоіндиго та подальшого сушіння на повітрі під дією кисню вона набуває синій колір (лейкоіндиго окислюється до синього індиго) [14].

Гідросульфід натрію – білий порошок, добре розчинний у воді та розведених лугах. У харчовій промисловості гідросульфід натрію використовують як консервант, завдяки властивості гідросульфіту натрію пригнічувати зростання бактерій та мікроорганізмів.

У кислому середовищі добавка розкладається з утворенням сірки та сірковмісних сполук.

Хімічна формула гідросульфіту натрію:  $\text{NaHSO}_3$ . При вживанні у їжу у великих концентраціях харчова добавка, як консервант, викликає серйозні алергічні реакції. Також гідросульфід натрію може викликати захворювання шлунково-кишкового тракту. Неправильне використання цієї добавки в США на сирих продуктах призвело до кількох летальних наслідків, через що в 1980 США наклало сувору заборону на використання гідросульфіту натрію в харчовій промисловості [15].

Відповідно до директиви Європейського союзу про небезпечні речовини (67/548/CEE) гідросульфід натрію, як харчова добавка, відноситься до класу небезпечних хімічних речовин.

У продукти харчування гідросульфід натрію додається як консервант, окислювач, антиоксидант. Крім того, гідросульфід натрію, як консервант, має

відбілюючий ефект. Гідросульфід натрію додається у продукти при виробництві консервованих фруктів для боротьби з мікробами.

Широкого використання гідросульфід натрію має у виробництві вин для збереження смаку та запобігання процесам окислення, що викликаються оцтом. В іншому випадку, вино може придбати помаранчевий або коричневий колір і нагадуватиме за смаком сироп від кашлю. При зіткненні з водою та продуктами бродіння гідросульфід натрію виділяє сірчистий газ, який у свою чергу вбиває дріжджі, грибки та бактерії.

Інші застосування гідросульфиту натрію: у текстильній промисловості, для зняття активних барвників при фарбуванні бавовни, для відновлювального очищення при фарбуванні поліефірів, як відновний засіб для кубових барвників та консервуючий засіб при біленні тканин; у біохімічній інженерії, для підтримки анаеробних умов у реакторі; у хімічній промисловості; у легкій промисловості.

Гідросульфід натрію хоча і є сильною отрутою дозволено в Україні для застосування в харчовій промисловості із суворим дотриманням технології [16].

Максимально допустимий рівень (мг/кг, мг/л) вмісту сірчистих сполук в деяких харчових продуктах: блюда з м'яса, ковбаси – 450; блюда з морепродуктів – 10... 100; перлова крупа – 30; картопля хрустка – 50; крохмаль картопляний – 100; сухофрукти (в залежності від виду) – 500...2000; цукор – 15; соки фруктові – 50; напої безалкогольні, мед – 200; гірчиця – 250.

## 1.2 Фізико-хімічні властивості

У табл. (1.1) наведенні основні фізико-хімічні властивості  $\text{NaHSO}_3$ .

Таблиця 1.1

Фізико-хімічні властивості гідросульфиту натрію

ВЛАСТИВІСТЬ	ЗНАЧЕННЯ / ОПИС
Молярна маса	56,06 г/моль
Густина	1,79 г/см <sup>3</sup>
Гігроскопічність	Присутня

Утворення кристалогідратів	зокрема $\text{NaHS}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ і $\text{NaHS}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Розчинність у воді	75,5 г на 100 мл (або 43 % за 12асою) при 20 °С
Розчинність в спирті	Відносно низька
Лужна реакція водних розчинів	Гідроліз за аніоном з утворенням сірководню при кипінні

Формування середньої солі	При взаємодії з лугами
Руйнування під впливом кислот	Нескладне
Виділення сірчистого водню	При нагріванні, контакті з водою і кислотами
Утворення полісульфідів у лужних середовищах	У лужних середовищах
Окислення	За допомогою кисню до сірки, що створює полісульфіди
Випадання осаду при зниженні температури	При температурі нижче 22 °С, розчин розчиняється при нагріванні
Роль аналога каустика	Виконує
Температура плавлення	350 °С (без розкладання)
Температура спалаху	90 °С

### 1.3 Вплив на організм людини та сировинна база

#### *Вплив на організм людини $\text{NaHSO}_3$*

Гідросульфит натрію ( $\text{NaHSO}_3$ ), також відомий як бісульфіт натрію, є хімічною речовиною, що використовується в різних промислових процесах. Однак, контакт з цією речовиною може мати негативні наслідки для здоров'я

людини. Далі наведено вплив  $\text{NaHSO}_3$  на організм людини при різних способах контакту: вдихання, проковтування, контакт з шкірою та очима.

Вдихання гідросульфїту натрію може викликати подразнення дихальних шляхів, що призводить до кашлю, задишки, та подразнення горла і носа. Тривалий вплив може спричинити більш серйозні респіраторні проблеми, такі як бронхіт або астма, особливо у людей з чутливістю до сірчаних сполук.

Проковтування гідросульфїту натрію може спричинити нудоту, блювоту, біль у животі та діарею. Важкі випадки можуть призвести до порушення електролітного балансу в організмі. Проковтування великої кількості може бути токсичним та вимагати негайного медичного втручання.

Контакт з шкірою може спричинити подразнення, почервоніння та свербіж. У деяких випадках можливий дерматит. У людей з чутливістю до сірчаних сполук контакт може викликати алергічні реакції. Гідросульфїт натрію може викликати сильне подразнення очей, що призводить до сльозотечі, почервоніння та болю. Важкі випадки можуть призвести до пошкодження рогівки.

Загальні рекомендації з безпеки  
Слід, використовувати захисні рукавички, окуляри та респіратори при роботі з гідросульфїтом натрію. Забезпечувати хорошу вентиляцію в приміщеннях, де використовується ця хімічна речовина. У випадку контакту з шкірою або очима негайно промити уражену ділянку великою кількістю води. Якщо симптоми зберігаються, звернутися до лікаря.

У багатьох країнах встановлені гранично допустимі концентрації (ГДК) для гідросульфїту натрію у робочій зоні, щоб запобігти негативним впливам на здоров'я працівників.

Гранично допустимі концентрації (ГДК)  $\text{NaHSO}_3$  в Україні

Гранично допустимі концентрації (ГДК) для хімічних речовин встановлюються з метою захисту здоров'я працівників і населення від шкідливого впливу цих речовин. Для  $\text{NaHSO}_3$  (гідросульфит натрію) такі нормативи можуть включати гранично допустимі концентрації в повітрі робочої зони, воді, ґрунті тощо.

В Україні встановлено ГДК для гідросульфиту натрію в повітрі робочої зони, які регламентуються відповідними нормативними документами.

**- ГДК (максимально разова): 5 мг/м<sup>3</sup>**

Це значення вказує на максимально допустиму концентрацію  $\text{NaHSO}_3$  в повітрі робочої зони, при якій не повинно бути шкідливого впливу на здоров'я працівників протягом робочого дня. Дотримання цього нормативу допоможе мінімізувати ризики для здоров'я та запобігти негативним наслідкам впливу  $\text{NaHSO}_3$ .

Гідросульфит натрію має потенційні ризики для здоров'я при вдиханні, проковтуванні та контакті з шкірою або очима. Дотримання заходів безпеки та використання засобів індивідуального захисту є важливими для мінімізації цих ризиків. У разі виникнення симптомів або підозри на отруєння необхідно негайно звернутися за медичною допомогою.

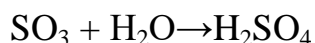
### *Сировина база*

Традиційною сировиною для виробництва гідросульфиту натрію є сірчистий ангідрид ( $\text{SO}_2$ ) та натрій гідроксид ( $\text{NaOH}$ ). Ці дві хімічні сполуки використовуються як вихідні матеріали у процесі синтезу гідросульфиту натрію.

**Сірчистий ангідрид ( $\text{SO}_2$ ):** є газоподібною речовиною з різким, дратівливим запахом. Він має характеристики нормального тиску і температури (NTP) при 25°C та атмосферному тиску.

Сірчистий ангідрид ( $\text{SO}_3$ ), відомий також як сірчистий триоксид, є одним з найважливіших проміжних продуктів у хімічній промисловості. Його хімічна

формула вказує на наявність одного атома сірки та трьох атомів кисню. Сірчистий ангідрид є дуже реактивною сполукою і легко взаємодіє з водою, утворюючи сірчану кислоту:



Ця реакція є екзотермічною і супроводжується значним виділенням тепла, що потрібно враховувати при його зберіганні та транспортуванні. Сірчистий ангідрид при стандартних умовах є безбарвною рідиною, однак він може сублимувати до газоподібного стану. У газоподібному стані його молекули можуть існувати у формі мономерів, димерів або тримерів, залежно від умов температури та тиску. При охолодженні до температури нижче точки плавлення (16.8°C) сірчистий ангідрид кристалізується, утворюючи безбарвні кристали.

Основне застосування сірчистого ангідриду — виробництво сірчаної кислоти, яка є однією з найважливіших і найпоширеніших промислових хімічних речовин. Сірчана кислота використовується у багатьох галузях промисловості, включаючи виробництво добрив, очищення нафти, хімічний синтез, металургію, а також у харчовій промисловості та виробництві текстилю.

Процес отримання сірчистого ангідриду полягає в окисненні діоксиду сірки (SO<sub>2</sub>) у присутності каталізатора. Цей процес описується рівнянням:

$$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$$

Каталізатором найчастіше виступає ванадієвий оксид (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Цей процес є багатостадійним і вимагає ретельного контролю умов, щоб досягти високого виходу продукту та уникнути небажаних побічних реакцій.

Сірчистий ангідрид є дуже корозійним і токсичним. Контакт з цією сполукою може викликати сильне подразнення та хімічні опіки шкіри, очей та дихальних шляхів. Вдихання його парів може призвести до серйозних ушкоджень легень. У зв'язку з цим, при роботі з сірчистим ангідридом необхідно дотримуватись строгих заходів безпеки, включаючи використання

засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) та забезпечення належної вентиляції приміщень.

Крім того, важливо зазначити екологічні аспекти. Викиди сірчистого ангідриду в атмосферу можуть призводити до утворення кислотних дощів, що мають негативний вплив на навколишнє середовище, включаючи ґрунти, водні ресурси та рослинність. Тому підприємства, які виробляють або використовують сірчистий ангідрид, зобов'язані впроваджувати ефективні системи очищення викидів та контролю за їхнім рівнем у відповідності до екологічних нормативів.

Сірчистий ангідрид є ключовою сполукою в хімічній промисловості завдяки його важливості в синтезі сірчаної кислоти, яка, у свою чергу, є однією з найбільш вироблюваних та споживаних хімічних речовин у світі. Однак його висока реактивність, токсичність і корозійність вимагають ретельного підходу до безпеки праці та екологічного контролю, щоб мінімізувати ризики для здоров'я людей і навколишнього середовища.

**Натрій гідроксид (NaOH)** - це біла тверда речовина, яка в розчиненому стані утворює густий розчин з базичною реакцією. Вона є сильною основою і високо розчиняється у воді. Натрій гідроксид зазвичай виробляють електролітичною хлор-лужною процесом, де анодною реакцією є розщеплення води з виділенням кисню, а катодною реакцією - утворення натрію та гідроксиду.

Ці дві речовини реагують у присутності води за каталітичної дії реагентів, що призводить до утворення гідросульфиту натрію (NaHSO<sub>3</sub>) та розщеплення води з утворенням сірчаної кислоти:



#### 1.4. Існуючі способи виробництва гідросульфиту натрію

Гідросульфит натрію (NaHSO<sub>3</sub>), відомий як добавка E222, використовується як антиоксидант, консервант і відбілювач у різних галузях

промисловості. Виробництво  $\text{NaHSO}_3$  включає кілька методів, заснованих на різних хімічних реакціях і процесах. У даному рефераті розглянуто основні методи виробництва гідросульфїту натрію.

Основні способи виробництва

### 1. Реакція діоксиду сірки з натрій гідроксидом або натрій карбонатом:

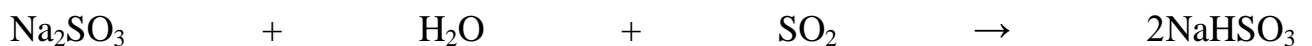
Діоксид сірки ( $\text{SO}_2$ ) пропускають через розчин натрій гідроксиду ( $\text{NaOH}$ ) або натрій карбонату ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), що призводить до утворення гідросульфїту натрію.



Цей метод є простим та економічно ефективним, забезпечуючи високий вихід продукту.

### 2. Відновлення сульфїту натрію:

Сульфїт натрію ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) відновлюється до гідросульфїту натрію за допомогою різних відновників, таких як цинк ( $\text{Zn}$ ) або натрій ( $\text{Na}$ ).



Цей метод дозволяє отримати продукт високої чистоти.

### 3. Електрохімічний метод:

В цьому методі використовують електроліз для відновлення сульфатів або сульфїтів до гідросульфїту натрію.

Метод дозволяє точно контролювати процес і отримувати продукт високої чистоти.

### 4. Реакція натрій метабісульфїту з водою:

Гідросульфїт натрію можна отримати шляхом розчинення натрій метабісульфїту ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) у воді.



Метод є простим і зручним для виробництва невеликих кількостей  $\text{NaHSO}_3$ . Гідросульфит натрію ( $\text{NaHSO}_3$ ) може бути вироблений різними методами, кожен з яких має свої переваги та недоліки. Найбільш поширені методи включають реакцію діоксиду сірки з натрій гідроксидом або натрій карбонатом, відновлення сульфиту натрію, електрохімічні методи та розчинення натрій метабісульфіту у воді. Вибір конкретного методу залежить від вимог до чистоти продукту, економічних факторів та доступності вихідних матеріалів.

### Порівняння методів

Таблиця 1.2

Метод виробництва	Процес	Переваги
Реакція діоксиду сірки з натрій гідроксидом або натрій карбонатом	Пропускання $\text{SO}_2$ через розчин $\text{NaOH}$ або $\text{Na}_2\text{CO}_3$	Простий, економічно ефективний, високий вихід продукту
Відновлення сульфиту натрію	Відновлення $\text{Na}_2\text{SO}_3$ за допомогою цинку або натрію	Висока чистота продукту
Електрохімічний метод	Використання електролізу для відновлення сульфатів або сульфитів	Точний контроль процесу, висока чистота продукту
Реакція натрій метабісульфіту з водою	Розчинення $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ у воді	Простий, зручний для виробництва г невеликих кількостей $\text{NaHSO}_3$

Також, нижче наведені сорти гідросульфиту натрію, їх основні характеристики та області застосування.

Таблиця 1.3

Сорт	Основні характеристики	Області застосування
Технічний	Може містити домішки; висока реакційна здатність	Відбілювання текстилю та паперу, обробка води, очищення газів
Харчовий	Високий рівень чистоти; відповідає стандартам безпеки	Консервант та антиоксидант у харчових продуктах, виноробство, консервування овочів і фруктів
Фармацевтичний	Найвищий рівень чистоти; відповідає фармацевтичним стандартам	Виробництво ліків і медичних препаратів
Аналітичний	Суворі специфікації щодо чистоти та стабільності	Лабораторні дослідження, аналітичні роботи

Ці сорти можуть випускатися у вигляді порошку, гранул або розчину, залежно від потреби кінцевого споживача та специфіки застосування.

### Упаковка Натрій Гідросульфіту ( $\text{NaHSO}_3$ )

Упаковка натрій гідросульфіту ( $\text{NaHSO}_3$ ) є важливим етапом у виробничому процесі, що забезпечує стабільність і збереження продукту від впливу зовнішніх факторів. Вибір відповідного типу упаковки залежить від ряду критеріїв, включаючи обсяг виробництва, умови транспортування та зберігання, а також вимоги до безпеки та екологічності. Основні види упаковки  $\text{NaHSO}_3$  включають:

#### *Мішки з Поліетиленовою Вкладкою*

Цей вид упаковки включає використання мішків, які мають зовнішній шар з паперу або поліпропілену та внутрішній шар з поліетилену. Таке поєднання матеріалів забезпечує надійний захист від вологи, запобігаючи

агломерації та розкладанню продукту. Поліетиленова вкладка також сприяє механічній стійкості, що є важливим під час транспортування та зберігання.

#### *Пластикові або Металеві Бочки*

Для забезпечення високого рівня герметичності та захисту від зовнішніх впливів використовуються пластикові або металеві бочки. Пластикові бочки виготовляються з поліетилену або поліпропілену, що робить їх легкими та зручними для переміщення. Металеві бочки забезпечують додатковий захист від механічних пошкоджень. Цей вид упаковки ідеально підходить для транспортування на далекі відстані та зберігання в складських умовах.

#### *Паперові Мішки з Внутрішнім Покриттям*

Екологічно чистий варіант упаковки, який включає використання мішків з декількох шарів паперу, покритих вологозахисним шаром. Цей вид упаковки є легким і простим у використанні, але має менший рівень захисту від вологи порівняно з іншими видами упаковки. Тим не менш, він залишається популярним через свою екологічність та низьку вартість.

#### *Біг-Беги (М'які Контейнери)*

Для зберігання та транспортування великих обсягів натрій гідросульфїту використовуються біг-беги, виготовлені з поліпропілену. Внутрішні вкладиші додатково захищають продукт від вологи. Біг-беги зручні для завантаження та розвантаження, але потребують спеціального обладнання для переміщення. Вони є ефективним рішенням для промислових виробників, які працюють з великими партіями продукту.

#### *Контейнери з Вкладишами*

Великі контейнери з поліетиленовими вкладишами забезпечують високу місткість та герметичність. Цей вид упаковки ідеально підходить для транспортування та зберігання значних обсягів натрій гідросульфїту. Вкладиші додатково захищають продукт від впливу вологи та повітря, що забезпечує довготривалу стабільність та якість.

Таким чином, вибір упаковки для натрій гідросульфїту залежить від специфічних потреб виробництва та умов експлуатації. Оптимальна упаковка забезпечує збереження властивостей продукту, зручність транспортування та мінімізацію витрат на логістику.

## РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Характеристика сировини

Сировиною для отримання гідросульфїту натрію служать розчин їдкою натру NaOH та сірчистий газ SO<sub>2</sub>.

#### ОКСИД СІРКИ(IV) ТА ЇЇ ПОХІДНІ.

Це одна з найбільш поширених груп консервантів, які використовуються в якості консервантів і для запобігання побурінню харчових продуктів (таблиця 2.1) [10].

Таблиця 2.1 – Диоксид сірки, солі сірчистої кислоти \*

Формула	Назви		Е-код
	українська (синоніми)	Англійська	
SO <sub>2</sub>	Диоксид сірки (сірчистий газ, сірчистий ангїдрид)	Sulfur dioxide	E220
Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	Сульфїт натрію	Natrium sulfite	E221
K <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	Сульфїт калію	Potassium sulphite	E225
CaSO <sub>3</sub>	Сульфїт кальцію	Calcium sulphite	E226
NaHSO <sub>3</sub>	Гїдросульфїт натрію (бісульфїт натрію)	Sodium hydrogen sulfite	E222
KHSO <sub>3</sub>	Гїдросульфїт калію (бісульфїт калію)	Potassium hydrogen sulphite	E228
Ca(HSO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Гїдросульфїт кальцію	Calcium hydrogen sulphite	E227
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Метабісульфїт натрію (піросульфїт натрію)	Sodium metabisulphite	E223
K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Метабісульфїт калію	Potassium metabisulphite	E224

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Бїла Г.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Коцюбира В.М.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	ННІХТ.ХТ-3-14.024.161.022.КП.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 16.04.2024	Мова ua	Аркуш 22/71

Примітка. \*Темним кольором виділені добавки, що є забороненими в Україні згідно з постановою КМУ від 4 січня 1999 р. № 12 "Про затвердження переліку харчових добавок, дозволених для використання у харчових продуктах".

**Гідроксид натрію або каустична сода** - неорганічна сполука, гідроксид складу NaOH. Являє собою білі, непрозорі, гігроскопічні кристали. Речовина добре розчиняється у воді і при взаємодії з водою виділяє велику кількість тепла. Виявляє сильну лужність. Натрій гідроксид є їдкою сполукою, що спричиняє омилення жирів і хімічні опіки при контакті зі шкірою, а також роз'їдає деякі метали. Його використовують у виробництві багатьох продуктів, зокрема поверхнево-активних речовин, паперу, косметики та фармацевтичних препаратів.

Існує два види гідроксиду натрію: твердий і рідкий. Гранульована тверда каустична сода це біла тверда речовина у вигляді пластивців розміром 0,5-2 см. Рідкі розчини каустичної соди безбарвні. Промислове значення має розчин гідроксиду натрію з концентрацією 50% [11].

Технічна каустична сода випускається наступних марок:

TR: тверда ртутна

TD: тверда діафрагма (розплавлена)

MP: ртутний розчин

PX: хімічний розчин

RD: розчин перегородки

**Діоксид сірки, сульфур (IV) оксид, сірчистий газ, сірчистий ангідрид** - неорганічні бінарні сполуки з формулою SO<sub>2</sub>. У звичайному стані це безбарвний газ з різким запахом. Має сильні відновлювальні властивості. Використовується в синтезі сірчаної кислоти, як відбілювач і для боротьби зі шкідниками.

Діоксид сірки в стандартному стані - безбарвний газ з різким запахом. Він більш ніж удвічі важчий за повітря. При охолодженні до -10° С диоксид сірки

стає безбарвною рідиною і зріджується при кімнатній температурі під тиском 2,5 бар, тому його можна зберігати і транспортувати в рідкому вигляді в сталевих балонах. Випаровування рідкого діоксиду сірки ( $\text{SO}_2$ ) супроводжується значним охолодженням (до  $-50^\circ\text{C}$  або навіть нижче)[12].

Їдкий натр знаходить широке застосування в найрізноманітніших галузях промисловості і для побутових потреб.

У хімічній і нафтохімічній промисловості (на їх частку припадає близько 57% сумарного обсягу споживання  $\text{NaOH}$ ) – для нейтралізації кислот і кислотних оксидів, як реагент або каталізатор в хімічних реакціях, в хімічному аналізі для титрування, для травлення алюмінію та у виробництві чистих металів, в нафтопереробці – для виробництва олій.

Відома, як добавка для регулювання кислотності E524. Її використовують при виготовленні какао, вводять до таких солодоців, як морозиво і шоколад. При створенні карамелі виступає барвником. З напоїв, головним чином, трапляється в лимонадах.

Значна частина цієї добавки йде на хлібобулочну продукцію, яка завдяки їй отримує більш пишну, ніжну та м'яку консистенцію, а також рум'яну хрустку скоринку. Поліпшується консистенція й інших продуктів: наприклад, якщо вимочити рибу в розчині їдкого натру, вийде желеподібна маса для приготування лютефіску. Аналогічно можна розм'якшити маслини і оливки, плюс надати маслинами чорного забарвлення. Крім того, за допомогою каустичної соди миють фрукти та овочі, очищають їх від шкірки.

Діоксид сірки застосовують у різних галузях промисловості. Діоксид сірки має здатність убивати різні мікроби, тому ним обкурюють складські приміщення, підвали, винні бочки тощо, а також овочі і фрукти, щоб запобігти їх загниванню.

Діоксид сірки застосовується в харчовій промисловості як консервант (маркування E220). В різних джерелах його можуть називати оксидом сірки (IV), сірчистим газом, двоокисом сірки або сірчистим ангідридом. Основна

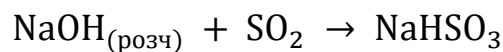
частка викидів діоксиду сірки в атмосферу припадає на спалювання палива, що містить сірку, наприклад на ТЕС або на коксохімічному підприємстві [7].

Для підвищення збереження фруктової (овочевої) сировини додають діоксид сірки, що володіє антимікробними і антиокислювальними властивостями. Діоксид сірки і сульфіти інгібують процеси потемніння рослинної сировини, взаємодіючи з редукуючими цукрами, карбонільних сполуками і іншими хімічними сполуками [8].

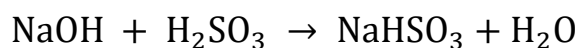
## 2.2 Хімічна технологія отримання гідросульфиту натрію

Отримують гідросульфит натрію хімічним шляхом, кип'ятінням діоксиду сірки у водному розчині карбонату натрію [17].

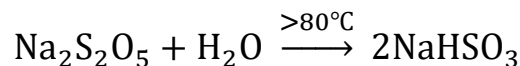
У лабораторних умовах можна отримати за такою реакцією:



Гідросульфит натрію отримують дією надлишком концентрованої сірчаної кислоти та їдкий натр:



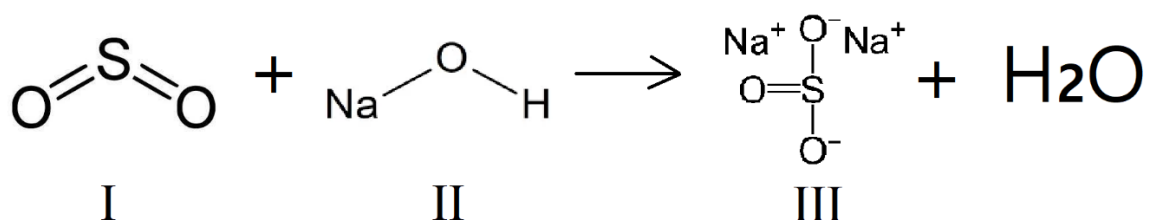
У промисловості можна отримати за наступним рівнянням:



### Основні стадії. Хімізм виробництва:

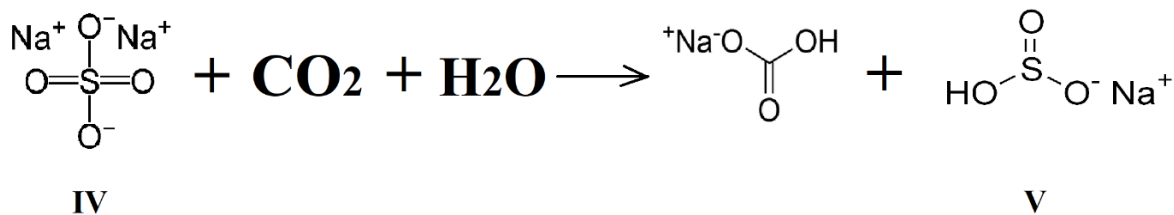
- 1 стадія отримання гідросульфату натрію

Реакція нейтралізації сірчистого ангідриду ( $\text{SO}_2$ ) з їдким натрієм ( $\text{NaOH}$ ):



- 2 стадія отримання гідросульфату натрію

Реакція нейтралізації гіпосульфїту натрію ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) з вуглекислим газом ( $\text{CO}_2$ ) та водою ( $\text{H}_2\text{O}$ ):



### 2.3.Опис принципово-технологічної схеми

В ході виробництва гідросульфїту натрію розчин їдкого натрію та сірчистого ангїдриду завантажують у збірник. Збірник використовується для підкислення розчинів, які потім подають у реактор нейтралізатор разом із кальцинованою содою (рис.2.4). У цьому реакторі відбувається нейтралізація, результатом якої є утворення нейтралізованого розчину, що містить елементарну сірку – на цьому етапі відбувається нейтралізації, під час цієї реакції сірчистий ангїдрид ( $\text{SO}_2$ ) реагує з їдким натрієм ( $\text{NaOH}$ ), утворюючи гіпосульфїт натрій ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) та воду. Далі відбувається реакція нейтралізації гіпосульфїту натрію. У цій реакції гіпосульфїт натрію ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) реагує з вуглекислим газом ( $\text{CO}_2$ ) та водою ( $\text{H}_2\text{O}$ ), утворюючи бікарбонат натрію ( $\text{NaHCO}_3$ ) та гідросульфату натрію ( $\text{NaHSO}_3$ ).

Після нейтралізації розчину, відбувається процес фільтрування для більшої концентрації розчину .

Упарювання в цьому процесі використовується для концентрування розчину гідросульфату натрію. Під час упарювання розчину вода випаровується, а концентрація гідросульфїту натрію збільшується (відбувається фізичне перетворення речовини). Після чого відбувається кристалізація гідросульфату натрію. На цьому етапі гідросульфїт натрію ( $\text{NaHSO}_3$ ) кристалізується з розчину при охолодженні.

Під час сушіння відбувається відокремлення твердих частинок (кристалів гідросульфїту натрію) від рідинної фази (розчину). Це процес

спрямований на очищення та підготовку гідросульфїту натрію для подальшого використання. У процесі сушіння ця волога видаляється, щоб отримати сухий продукт. Це може відбуватися шляхом нагрівання кристалів або використанням інших методів, які допомагають випарувати воду. Цей процес спрямований на отримання чистого і сухого гідросульфїту натрію, готового для подальшого використання або упакування.

Далі наведено принципово-апаратурну схему виробництва:

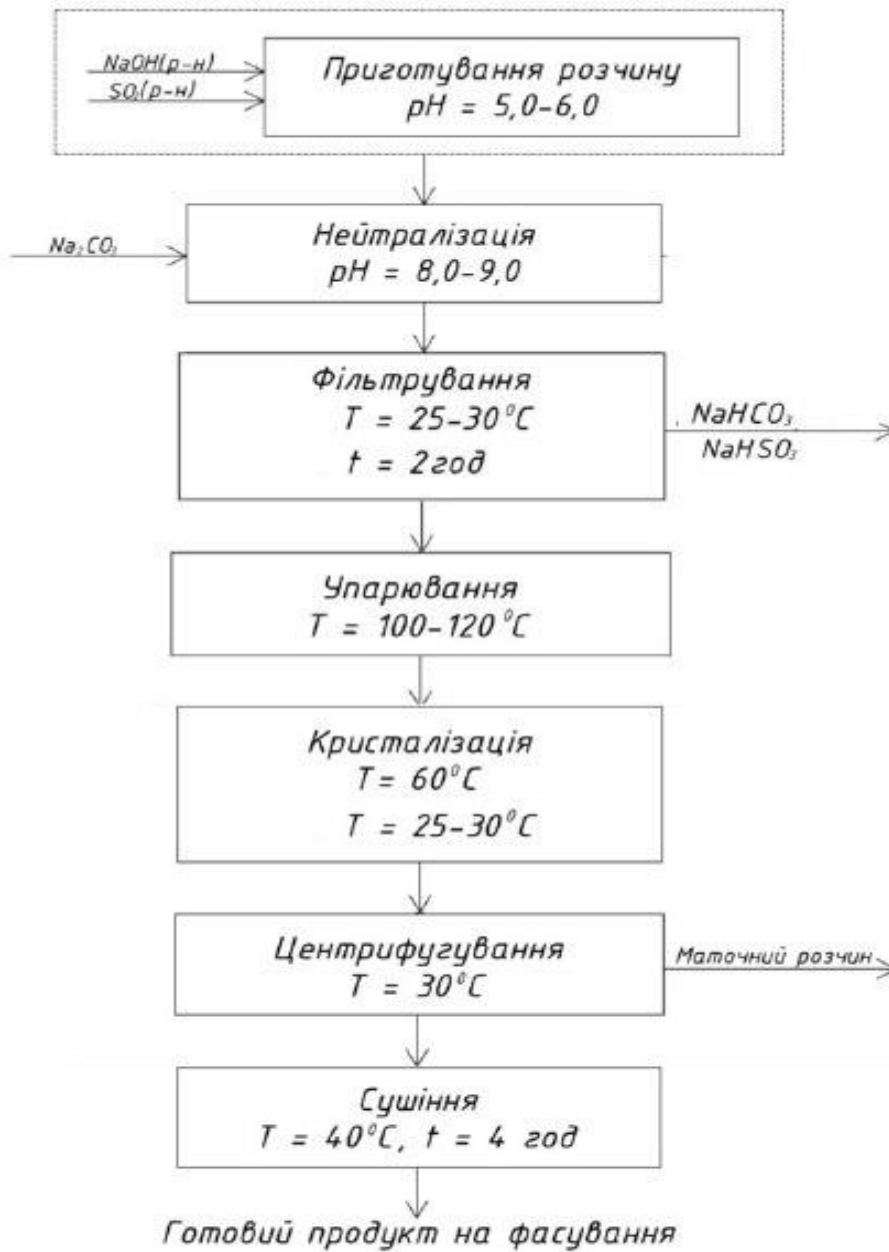


Рис.2.4. – Принципова технологічна схема

## 2.4. Розрахунок матеріального балансу

Так, як ми маємо отримати 1000 кг кінцевого продукту, тому виконуємо розрахунок витрат сировини для отримання цієї кількості гідросульфїту натрію [18].

Таблиця 2.4

### Вихідні дані для розрахунку

Розчин їдкого натру, кг	500
Сірчистий ангїдрид (100%), кг	500
Електроенергія, кВт*ч	446
Пара, ГДж	4,4

Таблиця 2.5

### Приготування розчину

Прихід, кг		Витрата, кг	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
1	2	3	4
1. Розчин гідросульфїту натрію	7968	1. Розчин гідросульфїту натрію	8173,44
NaHSO <sub>3</sub>	918	NaHSO <sub>3</sub>	918
SO <sub>2</sub>	128	S	128
H <sub>2</sub> O	6850	H <sub>2</sub> O	6855
NaOH	72	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	272,44
2. Розчин їдкого натру	288	2. Вихідні гази	82,56
NaCl	265		
H <sub>2</sub> O	23		
<b>Всього</b>	<b>8256</b>	<b>Всього</b>	<b>8256</b>

### Нейтралізація

Прихід, кг		Витрата, кг	
Речовина	Маса,кг	Речовина	Маса,кг
1	2	3	4
1. Розчин гідросульфїту натрію	8173,44	1. Розчин гідросульфїту натрію	8288,44
NaHSO <sub>3</sub>	918	NaHSO <sub>3</sub>	918
S	128	S	248,16
H <sub>2</sub> O	6855	H <sub>2</sub> O	7122,28
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	272,44		
2. Розчин соди	180	2. Вихідні гази	65
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	30	CO <sub>2</sub>	15
H <sub>2</sub> O	150	H <sub>2</sub> O	50
<b>Всього:</b>	<b>8353,44</b>	<b>Всього:</b>	<b>8353,44</b>

Таблиця 2.6

### Фільтрація

Прихід, кг		Витрата, кг	
Речовина	Маса,кг	Речовина	Маса,кг
1	2	3	4
1. Розчин гідросульфїту натрію	8288,44	1. Розчин гідросульфїту натрію	8205,56
NaHSO <sub>3</sub>	918	NaHSO <sub>3</sub>	1641,1
S	248,16	H <sub>2</sub> O	6564,4
H <sub>2</sub> O	7122,28	2. Шлам	82,88
		S	20,72
		NaHSO <sub>3</sub>	38,16
		H <sub>2</sub> O	24,0

<b>Всього:</b>	<b>8288,44</b>	<b>Всього:</b>	<b>8288,44</b>
----------------	----------------	----------------	----------------

Таблиця 2.7

**Упарювання**

Прихід, кг		Витрата, кг	
Речовина	Маса,кг	Речовина	Маса,кг
1	2	3	4
1. Розчин гідросульфїту натрію	8205,56	1. Упарений розчин гідросульфїту натрію	3282,2
NaHSO <sub>3</sub>	1641,1	NaHSO <sub>3</sub>	1969,32
H <sub>2</sub> O	6564,4	H <sub>2</sub> O	1312,88
		2. Вихід (60%)	4923,4
		пара H <sub>2</sub> O	4923,4
<b>Всього:</b>	<b>8205,56</b>	<b>Всього:</b>	<b>8205,56</b>

Таблиця 2.8

**Кристалізація**

Прихід, кг		Витрата, кг	
Речовина	Маса,кг	Речовина	Маса,кг
1	2	3	4
1. Упарений розчин гідросульфїту натрію	3282,2	1. Кристали	656,44
NaHSO <sub>3</sub>	1969,32	NaHSO <sub>3</sub>	610,54
H <sub>2</sub> O	1312,88	H <sub>2</sub> O	45,9
		2. Фільтрат	2625,76
		NaHSO <sub>3</sub>	1312,88
		H <sub>2</sub> O	1312,88
<b>Всього:</b>	<b>3282,2</b>	<b>Всього:</b>	<b>3282,2</b>

## Сушка та фасування

Прихід, кг		Витрата, кг	
Речовина	Маса,кг	Речовина	Маса,кг
1	2	3	4
1. Кристали	2625,76	1. Кристалічний порошок гідросульфату натрію	1000
NaHSO <sub>3</sub>	1312,88	NaHSO <sub>3</sub>	1000
H <sub>2</sub> O	1312,88	2. Вихід	1625,76
		NaHSO <sub>3</sub>	812,88
		H <sub>2</sub> O	812,88
<b>Всього:</b>	<b>2625,76</b>	<b>Всього:</b>	<b>2625,76</b>

## 2.5. Підбір основного обладнання

Технічне оснащення підбирається на основі типу і потужності підприємства, розрахунків продукції, технічних схем і методів виробництва, ефективного часу роботи обладнання та організаційного графіка технологічних процесів, що допомагає заздалегідь визначити необхідну кількість машин, апаратів та обладнання.

Підбір обладнання починається з підготовки виробничого плану, в якому вказується послідовність технологічних процесів. Цей план використовується для визначення системи машин з урахуванням обраного технологічного режиму, результатів розрахунків продукції, змін, днів або робочих годин протягом виробничого циклу.

Вибір обладнання попередньо здійснюється шляхом складання графіка організації виробничого процесу, який остаточно уточнюється після побудови графіка.

Правильний підбір обладнання забезпечує безперебійну і точну роботу всього підприємства. Підбір обладнання залежить від продуктивності підприємства (заданої продуктивності) і типу сировини, що переробляється.

Правильний підбір обладнання забезпечує безперебійну та стабільну роботу підприємства [19].

### **Кристалізатор**

Кристалізатор для об'єднаного процесу кристалізації гідросульфїту натрію є прямоточним апаратом з мішалкою та змієвиком для охолодження. Він призначений для проведення об'єднаного процесу кристалізації, включаючи первинне охолодження розчину до 60°C та подальшу кристалізацію при температурі 25-30°C.

Основні компоненти цього кристалізатора включають корпус з нержавіючої сталі, що забезпечує тривалий термін експлуатації та стійкість до агресивного середовища. Корпус має циліндричну або конічну форму для покращення перемішування та рівномірного охолодження. Мішалка, лопаткова або турбінна, забезпечує рівномірне перемішування суспензії, а електричний двигун з регулюванням швидкості обертання дозволяє оптимізувати процес кристалізації.

Змієвик для охолодження вбудований у стінки кристалізатора або встановлений всередині для ефективного теплообміну. Він виготовлений з нержавіючої сталі або міді для покращення теплопередачі. Система подачі холодної води або іншого холодоагенту забезпечує необхідний температурний режим.

Система контролю температури включає датчики, встановлені в ключових точках кристалізатора для моніторингу температури суспензії, і автоматичний регулятор, підключений до охолоджувальної системи для підтримання заданих температурних параметрів.

Кристалізатор також оснащений вакуумною системою, яка включає вакуумний насос для зниження тиску в кристалізаторі та покращення процесу кристалізації, а також систему відведення парів для безпечного видалення випарів з кристалізатора. Вихідний патрубок для суспензії розташований у нижній частині кристалізатора для зручного відведення суспензії на наступний етап – фільтрацію, і оснащений засувкою або клапаном для контролю потоку суспензії.

Використання об'єднаного кристалізатора має декілька переваг: економія простору, зменшення капітальних витрат, покращена ефективність завдяки оптимізованому перемішуванню та охолодженню, і скорочення часу виробництва за рахунок усунення необхідності проміжного транспортування суспензії між кристалізаторами.

Технічні характеристики цього кристалізатора включають об'єм, визначений залежно від виробничих потреб (зазвичай 1-10 м<sup>3</sup>), температурний діапазон від 100-120°C (вхідний розчин) до 25-30°C (кінцева стадія кристалізації), регульовану швидкість обертання мішалки (зазвичай 10-100 об/хв), і матеріал виготовлення – нержавіюча сталь марки 316 або 304, залежно від корозійної активності середовища.

### **Мішалки лопатевого типу**

Лопатева мішалка це пристрій, що складається з двох або більше прямокутних лопатей, встановлених на обертовому вертикальному або похилому валу (рис. 2.2).

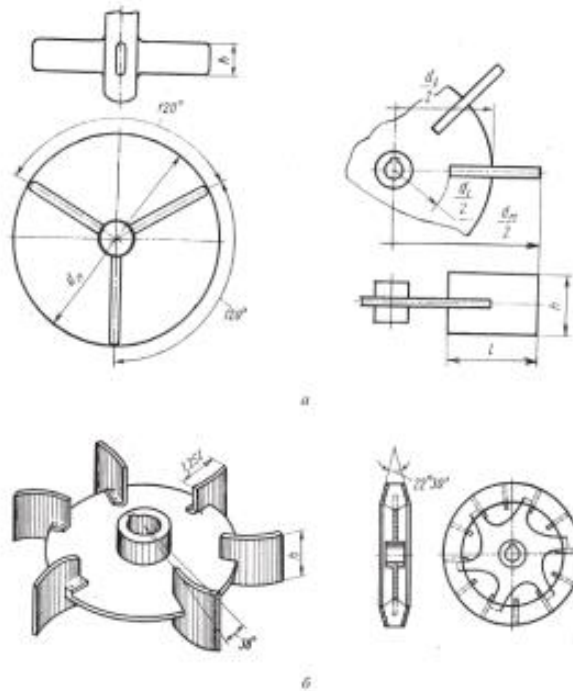


Рис. 2.2 – Робочі органи лопатевої мішалки: а – з плоскими лопатями; б – з криволінійними лопатями

До лопатевих змішувачів також відносяться змішувачі спеціального призначення, такі як якірні, полум'яні та листові змішувачі [20].

Основними перевагами лопатевих змішувачів є простота обладнання та низькі виробничі витрати. Недоліком цього типу змішувачів є те, що насосна дія змішувача слабка (малий осьовий потік), що перешкоджає достатньо повному перемішуванню в загальному обсязі обладнання. Через малу осьову подачу лопатеві мішалки перемішують тільки шар рідини в безпосередній близькості від лопатей мішалки. Турбулентність в об'ємі змішаної рідини повільна, а циркуляція рідини невелика. Тому лопатеві мішалки використовуються для перемішування рідин з в'язкістю, що не перевищує  $10^3$  мС/м<sup>2</sup>. Ці мішалки не підходять для потокового змішування, наприклад, в обладнанні безперервної дії.

### **Центрифуги з інерційним вивантаженням осаду.**

Ці центрифуги є звичайними фільтруючими центрифугами безперервної дії з вертикальними конічними роторами (рис. 2.3).

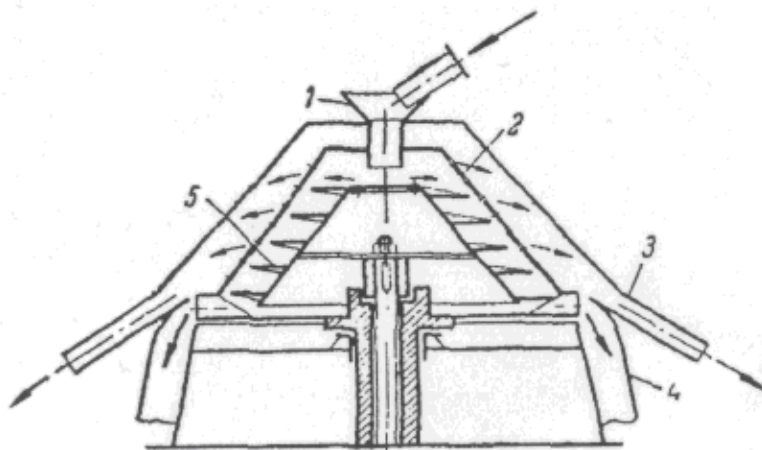


Рисунок 2.3 – Центрифуга з інерційним вивантаженням осаду:

1 — лійка для надходження суспензії; 2 — ротор; 3 — канал для видалення рідкої фази; 4 — канал для видалення твердих часток; 5 — шнек.

Суспензія, що містить грубозернисті матеріали, такі як вугілля, руда і пісок, надходить в центрифугу зверху через воронку 1 (рис. 2.3). Під дією відцентрової сили суспензія відкидається в конусний ротор 2 з перфорованими стінками. При цьому рідка фаза суспензії проходить через отвори в роторі і виводиться з центрифуги через канал 3, а тверді частинки, розмір яких повинен перевищувати розмір отворів, затримуються всередині ротора. Утворений таким чином шар твердих частинок переміщується до його нижнього кінця і виводиться з центрифуги через проточний канал 4, оскільки кут його тертя менший за кут нахилу стінки ротора. Для подовження періоду, протягом якого рідина відділяється від твердих частинок, її рух контролюється гвинтом 5, який обертається повільніше, ніж ротор. Необхідна різниця швидкостей між ротором і шнеком досягається за допомогою редуктора [21].

### Барабанний фільтр

Серед фільтрів безупинної дії найбільш поширені барабанні вакуум-фільтри. Схема такого фільтра представлена на рис. 2.4.

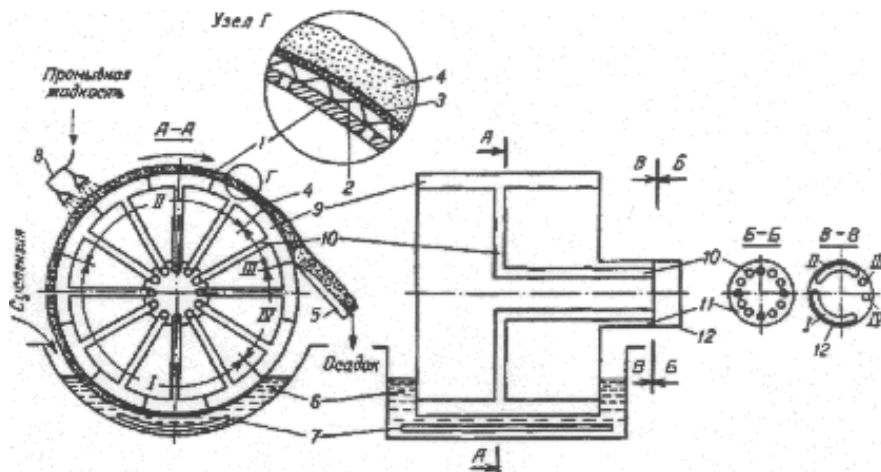


Рисунок 2.4. – Барабанний вакуум-фільтр – 1 – перфорований барабан; 2 – хвиляста сітка; 3 – фільтрувальна перегородка; 4 – осад; 5 – ніж для знімання осаду; 6 – корито для суспензії; 7 – мішалка; 8 – пристрій для підведення промивної рідини; 9 – камери барабана; 10 – сполучні трубки; 11 – обертова частина розподільної голівки; 12 – нерухома частина розподільної голівки

Фільтр має обертовий циліндричний перфорований барабан *1*, покритий металевою хвилястою сіткою *2*, на якій розташовується тихорецька фільтруюча перегородка *3*. Барабан на 30-40% своєї поверхні занурений в суспензію. Оскільки в даному фільтрі напрямок осадження твердих часток протилежно напрямку руху фільтрату, у кориті *6* для суспензії встановлена хитка мішалка *7*, що підтримує її однорідність [22].

Барабан розділений радіальними перегородками на ряд ізольованих камер *9*. Кожна камера з'єднана трубою *10* з окремою порожниною в нерухомій частині *12* розподільчої голівки. В результаті, при обертанні барабана *1* камери *9* з'єднуються з джерелом вакууму і джерелом стисненого повітря в певному порядку. В результаті, за один оберт барабана кожна камера проходить через кілька зон, де відбуваються такі процеси, як фільтрація та відмивання осаду.

**Зона I:** фільтрація та відстоювання. Тут камера ущільнюється осадом. У цей момент камера підключається до джерела вакууму. Під дією вакууму фільтрат проходить через фільтрувальну тканину, сітку і пори барабана в

камеру і виводиться з пристрою по трубах. Осад 4 утворюється на зовнішній поверхні барабана, яка покрита фільтрувальною тканиною.

**Зона II:** відмивання осаду та осадження промивної води. Тут камера, що виходить з корита для осаду, також з'єднана з джерелом вакууму, а промивна рідина подається в осад за допомогою пристрою 8. Промивна рідина проходить через осад і виводиться з пристрою по трубах.

**Зона III:** видалення осаду. Потрапляючи в цю зону, осад спочатку висушується вакуумом, а потім камера підключається до джерела стисненого повітря.

Повітря не тільки висушує осад, але й розпушує його, що полегшує його видалення. Коли камера з висушеним осадом наближається до ножа 5, подача стисненого повітря припиняється. Осад падає з поверхні тканини під дією сили тяжіння. Ніж діє в основному як напрямна поверхня для відділення шару осаду від тканини.

Зона IV: очищення фільтрувальних перегородок. У цій зоні стиснене повітря або пара продувається через фільтрувальну тканину для видалення залишків твердих частинок [22].

### **Шнековий конвеєр**

Гвинтовий конвеєр, гвинтовий транспортер, гвинтовий (шнековий) конвеєр або просто гвинт - це гвинтова машина, тип конвеєра, який переміщує вантаж шляхом його протягування по нерухомому жолобу лопатями обертового гвинта [23]. Прототипом сучасного гвинтового конвеєра є підйомний пристрій, винайдений Архімедом у третьому столітті до нашої ери і названий гвинтом Архімеда. Гвинтові конвеєри є різновидом конвеєрів безперервної дії.

Деякі з видатних характеристик шнеків включають

- проста конструкція і легке обслуговування;
- менші габаритні розміри в порівнянні з іншим конвеєрним обладнанням аналогічної продуктивності (стрічкові та пластинчасті конвеєри);
- герметичність і здатність транспортувати гарячі, пилові та токсичні

матеріали;)

- зручність проміжного розвантаження.
- недоліками шнеків є значний знос і подрібнення вантажу, високі питомі енерговитрати та підвищений знос жолоба і шнека [23].

### Барабанні сушарки

Барабанні сушарки призначені для сушіння сипучих матеріалів у різних галузях промисловості. На основі теплотехнічних розрахунків підбирається оптимальний розмір і конструкція сушильного барабана відповідно до вимог замовника.

Продуктивність барабанних сушарок коливається від 150 кг/год до 100 т/год.

Сушильний барабан (рис. 2.6) являє собою порожнистий зварний циліндр 2, виготовлений зі сталевого листа, до стінки якого зсередини приварена ланцюгова насадка (приставка) 3.

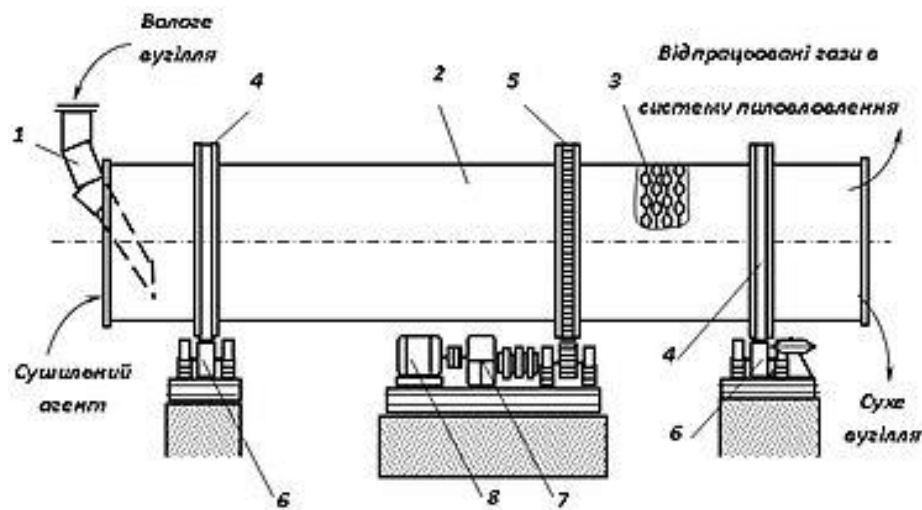


Рисунок 2.6. – Барабанна сушарка: 1 – завантажувальний лоток; 2 – барабан; 3 – ланцюгові насадки; 4 – бандаж; 5 – привідна вінцева шестирня; 6 – котки; 7 – редуктор; 8 – електродвигун

Барабан 2 встановлений на двох бандажах 4 і обертається на двох парах роликів 6 за допомогою електродвигуна 8 і редуктора 7, через привідну зубчасту передачу 5, розташовану на його зовнішній поверхні. Ланцюгові

форсунки 3 служать для запобігання забивання барабана вугіллям і для розпушення матеріалу, що сушиться [24].

Перший вологий матеріал потрапляє в барабан через завантажувальний лоток 1. Переміщення матеріалу відбувається за рахунок обертання барабана і нахилу його під кутом 3-5° до горизонталі. Вологий матеріал розпушується і переміщується форсунками і сушиться за рахунок контакту гарячих газів з нагрітою внутрішньою поверхнею барабана.

Висушений матеріал вивантажується з барабана через розвантажувальну камеру (не показано). Відпрацьовані гази очищаються від пилу за допомогою серії батарейних пиловловлювачів і мокрих пиловловлювачів і після очищення викидаються в атмосферу.

Час сушіння вугілля становить 15-40 хвилин. Щоб запобігти вимиванню сухого матеріалу, швидкість газу на виході з барабана не перевищує 2-3 м/с для тонких концентратів і 0,5-1 м/с для флотаційних концентратів. Розрідження в печі перед барабаном становить 19,6-29,4 Па, після барабана 294-392 Па, перед димососом 883-981 Па і після димососа 294-392 Па.

Питомі витрати тепла барабанних сушарок становлять 4000-6300 кДж/кг на тонну випареної води, в тому числі 6% на нагрівання вугілля, 72% на випаровування води і 22% на втрати з димовими газами і випромінюванням. Споживання електроенергії на тонну випареної води коливається від 20 до 75 кВт-год/т.

## **2.6. Розрахунок основного обладнання**

Для отримання рідких однорідних сумішей та мас, в результаті перемішування і розчинення використовують мішалки різних типів, вибір яких залежить від в'язкості рідини, що переміщується. В даному випадку використовується лопатева мішалка.

Змішувач з лопатевою мішалкою – змішувач за допомогою якого здійснюється механічне перемішування в'язкої та сухої фракції. Лопатеві мішалки доцільно застосовувати для перемішування з метою суспендування,

розчинення і під час проведення хімічних реакцій. Вони найпростіші за конструкцією. При механічному перемішуванні, доречно використовувати мішалки з похилими лопатями до площини, саме ця конструкція надає збільшенню вертикальних струмів рідкої фракції та підймання частин суміші з нижньої частини апарату.

Конструкція лопатевої мішалки складається з 2 плоских лопаті, котрі перпендикулярно закріплені на валу та здійснюють обертання навколо власної осі за допомогою електродвигуна. Електродвигун також здійснює оберти за допомогою черв'ячної або зубчастої передачі [29].

Інтенсивність оборотів, впливає на ефективність перемішування, кількість енергії, що вводиться та від конструкції самого апарату.

Стандартні характеристики обраного реактору становлять:

- внутрішній діаметр –  $D = 1200$  мм.
- діаметр валу мішалки –  $d = 100$  мм.

### Розрахунок лопатевого змішувача

#### 1. Продуктивність завантаження суміші в реактор за 1 раз:

Вхідні дані:  $V_{\text{зав.}} = 1,4 \text{ м}^3$ ,  $V_{\text{внутр.}} = 2 \text{ м}^3$ , заповнення змішувача реакційною сумішшю здійснюється на 80% від його об'єму.

$$V_{\text{роб.}} = 2 \cdot 0,8 = 1,6 \text{ м}^3 \quad (2.16)$$

#### 2. Розраховуємо об'єм заданого апарату за наступною формулою

2.17:

$$V = \frac{V_p}{\varphi_{\text{зап.}}} \quad (2.17)$$

де  $V_p$  – об'єм даного розчину;

$\varphi_{\text{зап.}}$  – коефіцієнт запасу (0,7)

$$V = \frac{1000}{0,7} = 1429 \text{ л} = 1,43 \text{ м}^3$$

#### 3. Знайдемо діаметр лопатевої мішалки за стандартними значеннями

$$\frac{D}{d_m} = 1,4 \dots 1,7 \quad (2.18)$$

де  $d_M$  – діаметр мішалки

Приймаємо, що  $\frac{D}{d_M} = 1,5$ , тоді діаметр становить

$$d = \frac{1200}{1,5} = 800 \text{ мм}$$

**4. Формула висоти рідини розраховується наступним чином:**

$$H_p = \frac{V_p}{\pi \cdot R^2} \quad (2.19)$$

$$H_p = \frac{1600}{3,14 \cdot 600} = \frac{1600}{1130400} = 1415 \text{ мм}$$

**5. Розраховуємо загальну висоту мішалки за формулою 2.20:**

$$H = \frac{H_p}{\varphi} \quad (2.20)$$

$$H = \frac{1415}{0,7} = 2021 \text{ мм}$$

**6. Знайдемо густину суміші за формулою 2.21:**

$$\rho_c = \frac{1}{\frac{x_T}{\rho_T} + (1 - x_T)/\rho_B}$$

$$\rho_c = \frac{1}{\frac{0,07}{970} + \frac{(1 - 0,07)}{1300}} = 1270 \text{ кг/м}^3$$

**7. Розрахуємо об'ємну частку твердої фази в суміші за формулою 2.22:**

$$\varphi = \frac{x_T \cdot \rho_c}{\rho_T}$$
$$\varphi = \frac{0,07 \cdot 1270}{970} = 0,09$$

**8. Знайдемо динамічну в'язкість суміші, яка знаходиться на 2 формулах:**

- ✓ Для суспензій зі значенням  $\varphi > 10\%$  розраховується за формулою 2.23:

$$\mu_c = \mu_p \cdot (4,5 \cdot \varphi)$$

- ✓ Для суспензій зі значенням  $\varphi < 10\%$  розраховується за формулою 2.24:

$$\mu_c = \mu_c \cdot (1 + 2,5 \cdot \varphi)$$

Виходячи з попередніх розрахунків суспензія виходить зі значенням  $\varphi > 10\%$ , тому динамічна в'язкість суміші становить:

$$\mu_c = 0,0345 \cdot (1 + 4,5 \cdot 0,09) = 0,048 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

**9. Розраховуємо частоту обертання мішалки за формулою 2.25:**

$$n = C_1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta\rho \cdot d_r}{\rho_c}\right) \cdot \left(\frac{D^{x1}}{d^{y1}}\right)}$$

Де  $\Delta\rho$  – різниця густини часток і середовища,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$d_r$  – еквівалентний діаметр твердих часток, м;

$D, d$  – внутрішній діаметр апарата і діаметр мішалки, м;

$\rho_c$  – густина середовища або суміші,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

$$n = 46,4 \cdot \sqrt{\frac{(330 \cdot 0,004)}{1270} \cdot \left(\frac{1,2^0}{0,8^1}\right)} = 1,7 \text{ с}^{-1}$$

**10. Щоб знайти число Рейнольдса для мішалки використовується формула 2.26:**

$$Re_M = \frac{\rho \cdot n \cdot d^2}{\mu}$$

де  $\rho$  – густина середовища або суміші,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$n$  – частота обертання мішалки,  $\text{с}^{-1}$ .

$$Re_M = \frac{1270 \cdot 1,7 \cdot 0,8^2}{0,048} = 28790$$

**11. Розраховуємо потужність, яка необхідна мішалці у робочий період за формулою 2.27:**

$$N_p = Eu_m \cdot d^5 \cdot n^3 \cdot \rho$$

$$N_p = 0,5 \cdot 0,8^5 \cdot 1,7^3 \cdot 1270 = 1030,28 \text{ Вт}$$

**12. Розраховуємо поплачковий коефіцієнт за формулою 2.28:**

$$f_H = \sqrt{\frac{H}{D}}$$

$$f_H = \sqrt{\frac{2021}{1200}} = 1,68$$

**13. Знайдемо потужність електродвигуна мішалки за формулою 2.29:**

$$N = \frac{f_n N_p f_H}{1000 \cdot n}$$

$$N = \frac{1,2 \cdot 1030,28 \cdot 1,68}{1000 \cdot 0,85} = 2,44 \text{ кВт}$$

В даному підрозділі були проведені розрахунки змішувача з лопатевою мішалкою та визначено потужність електродвигуна, яка становить 2,44 кВт, тобто для здійснення процесу перемішування необхідний електродвигун потужністю не менше 3 кВт.



1. Продуктивність за продуктом 1 т/добу.
2. Тип перемішуючого пристрою – дволопатева.
3. Висота апарату – 3,1 м.
4. Об'єм апарату – 2 м<sup>3</sup>.
5. А – вхід рідкої фази; Б – вхід твердої фази; В – вихід гідросульфїту.

## 2.7. Опис апаратурно-технологічного схеми

На рис. 2.5 зображена апаратурна схема виробництва гідросульфїту натрію.

До збірнику **1** загрузають розчин їдкоого натрію та сірчистого ангїдрїду, потїм гвинтовим насосом **2** підкисленї розчини подаються у реактор нейтралїзатор **3** до якого поступає кальцинована сода. Нейтралїзований розчин, який містить елементарну сірку, із реактора **3** насосом **4** подають на фільтр **5**. Циркуляцію розчину здійснюють центробїжним насосом **6**. Упарювання здійснюють у скруберї **7** до об'єму в розчинї 800-860 г/л гідросульфїту натрію за температури 100-120° С. Насосом **8** розчин перекачують у випарник для зниження температури, далї розчин їде у кристалїзатор **9**, який оснащений мїшалкою та змїйовиком для подачі холодної води. В кристалїзаторї суспензію спочатку охолоджують приблизно до 60°С, а потїм продовжують кристалїзацію при температурї 25-30°С. Шнековим конвеєром пульпу кристалїв направляють шнековим конвеєром **12** на фільтрацію до центрифуги **12**. Кристали гідросульфїту натрію із центрифуги **12** шнековим конвеєром **13** направляють в барабанну сушарку **14**, де температура сушіння складає 40° С. Висушенї кристали гідросульфїту натрію направляють в бункер, а потїм на упаковку.

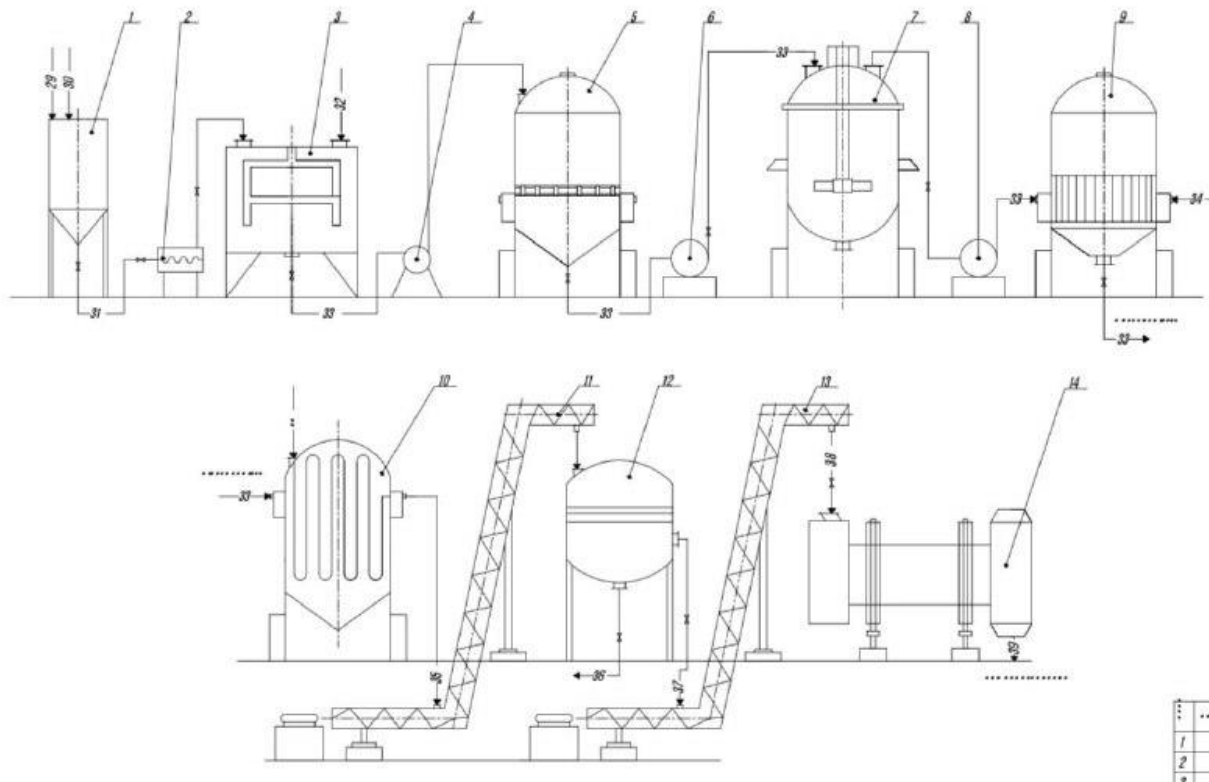


Рисунок 2. 5.– Апаратурно-технологічна схема виробництва  
гідросульфїту натрію

## РОЗДІЛ ІІІ ТЕХНІКО-ЕКОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Виробнича потужність підприємства є максимальним обсягом продукції, який може виготовити підприємство протягом року за допомогою закріплених за ним засобів праці відповідно до встановленої спеціалізації, кооперації виробництва та режиму роботи, розраховується, як правило, в натуральних одиницях [26].

### Розрахунок випуску продукції

Потужність цеху по виробництву тіосульфату натрію на добу становить 1000 кг, цех працює 2 зміни на добу, тому його потужність за зміну становить 20 т.

Виробнича потужність підприємства (ВПП) розраховується за формулою [40]:

$$\text{ВПП} = \text{ФЧР} / \text{ТЦ} \times \text{К}_c \quad (3.1),$$

де ФЧР — фонд часу роботи устаткування;

ТЦ — тривалість циклу збирання виробу;

$\text{К}_c$  — кількість устаткування.

У підприємства наявне устаткування перервної дії, і тому фонд часу роботи устаткування ( $T_{\text{перер}}$ ) визначається за формулою [27]:

$$T_{\text{перер}} = [(365 - t_{\text{вих}} - t_{\text{св}} - t_{\text{рем}}) \times \text{К}_{\text{зм}} \times t_{\text{зм}}] \times \left[ \frac{100 - \text{П}_{\text{пр}}}{100} \right] \quad (3.2)$$

Таким чином, розрахуємо виробничу потужність підприємства за формулою (3.1):

$$\text{ВПП} = 1803,2 \text{ (год/рік)} / 7 \text{ (год/партію)} = 258 \text{ (партій/рік)}.$$

Для розрахунку даної формули, наведемо показники фонду часу роботи устаткування та режиму роботи підприємства у таблиці 2.6.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Біла Г.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа  НУХТ	Розробник документа Коцюбира В.М.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ ІІІ ТЕХНІЧНО- ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	ННІХТ.ХТ-3-14.024.161.048.КП.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 16.04.2024	Мова ua	Аркуш 48/71

Таблиця 2.6

## Показники фонду часу роботи устаткування та режиму роботи

Показник	Дні
Святкові дні	5,0
Вихідні дні	110,0
Планово-запобіжний ремонт, днів	10,0
Відпускні, дні	15,0
Кількість днів роботи устаткування за добу	1,0
Тривалість зміни, год	8,0
Перерви у роботі, год/добу	0,5
Відсоток планових поточних простоїв, %	2,0

Отже, за даними таблиці 2.6, фонд часу роботи устаткування є наступним:

$$[(365 - 5 - 110 - 5 - 15) \times 1 \times 8] \times [(100 - 2) / 100]$$

$$= 1803,2 \text{ год/рік (або 225 днів/рік).}$$

Потужність виробництва цеху:  $20 \times 225 = 4500 \text{ т}$

Коефіцієнт виробництва приймаємо за 0,95.

Обсяг виробництва складає:  $20 \times 225 \times 0,95 = 4275 \text{ т.}$

Таблиця 2.7

## Розрахунок виробничої програми підприємства

Продукція	Добовий обсяг виробництва, т	Кількість днів роботи на рік	Річний обсяг виробництва, т
1	2	3	4
Гідросульфід натрію	20	225	4500

Для розрахунку економічної ефективності проводимо аналіз витрат на сировину ,основних та допоміжних матеріалів, енерговитрати, витрати на оплату праці.

Таблиця 2.8

**Розрахунок вартості сировини, основних та допоміжних матеріалів  
за сезонний обсяг виробництва продукції**

<b>Вид сировини та головних матеріалів</b>	<b>Норми витрат на річний обсяг виробництв</b>	<b>Вартість 1тони сировини або основних матеріалів, тис. грн.</b>	<b>Витрати на річний обсяг виробництва, тис. грн.</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Сировина та основні матеріали</b>			
Розчин їдкоого натру	500	1 295,0	647 500,0
Сірчистий ангідрид	500	2 998,79	1 499 395,0
Кальцинована сода	50,0	1 850,0	92 500,0
Вода	1000,0	837	837 000,0
<b>Допоміжні матеріали</b>			
Мішки, 50 кг	50 шт.	7,20	360,0
Етикетки	500 шт.	34	17 000,0
<b>Разом: 3 093 755,0 тис.грн.</b>			

Розрахуємо час на виготовлення партії гідросульфїту натрію. Сировина завантажується з розрахунку 1000 кг/добу готової продукції . Розрахунки наведені у табл. 2.9.

Таблиця 2.9

## Витрати часу на виготовлення 1000 кг/добу гідросульфїту натрію

№	Найменування операції	Затрата часу, хв.
1	2	3
1	Приготування розчину	30
2	Нейтралізація	25
3	Фільтрація	25
4	Упарювання	45
5	Кристалізація	35
6	Сушка та фасування	270

Отже, за даними таблиці, виходить, що партія гідросульфїту натрію виготовляється за 430 хв. або за 7 год. Далі проводимо розрахунок собівартості виробництва партії гідросульфїту натрію (табл. 2.10).

Таблиця 2.10

## Розрахунок собівартості виробництва

№ з/п	Назва статті витрат	Од. виміру	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн
1	2	3	4	5	6
1	Сировина, основні та допоміжні матеріали				3 093 755,0
<b>Всього за матеріалами</b>					<b>3 093 755,0</b>
2	Заробітна плата	чол.	75	17937 <sup>1</sup>	1345275,0
3	Електроенергія	грн.	446	2,64 <sup>2</sup>	1177,44
4	Амортизація	грн.	15% вартості обладнання	100 581,55	15087,23
5	Витрати на обслуговування обладнання	грн.	5% вартості обладнання	100 581,55	5029,08
6	Адміністративні витрати	грн.			10000,0

7	Накладні витрати	грн.		1500,0
8	Витрати на транспортування	грн.		5800,0
<b>Всього по іншим витратам</b>				<b>1 383 868,75</b>
<b>Разом</b>				<b>4 477 623,75</b>

Примітка:

<sup>1</sup> Середня заробітня плата по Україні станом на 01.02.2024 р. за [28]

<sup>2</sup> Ціна за кВт спожитої електроенергії станом на 01.02.2024 р. [29]

Позавиробничі витрати складають 0,25% до виробничої собівартості:

$$4477623,75 \times 0,0025 = 111194,06 \text{ тис. грн.}$$

Загальновиробничі витрати (2% до виробничої собівартості):

$$4477623,75 \times 0,02 = 89552,475 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на вироблення продукції за сезон:

$$4477623,75 + 111194,06 + 89552,475 = 4\,678\,370,285 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на 1 т продукції:  $\frac{4\,678\,370,285}{4500} = 1039,6 \text{ тис. грн.}$

Ціна 1 т продукції:  $1039,6 + 1039,6 \times 40\% = 1455,44 \text{ тис. грн.}$

Прибуток = (ціна – собівартість) × обсяг виготовленої продукції

Прибуток =  $(1455,44 - 1039,6) \times 4500 = 1\,871\,280,0 \text{ тис. грн.}$

Показники економічної ефективності вносимо до табл. 2.11

*Таблиця 2.11*

### Показники економічної ефективності

Показники	Одиниці виміру	Значення показника
1	2	3
Обсяг виробництва	Т	4500
Капітальні витрати	Тис. грн.	1455,44
Ціна за 1 тону продукції	Тис. грн.	0,3
Собівартість 1 тони	Тис. грн.	1455,44

продукції		
Прибуток	Тис. грн.	1 871 280,0

Розрахувавши економічну ефективність виробництва гідросульфиту натрію, можемо підвести підсумок, що дане підприємство є економічно вигідним, так як його прибуток складає 1 871 280,0 тис. грн.

## РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Особливе місце в управлінні якістю продукції займає контроль якості. Саме контроль як один із ефективних засобів досягнення намічених цілей і найважливіша функція управління сприяє правильному використанню об'єктивно існуючих людиною передумов і умов випуску продукції високої якості. Від ступеня досконалості контролю якості, його технічного оснащення і організації багато в чому залежить ефективність виробництва в цілому.

Відповідно до ДСТУ ISO 9000-2001: «Якість – це ступінь, до якого сукупність властивих характеристик задовольняє потреби або очікування, загальнозрозумілі або обов'язкові».

Система контролю якості – це сукупність методів і засобів контролю й регулювання компонентів, що визначають рівень якості продукції на стадіях стратегічного маркетингу, наукових, дослідно-конструкторських робіт та виробництва, а також технічного контролю на всіх стадіях виробничого процесу.

Гідросульфід натрію, що використовують для виробництва повинен задовольняти вимоги ГОСТ 902-41. Він стійкий лише у водному розчині. З підвищенням температури, розчинність у воді збільшується. Водний розчин має запах діоксиду сірки й світло жовтий колір; допускається легкий коричневий відтінок. Технічний гідросульфід натрію випускається в промисловості у вигляді водного розчину, густиною  $1,332 \text{ г/см}^3$ . Хімічний склад технічного гідросульфідату натрію наведено в табл. 2.12.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Біла Г.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документ Коцюбира В.М.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	ННІХТ.ХТ-3-14.024.161.017.КП.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 16.04.2024	Мова ua	Аркуш 54/71

## Вимоги до якості гідросульфїту натрію

Компонент	Вміст, % не більше
1	2
Гідросульфїт натрію ( $\text{NaHSO}_3$ )	22,5
Сульфїт натрію ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ )	1,0
Залїзо в перерахунку на оксид залїза ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	0,02
Вільний діоксид сірки ( $\text{SO}_2$ )	Відсутність

Для визначення якості гідросульфїту натрію ( $\text{NaHSO}_3$ ) використовуються різні аналітичні методи, що дозволяють оцінити його фізичні, хімічні та органолептичні властивості. Основні методи включають:

### 1. Титриметричний аналіз

Визначення вмісту активної речовини ( $\text{NaHSO}_3$ ).

Пряме титрування: гідросульфїт натрію титрується розчином стандартної кислоти до досягнення кінцевої точки, яку можна візуально визначити за допомогою індикатора (наприклад, метилового оранжевого).

Зворотне титрування: на зразок  $\text{NaHSO}_3$  додають надлишок відомого розчину окисника, наприклад, йоду, а потім титрують надлишок окисника розчином тіосульфату натрію.

### 2. Гравіметричний аналіз

Визначення вмісту вологи та зольності.

- Вологість: зразок ( $\text{NaHSO}_3$ ) висушують до постійної ваги при визначеній температурі (зазвичай 105-110 °C). Різниця у вазі до та після висушування визначає вміст вологи.
- Зольність: зразок зважують і потім спалюють при високій температурі до повного зольного залишку. Зольність визначають за масою залишку після спалювання.

### 3. Спектрофотометрія

Визначення вмісту домішок, таких як важкі метали( залізо, мідь, свинець).

- *Атомно-абсорбційна спектрофотометрія (ААС)*: зразок розчиняють і вводять у атомізатор, де визначають концентрацію металів шляхом вимірювання поглинання світла атомами металів на характерних для них довжинах хвиль.
- *Ультрафіолетова та видима спектрофотометрія (UV-Vis)*: зразок розчиняють, і його абсорбційний спектр вимірюється у видимій або ультрафіолетовій області для виявлення конкретних домішок.

### 4. Хроматографія

Детальний аналіз чистоти та ідентифікації домішок.

- Рідинна хроматографія високої ефективності (РХВЕ): зразок пропускають через колонку, заповнену адсорбентом, і домішки визначаються за часом утримання та піками на хроматографі.
- Газова хроматографія (ГХ): зразок випаровують і пропускають через газову колону, де окремі компоненти визначаються за допомогою детектора.

### 5. Потенціометричний аналіз

Визначення рН водного розчину  $\text{NaHSO}_3$ .

- Вимірювання рН: зразок розчиняють у воді до певної концентрації, і рН розчину вимірюється за допомогою рН-метра.

## 6. Візуальні та органолептичні методи

Оцінка зовнішнього вигляду, кольору та запаху.

- Візуальний огляд: зразок перевіряється на наявність механічних домішок, зміну кольору або іншого небажаного зовнішнього вигляду.
- Органолептичний аналіз: оцінка запаху зразка для виявлення сторонніх запахів, які можуть свідчити про наявність домішок або розкладання продукту.

Зазвичай  $\text{NaHSO}_3$  упаковується у міцні і малопроникні контейнери з поліетилену, поліпропілену або сталі. Це дозволяє запобігти контакту продукту з вологою повітря, що може призвести до його окислення та зміни якості.

Упаковка повинна бути стійкою до механічних ушкоджень та забезпечувати захист від зовнішніх ударів, що можуть призвести до руйнування упаковки та випадкового розливання продукту.

На упаковці повинна бути чітка етикетка з інформацією про продукт, включаючи його назву, хімічну формулу, небезпечні властивості (якщо такі є), інструкції щодо безпеки та застереження щодо зберігання та використання.

$\text{NaHSO}_3$  зазвичай потребує зберігання в сухому, прохолодному місці при температурі не вище  $25^\circ\text{C}$ . Висока вологість і температура можуть призвести до гідролізу продукту, що знижує його активність.

Продукт слід зберігати у темних або непрозорих контейнерах, оскільки світло може сприяти окисленню  $\text{NaHSO}_3$  та погіршенню його якості. Під час зберігання слід уникати контакту  $\text{NaHSO}_3$  з окислювачами, кислотами або базами, оскільки це може призвести до небезпечних хімічних реакцій.

При зберіганні у виробничих приміщеннях слід забезпечити достатню вентиляцію для зменшення ризику накопичення відпарів або газів, які можуть утворюватися під час зберігання  $\text{NaHSO}_3$ .

Ці вимоги важливі для збереження безпеки, якості та стабільності гідросульфїту натрію під час транспортування та зберігання в промислових умовах.

## РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Фактори, що характеризують охорону навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища у виробництві гідросульфїту натрію ( $\text{NaHSO}_3$ ) є критично важливою для запобігання негативного впливу на природу та збереження екологічної стійкості. Основні фактори, які характеризують охорону навколишнього середовища у цьому контексті, будуть наведені нижче.

Застосування технологій для ефективного використання води в процесах виробництва та її подальшого очищення перед відведенням в навколишнє середовище. Важливо уникати забруднення водних ресурсів хімічними речовинами, включаючи  $\text{NaHSO}_3$ .

Контроль за викидами та забрудненнями, що потрапляють в річки, озера або інші водоймища, з метою збереження водних екосистем.

Використання ефективних технологій для обробки і утилізації відходів, що містять  $\text{NaHSO}_3$  або інші хімічні сполуки. Це включає використання безпечних методів складування, переробки та знищення, щоб уникнути негативного впливу на ґрунт і водні ресурси.

Впровадження систем для постійного моніторингу рівнів викидів у повітря, воду та ґрунт з метою вчасного виявлення відхилень від нормативних показників. Це дозволяє оперативно реагувати на потенційні загрози для навколишнього середовища.

Впровадження енергоефективних технологій і процесів для зменшення викидів парникових газів та інших забруднюючих речовин, пов'язаних з виробництвом  $\text{NaHSO}_3$ .

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Біла Г.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Коцюбира В.М.	Назва, додаткова назва ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	ННІХТ.ХТ-3-14.024.161.059.КП.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 16.04.2024	Мова ua	Аркуш 59/71

Збереження навколишнього середовища в процесі виробництва гідросульфїту натрію є складною задачею, яка вимагає комплексного підходу, впровадження передових технологій та дотримання відповідних стандартів охорони довкілля. Зазначені фактори дозволяють ефективно управляти ризиками і забезпечити сталий розвиток виробничого процесу.

ГДК (гранично допустима концентрація) компонентів гідросульфїту натрію ( $\text{NaHSO}_3$ ) в атмосферному повітрі населених місць залежить від того, який саме компонент розглядається. Однак, зазвичай регулюються концентрації сірководню ( $\text{H}_2\text{S}$ ) та діоксиду сірки ( $\text{SO}_2$ ), які можуть утворюватися під час виробництва та обробки  $\text{NaHSO}_3$ .

Зазвичай ГДК для сірководню в атмосферному повітрі населених місць складає:

-Сірководень ( $\text{H}_2\text{S}$ ): ГДК може бути в районі декількох мікрограм на кубічний метр ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) чи часто визначається згідно з національними та міжнародними стандартами з охорони здоров'я.

-Для діоксиду сірки ( $\text{SO}_2$ ), ГДК також встановлюється відповідно до місцевих нормативних актів та міжнародних стандартів, зокрема в мікрограмах на кубічний метр ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Точні значення можуть варіюватися в залежності від регіону та конкретних правил охорони навколишнього середовища, що діють у кожній країні.

## 5.2 Охорона праці

Охорона праці на виробництві гідросульфїту натрію ( $\text{NaHSO}_3$ ) є ключовою складовою для забезпечення безпеки та здоров'я працівників,

оскільки цей процес пов'язаний із ризиком через використання хімічних речовин. Основні аспекти охорони праці в цьому контексті включають:

Перед початком робіт важливо провести комплексну оцінку потенційних ризиків, що пов'язані з виробництвом гідросульфїту натрію. Це включає ідентифікацію хімічних, фізичних та біологічних небезпек, які можуть виникнути під час обробки речовин.

Забезпечення працівників необхідними засобами індивідуального захисту (ОЗІ), такими як респіратори, захисні окуляри, хімічні рукавиці та спеціальний одяг. Це дозволяє мінімізувати контакт з хімічними речовинами і зменшити ризик виникнення травм або отруєнь.

Використання ефективних систем вентиляції для відведення шкідливих парів та викидів, що можуть виникати під час обробки гідросульфїту натрію. Це забезпечує чисте повітря на робочих місцях і запобігає накопиченню небезпечних речовин у приміщеннях.

Проведення регулярних навчань з питань охорони праці, що включають ознайомлення з правилами безпеки, користуванням ОЗІ, процедурами евакуації в разі аварій та правильним утилізацією відходів.

Постійне спостереження за умовами праці, виявлення потенційних небезпек і вчасне вживання заходів щодо їх усунення. Це включає моніторинг рівнів хімічних речовин у повітрі, воді та на робочих місцях.

Використання безпечних методів збору, обробки та утилізації відходів, що виникають під час виробництва  $\text{NaHSO}_3$ . Це сприяє запобіганню забруднення ґрунту та водоймищ і зменшує негативний вплив на навколишнє середовище.

Ефективна охорона праці на виробництві гідросульфїту натрію вимагає комплексного підходу, системного управління ризиками і дотримання

відповідних стандартів безпеки. Застосування вищезазначених заходів дозволяє забезпечити безпеку та здоров'я працівників у робочому середовищі.

Технологічні процеси хімічних виробництв найчастіше є вибухо- і пожежонебезпечними, відбуваються при високих температурах і тиску; речовини, які застосовують, і супровідні продукти, що потрапляють в робочу зону, можуть бути шкідливими і високотоксичними. Тому наведемо аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час реалізації технологічного процесу гідросульфїту натрію.

Таблиця 5.2

### Характеристика шкідливих виробничих факторів

Шкідливі фактори	Опис	Вплив на здоров'я та середовище
Сірководень ( $H_2S$ )	Виділяється під час обробки реагентів.	Отруєння, подразнення дихальних шляхів, запах.
Діоксид сірки ( $SO_2$ )	Може утворюватися при певних процесах.	Подразнення очей та дихальних шляхів, астма.
Пил	Утворюється при розфасуванні та вантаженні.	Респіраторні проблеми, пневмоконіозм.
Хімічні речовини	Використовуються для синтезу $NaHSO_3$ .	Отруєння, алергії, канцерогенність.
Небезпечні відходи	Формуються в процесі	Забруднення ґрунту та

	виробництва.	водойм, екологічні проблеми.
Недостатня вентиляція	Не забезпечує відведення шкідливих газів.	Погіршення якості повітря, ризик отруєння.

Також працівники всіх цехів та підрозділів повинні дотримуватись та знати основні причини травматизму на підприємствах та заходи, які допоможуть їх запобігти:

- Технічні причини: несправність виробничого обладнання; недосконалість технологічних стадій процесу виробництва; відсутність елементів захисту.
- Санітарно-гігієнічні причини; підвищений рівень шкідливих речовин у повітрі; приміщення недостатньо освітлення; недопустимі параметри мікроклімату; високий рівень виробничого шуму, вібрацій, випромінень.
- Психофізіологічні причини: помилки в роботі працівника через перевтому або хворобливий стан; низька концентрація уваги; необережність та безвідповідальність; порушення інструктажів щодо безпечного виконання запланованих робіт.
- Організаційні причини: відсутність проведення навчальних робіт та інструктажів; використання несправного обладнання; порушення правил та вимог з охорони праці та правил використання обладнання; робота з апаратами не за їх призначенням.
- Економічні причини: низька заробітня плата та невчасна виплата; виконання надурочних робіт; нерівномірний робочий графік.

### 5.3. Промислова санітарія

Метеорологічні умови у виробничих приміщеннях суттєво впливають на самопочуття, здоров'я, працездатність людини і як, наслідок, на рівень травматизму та професійні захворювання.

В поняття метеорологічні умови виробничого приміщення, входять фізичні фактори виробничого середовища, які впливають на тепловий стан організму і, які необхідно постійно контролювати.

Крім того, державним стандартом ДСН 3.36.042-99, встановлюють оптимальні та допустимі параметри мікроклімату виробничих приміщень залежно від загальних енерговитрат організму при виконанні роботи та періоду року.

Метеорологічні умови наведені відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 з урахуванням категорій важкості робіт та енерговитрат під час виконання технологічного процесу та періоду року.

Таблиця 5.3

#### Допустимі параметри метеорологічних умов

Категорія робіт по енерговитратам	Період року	Температура °С	Відносна вологість, не більше, %	Швидкість повітря, не більше, м/с
1	2	3	4	5
Па середньої важкості	теплий	17-23	75°С	0,3
	холодний	18-27	65 (при 26°С)	0,2-0,4

Заходи, що проводять для дотримання нормативних значень метеорологічних параметрів:

1. теплоізоляція реактора, прожарювальної печі;
2. вентиляція, опалення в холодний період року, відповідно до СніП 2.04.05-91;
3. герметизація обладнання;
4. механізація завантажувальних та розвантажувальних робіт;
5. автоматизація процесу.

#### **5.4. Пожежна безпека**

Гідросульфід натрію вибухонебезпечний, пожежонебезпечний при дії на продукт води в присутності кисню повітря, що призводить до реакції, що супроводжується виділенням великої кількості тепла і самозаймання виділилася сірки.

Гасіння продукту, що загорівся здійснюють розпорошеною водою та повітряно-механічною піною.

Виробничі приміщення та лабораторії, в яких проводять роботи з гідросульфідом натрію, повинні бути забезпечені припливно-витяжною вентиляцією згідно з ГОСТ 12.4.021-75 та санітарно-побутовими приміщеннями.

Виробниче обладнання та комунікації в місцях можливого утворення пилу і газів повинні бути забезпечені місцевими аспіраційними відсмоктувачами, що забезпечують стан повітря робочої зони відповідно до вимог ГОСТ 12.1.005-88, або, при необхідності, герметизовано.

При виробництві, застосуванні, транспортуванні і зберіганні гідросульфідом натрію повинні бути забезпечені вимоги ГОСТ 17.2.3.02-78 і правил безпеки для виробництва основної хімічної промисловості.

Наведемо можливі причини пожежі та вибуху на виробництві:

- паління і застосування відкритого вогню на робочому місці;

- зберігання легкозаймистих матеріалів в безпосередній близькості до джерела тепла;
- порушення правил пожежної безпеки;
- несправність обладнання, коротке замикання.

Пожежна безпека забезпечується згідно з ДСТУ 2272-2006 системою запобігання пожежі і системою протипожежного захисту.

Заходи системія, що забезпечують протипожежний захист:

1. застосування засобів повідомлення про пожежу ( електрична пожежна сигналізація, телефонний зв'язок);
- 2.застосування засобів пожежогасіння (зовнішній водопровід і внутрішній водопровід);
3. застосування первинних засобів пожежогасіння;
- 4.застосування автоматичних відключень апаратів та комунікацій;
- 5.автоматичні засоби пожежогасіння спринклерні.

## ВИСНОВКИ

1. Розглянуто аналітичний огляд науково-технічної літератури стосовно гідросульфїту натрію та його властивостей (E222). Наведено коротку характеристику добавки, розглянуто перелік існуючих технологій виробництва, сфери застосування гідросульфїту натрію та вплив на організм людини.

2. Розраховано матеріальний баланс із заданою продуктивністю виробництва гідросульфїту натрію 1000 кг/ добу.

3. Розроблено принципovu та апаратурно-технологічну схему виробництва гідросульфїту натрію. Відповідно було обрано основне технологічне обладнання.

4. Розраховано основне технологічне обладнання – реактор-змішувач з дволопатевою мішалкою, в результаті якого, було визначено, що для виконання процесу перемішування необхідни електродвигун потужністю не менше 3 кВт.

5. Розраховано економічну ефективність виробництва гідросульфїту натрію. В результаті проведених розрахунків, видно, що підприємство є економічно вигідним. Прибуток складає 1 871 280,0 гривень.

6. Наведено показники якості готового продукту гідросульфїту натрію та основні методи проведення аналізу.

7. Також були наведені основні заходи для забезпечення безпечних та нешкідливих умов праці на виробництві . Проаналізовано та наведено основні заходи для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХТ	<i>Технічне узгодження</i> Біла Г.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i>  НУХТ	<i>Розробник документа</i> Коцюбира В.М.	<i>Назва, додаткова назва</i> СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	<i>ННІХТ.ХТ-3-14.024.161.068.КП.ПЗ</i>			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 16.04.2024	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 68/71

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Доценко В.Ф. Харчові та дієтичні добавки, прянощі та приправи у продукції ресторанного господарства [В. Ф. Доценко, Л. Ю. Арсеньєва, Н. П.Бондар та ін.]. Київ, 2014. 379 с. (НУХТ)
2. Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів. Закон України від 13.09.2001. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення 16.04.2024).
3. Арсеньєва, Л. Ю. Харчові та дієтичні добавки: Конспект лекцій для студ. / Л. Ю. Арсеньєва. – К.: НУХТ, 2011. – 71 с.
4. Е 222. URL: Натрия гидросульфит <https://retsepty.online.ua/tablica-e/vrednie/e222/> (дата звернення 16.04.2024).
5. О.Г. Макаренко, І.В. Житнецький. Методичні рекомендації до складання матеріального та енергетичного балансу в хімічній технології для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навчання : Київ : НУХТ, 2015. 21 с.
6. О.Г. Макаренко, І.В. Житнецький. Методичні рекомендації до складання матеріального та енергетичного балансу в хімічній технології для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навчання : Київ : НУХТ, 2015. 21 с.
7. Антипов С. Т., Кретов І. Т., Остріков А. Н. та ін Машини та апарати харчових виробництв С. Т. Антіпов. - М.: Вища школа, 2001. 1380 с.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХТ	<i>Технічне узгодження</i> Біла Г.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
Власник документа  НУХТ	<i>Розробник документа</i> Коцюбира В.М.	Назва, додаткова назва СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	ННІХТ.ХТ-3-14.024.161.068.КП.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 16.04.2024	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 68/71

8. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з з навчальної дисципліни «ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ПЕРЕРОБНИХ І ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ» для студентів фахового спрямування 6.050503“Обладнання переробних і харчових виробництв” напрямку підготовки 0505 “Машинобудування” денної та заочної форми навчання у вищих навчальних закладах III – IV рівнів акредитації – Вінниця, ВЦ ВНАУ, 2015, – 36 с.

9. Смирнов В. О., [Сергєєв П. В.](#), [Білецький В. С.](#) Технологія збагачення вугілля. Навчальний посібник. — Донецьк: Східний видавничий дім, — 2011. — 476 с.

10. Семенов Г.А. Економіка підприємства: навч. посіб. / Г.А. Семенов. — К.: Центр навчальної літератури, 2012. — 324 с.

11. Шлійко А.В. Економіка підприємництва на ринку товарів і послуг: навч. посіб. / А.В. Шлійко. — К.: ЦНЛ, 2008. — 376 с.

12. Льюїс, Р. Дж., старший (ред.). Скорочений хімічний словник Хоулі. 13-е вид. Нью-Йорк, Нью-Йорк: John Wiley & Sons, Inc. 1997., стор. 1011.

13. Будагарі, С. (ред.). Індекс Merck - Енциклопедія хімікатів, ліків і біопрепаратів. Станція Whitehouse, NJ: Merck and Co., Inc., 1996., стор. 1472.

14. Натрію гідроксид/ Фармацевтична енциклопедія - Режим доступу: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1192/natriyu-gidroksid>

15. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень : ДСН 3.3.6.042-99 . [Введ. в дію 01.12.1999]. – К. : Держстандарт України, 1999. – 21 с. (Національний стандарт України).

16. Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань : ДСТУ 3675-98. [Введ. в дію 01.01.1999]. – К. : Держстандарт України, 1999. – 22 с. (Національний стандарт України).

17. Природне і штучне освітлення : ДБН В.1.1-7-02-2006. [Введ. в дію 06.10.2006]. – К. : Держстандарт України, 2006. – 23 с. (Національний стандарт

України).

18. Шидловська, О.Б. Харчові та дієтичні добавки, прянощі та приправи: конспект лекцій для студ. освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 181 “Харчові технології” денної та заочної форм навчання / О.Б. Шидловська, О.В. Арпуль, О.М. Тищенко. – К.: НУХТ, 2017. – 299 с.