

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені Володимира Даля

Факультет Інженерії  
(повне найменування факультету)

Кафедра Хімічної інженерії та екології  
(повна назва кафедри)

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

освітнього ступеня магістр  
(бакалавр, магістр)

спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія  
спеціалізація Хімічні технології неорганічних речовин  
(шифр і назва спеціальності)

на тему **Дослідження можливості застосування фільтрової рідини  
виробництва кальцинованої соди в виробництві амонізованого  
суперфосфату**

Виконав: здобувач вищої освіти групи ТНР-19зм

Тафійчук Р.В.  
(прізвище, та ініціали) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник Золотарьова О.В.  
(прізвище та ініціали) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Завідувач кафедрою Суворін О.В.  
(прізвище та ініціали) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент Ожередова М.А.  
(прізвище та ініціали) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Сєвєродонецьк - 2021 р.

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені Володимира Даля**

Факультет

Інженерії

Кафедра

Хімічної інженерії та екології-

Освітній

ступінь

магістр

(бакалавр, магістр)

Спеціальність

161

-

Хімічні

технології

та

інженерія

Спеціалізація

"Хімічні

технології

неорганічних

речовин"

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Зав. кафедрою ХІЕ

О.В. Суворін

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Тафійчук Регіна Владиславівна

**1. Тема роботи :**

Дослідження можливості застосування фільтрової рідини виробництва кальцинованої соди в виробництві амонізованого суперфосфату

Керівник проекту (роботи) Золотарьова Олена В'ячеславівна, к.пед.н.

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

затверджені наказом по інституту від 19.11.2020 р. № 162/15.25

**2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи - 15 січня 2021 р.**

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

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

Вступ. 1. Аналітичний огляд. 2. Обґрунтування вибраного напрямку роботи. 3. Теоретична частина. 4. Експериментальна частина. 5. Прикладна частина. 6. Екологія та охорона навколишнього середовища. 7. Охорона праці. 8. Економічна частина. Висновки. Анотація. Список використаної літератури.

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

1. Схема експериментальної установки (1 лист).

2. Експериментальні дані (1 лист).
3. Технологічна схема (1 лист).
4. Матеріальний баланс (1 лист).
5. Реактор-нейтралізатор. Вид загальний (1 лист).

**6. Дата видачі завдання - 09 листопада 2020 року.**

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	09.11.2020	
2	Аналітичний огляд	19.11.2020	
3	Обґрунтування вибраного напрямку роботи	27.11.2020	
4	Теоретична частина	07.12.2020	
5	Експериментальна частина	17.12.2020	
6	Прикладна частина	27.12.2020	
7	Екологія та охорона навколишнього середовища	03.01.2021	
8	Охорона праці	10.01.2021	
9	Економічна частина	12.01.2021	
10	Висновки	12.01.2021	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_

( підпис )

Тафійчук Р.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

( підпис )

Золотарьова О.В.

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

	Вступ	8
1	Аналітичний огляд	10
	1.1 Огляд науково-технічної літератури	10
	1.2 Огляд патентної літератури	15
2	Обґрунтування вибраного напрямку роботи	19
3	Теоретична частина	20
	3.1 Фізико-хімічні властивості речовин, що використовуються в роботі	20
	3.2 Теоретичні основи процесу амонізації простого суперфосфату фільтровою рідиною	20
4	Експериментальна частина	24
	4.1 Мета експерименту	24
	4.2 Методика експерименту та опис експериментальної установки	24
	4.3 Методика аналізів	25
	4.3.1 Визначення рН	25
	4.3.2 Визначення загального азоту	26
	4.3.3 Визначення фосфору (в перерахунку на P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	29
	4.4 Результати експерименту та їх обговорення	32
5	Прикладна частина	38
	5.1 Опис рекомендованої технологічної схеми процесу	38
	5.2 Матеріальний і тепловий розрахунок	39
	5.2.1 Матеріальний розрахунок	39
	5.2.2 Тепловий розрахунок	45
	5.3 Вибір і розрахунок основного апарату	48
	5.3.1 Механічний розрахунок змішувача	49
6	Екологія та охорона навколишнього середовища	51

					<i>ДР.10.01.ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>	<i>Тафійчук</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник.</i>	<i>Золотарьова</i>					6	94
<i>Консультант</i>					<i>Зміст</i>  <i>СНУ ім. В. Даля</i> <i>каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Н.Контроль</i>							
<i>Зав.каф</i>	<i>Суворін О.В.</i>						

7	Охорона праці	59
7.1	Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, вибухо- і пожежонебезпечність речовин, що використовуються та одержуються в виробництві	60
7.2	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори на виробництві	67
7.3	Заходи щодо запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів	70
7.3.1	Розрахунок вентиляції хімічної лабораторії	70
7.3.2	Розрахунок опалення хімічної лабораторії	72
7.3.3	Розрахунок освітлення хімічної лабораторії	73
7.3.4	Розрахунок заземлення хімічної лабораторії	76
7.4	Заходи пожежної безпеки	78
8	Економічна частина	82
	Висновки	88
	Анотація	90
	Список використаної літератури	92

## ВСТУП

Сода є продуктом масового виробництва, що має велике значення для хімічної промисловості та інших галузей народного господарства. Найбільшим споживачем кальцинованої соди є промисловість з виробництва скла (віконного, пляшкового, оптичного, електровакуумного, кришталю). Також вона широко використовується в виробництві мила, в металургійній, нафтовій, лакофарбовій, текстильній, шкіряній, целюлозно-паперовій, харчовій промисловості, для одержання інших солей натрію, при очищенні води і т. д.

На сьогоднішній день 75% загального світового виробництва соди здійснюється за аміачним способом (метод Сольве), який полягає в тому, що насичений розчин хлориду натрію, насичують аміаком та обробляють вуглекислим газом. При цьому утворюється і випадає в тверду фазу гідрокарбонат натрію. Після відокремлення від розчину і прожарювання він розкладається з утворенням кальцинованої соди.

Виробництво кальцинованої соди за методом Сольве функціонує більш 130 років і відноситься до числа складних багатотоннажних хімічних виробництв. Якщо в області організації технологічного процесу з його безперервністю, високим ступенем механізації і автоматизації, аміачний метод по праву є одним з самих досконалих в сучасній хімічній технології, то в області використання корисних речовин, які входять в сировину, він може бути віднесений до дуже недосконалих процесів, оскільки він характеризується коефіцієнтом використання хлориду натрію 73-75% і нульовим ступенем використання хлору, що призводить до великої кількості хлоридних стоків. Це є суттєвим недоліком класичного аміачно-содового процесу.

					<i>ДР.10.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Вступ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Тафійчук</i>						8	94
<i>Керівник</i>	<i>Золотарьова</i>					<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Консультант</i>								
<i>Н.Контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>	<i>Суворін О.В.</i>							

Таким чином, при сучасному виробництві кальцированої соди утворюються відходи, які не виділяються і не використовуються, а тільки складаються в шламонакопичувачі (“білі моря”), а потім скидаються період паводку в водоймища. Екологічні проблеми регіонів, де розташоване виробництво кальцированої соди, відомі – це забруднення ораних земель, річок, повітря та інші.

Майже в усіх країнах світу проблема відходів розглядається як пріоритетна з відповідною державною підтримкою. Потенційні руйнівні ефекти відходів, що прогнозуються на майбутнє, примушують сконцентрувати зусилля вчених для того, щоб взяти проблему відходів під контроль. Виходячи з цього, науково-дослідні роботи і дослідження по напрямках, які дозволяють зменшувати кількість відходів, і розробку методів їх утилізації є актуальними в всьому світі [1].

					ДР.10.01.ПЗ	Арк
						9
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

## 1.1 Огляд науково-технічної літератури

Відповідно до існуючої схеми виробництва кальцинованої соди за аміачним способом суспензія гідрокарбонату натрію, що утворюється в карбонізаційних колонах, направляється на фільтрацію. Відфільтрований гідрокарбонат прожарюється і випускається в вигляді готового продукту –  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Фільтрат, що має назву «фільтрова рідина», представляє собою безбарвну рідину густиною  $1110 \text{ кг/м}^3$  ( $\text{pH} = 7,8$ ). На 1 т кальцинованої соди утворюється  $5,6 \text{ м}^3$  фільтрової рідини. Хімічний склад фільтрової рідини представлений в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад фільтрової рідини

Найменування компоненту	Вміст компонентів	
	г/л	г-моль/л
$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{NH}_4\text{HCO}_3$ в перерахунку на карбонат амонію	56,88	0,59
$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaHCO}_3$ в перерахунку на гідрокарбонат натрію	6,72	0,08
$\text{NH}_4\text{Cl}$	172,30	3,22
$\text{NaCl}$	75,99	1,30
$\text{Na}_2\text{S}$	0,078	0,001
Натрій загальний	31,71	1,378
Хлор загальний	160,40	4,518
Азот загальний	61,61	4,40

Фільтрова рідина наведеного складу надходить на регенерацію аміаку за допомогою гашеного вапна, а дистилерна рідина, що залишається після регенерації аміаку, в кількості  $8-9 \text{ м}^3$  на 1 т кальцинованої соди при вмісті до 12%мас. хлориду кальцію і 6-7% мас. хлориду натрію відкачується в

					<i>ДР.10.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Аналітичний огляд</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Тафійчук</i>						10	94
<i>Керівник</i>	<i>Золотарьова</i>					<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Консультант</i>								
<i>Н. Контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>	<i>Суворін О.В.</i>							



шламонакопичувач «біле море». Хлориди кальцію та натрію, що поступають через накопичувачі в найближчі річки та водоймища, не тільки завдають шкоду рибному господарству й роблять воду непридатною для технічних та побутових цілей, але і забруднюють ґрунт. Тому вирішенню проблеми використання хлоридних відходів приділяється багато уваги [2].

1) Використання фільтрової рідини для одержання хлориду амонію.

Для переробки великої кількості фільтрової рідини необхідний крупний споживач хлориду амонію. Ним може бути сільське господарство, в якому хлорид амонію використовується в якості азотного добрива. Існує три способи одержання хлориду амонію з фільтрової рідини в вигляді твердого продукту.

Метод висолювання заснований на різній розчинності хлориду амонію та хлориду натрію та виділенні майже всього хлориду амонію, що міститься в фільтровій рідині, шляхом висолювання його твердою кухонною сіллю при понижених температурах, для досягнення яких необхідне штучне охолодження. Ця особливість обмежує можливість застосування цього методу [3].

Метод випарювання дає можливість виділити повністю хлорид амонію з фільтрової рідини, не вносячи суттєвих змін в технологічну схему содового виробництва і без застосування більш дорогої кухонної соли, як в методі висолювання.

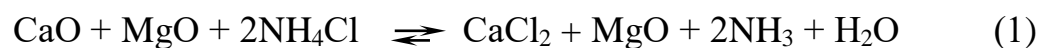
Загальна схема процесу наступна: фільтрова рідина нагрівається до термічного розкладання гідрокарбонату амонію та карбонату натрію, утворені аміак і вуглекислий газ відганяються, а фільтрова рідина направляється на випарювання. Спочатку випадає в осад хлорид натрію, який відділяється на центрифугі. Потім фільтрова рідина охолоджується, в результаті чого з неї випадає в осад хлорид амонію. Відфугований хлорид амонію направляється на сушку, а маточний розчин повертається в цикл на змішування з новою порцією дегазованої фільтрової рідини, що надходить на випарювання.

						Арк
						11
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.10.01.ПЗ	

Метод з проміжною сіллю. За цим методом фільтрову рідини насичують трьома солями: хлоридом амонію, хлоридом натрію та «проміжною» сіллю –  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  або  $\text{NaNO}_3$ . Отриманий розчин підлягає послідовній обробці: 1) аміаком і вуглекислим газом з осадженням гідрокарбонату натрію, що відділяється від розчину і перероблюється звичайним шляхом на кальциновану соду; 2) твердою кухонною сіллю, причому, при звичайній температурі осаджується хлорид амонію, а маточний розчину повертається в початок процесу [1].

2) Використання фільтрової рідини для одержання хлориду магнію та аміаку.

Для одержання хлориду магнію в якості побічного продукту содового виробництва з фільтрової рідини регенерується аміак за допомогою доломітового молока:



Дистилерна суспензія, що виходить зі стадії дистиляції, містить разом з хлоридом кальцію твердий оксид магнію, при карбонізації якого в осад випадає карбонат кальцію:



а в розчині залишається хлорид магнію, що може використовуватися в якості товарного продукту або в виробництві цементу.

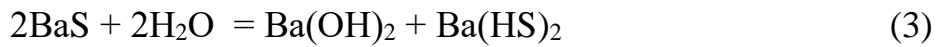
Розчин хлориду магнію упарюють, на першій стадії випарювання в осад випадає хлорид натрію, а на другій – шести водний кристалічний хлористий магній ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), що використовується в виробництві магнію.

Однак, для одержання хлориду магнію є більш дешеві джерела хлориду магнію: карналіт; відхідний 25%-вий розчин хлориду магнію, що отримують при виробництві калійних добрив з полімерних руд Західної України.

									Арк
									12
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

### 3) Регенерація аміаку з одержанням хлориду барію.

Для регенерації аміаку з фільтрової рідини замість вапняного молока використовується суспензія сульфїду барію:



При цьому в дистилірній рідині замість хлориду кальцію утворюється хлорид барію. Одержання з цієї рідини товарного двоводневого хлориду барію не викликає складнощів.

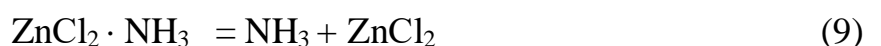
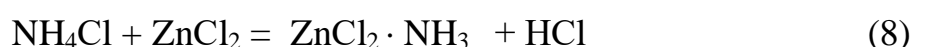
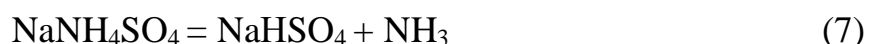
При протіканні реакції (4) разом з хлоридом барію утворюється сірководень, що використовується для одержання різних продуктів, які містять сірку, або чистої сірки.

Цей спосіб є більш економічно вигідний, ніж кальцієвий. Однак, невелика потреба народного господарства в хлориді барію не відкриває широких шляхів для впровадження розглянутого методу [4].

### 4) Одержання хлоридної кислоти з фільтрової рідини.

Існують наступні шляхи одержання хлоридної кислоти з фільтрової рідини:

- одержання хлоридної кислоти за допомоги іонообмінних смол за умови попереднього видалення вільного аміаку з фільтрової рідини;
- одержання хлоридної кислоти з кристалічного хлориду амонію за допомогою бісульфату натрію, бісульфату амонію або хлориду цинку за реакціями:



									Арк
									13
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

– одержання хлоридної кислоти з кристалічного хлориду амонію за допомогою оксиду магнію



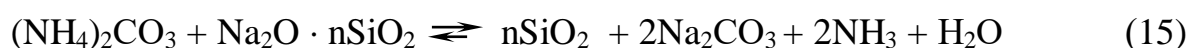
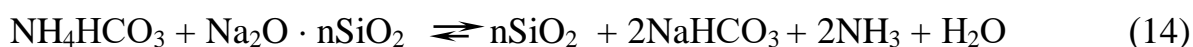
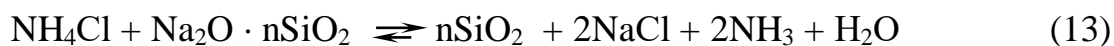
5) Використання фільтрової рідини для одержання хлору.

Одержання хлору, хлористого нітрозилу та аміачної селітри з розчину хлориду амонію та концентрованої азотної кислоти відбувається за хімічною реакцією



б) Одержання «білої сажі» на базі фільтрової рідини.

Всі амонійні солі, що містяться в фільтровій рідині, розкладаються силікатом натрію за реакціями



Недоліком наведеного способу «білої сажі» є зворотність процесів, що приводить до наявності великої кількості відходів, що містять хлорид амонію та хлорид натрію.

7) Застосування фільтрової рідини в якості рідкого добрива.

Фільтрова рідини містить понад 60 г азоту в 1 л і представляє цінність як рідке азотне добриво. Однак, дуже висока лужність, значний вміст іонів натрію та хлору суттєво знижують якість цього продукту як добрива. Тому рекомендується вносити фільтрову рідину під час зяблевої пахоти, що може забезпечити промивання хлору і ряду інших небажаних речовин з пахотного шару.

									Арк
									14
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

Однак, сезонне використання фільтрової рідини і необхідність транспортування на великі відстані із-за великої кількості баласту не дають можливості використовувати її в широкому масштабі [5].

## 1.2 Огляд патентної літератури

Огляд патентної літератури представлений в табл. 1.2 [6-12].

Таблиця 1.2 – Огляд патентної літератури

Країни, за якими проведено пошук	Індекси патентної класифікації	Вид використаних джерел	Найменування і коротка характеристика винаходу
1	2	3	4
СРСР	C01C1/16	<a href="https://patents.su/3-30269-sposob-polucheniya-khloristogo-ammoniya-pri-ammiachno-sodovom-proizvodstve.html">https://patents.su/3-30269-sposob-polucheniya-khloristogo-ammoniya-pri-ammiachno-sodovom-proizvodstve.html</a>	<p>А.с № 30269 від 31.05.1933 C01C1/16 Терашкевич В. Р. Способ получения хлористого аммония при аммиачно-содовом производстве</p> <p>Мета винаходу – одержання хлористого амонію з маточної рідини аміачно-содового виробництва.</p> <p>Спосіб включає відгонку аміаку і вуглекислого газу з маточної рідини; згущення нагріванням до температури вище 100°C; виділення першої порції кристалів хлористого амонію при повітряному охолодженні спочатку до 30-40°C і потім при 0°C; згущення нагріванням до температури вище 100°C і виділення в осад частини хлористого натрію; виділення другої порції хлористого амонію при охолодженні до 100°C; упарювання з наступним охолодженням до 50°C і кристалізація хлористого амонію; висолювання залишку хлористого амонію при наступному зниженні температури до 1-20°C, штучно підвищуючи концентрацію хлористого натрію додаванням концентрованого розсолу з одночасним продуванням повітря.</p>

Продовження табл. 1.2

1	2	3	4
СРСР	C01C1/16	<a href="https://patents.su/2-66247-sposob-polucheniya-nashatyrya.html">https://patents.su/2-66247-sposob-polucheniya-nashatyrya.html</a>	<p>А.с. № 66247 від 31.05.1946 C01C1/16 Микулин Г.И. Спосіб получення нашатыря</p> <p>Мета винаходу – збільшення швидкості процесу висолювання і одержання продукту без сторонніх домішок.</p> <p>Спосіб полягає в донасиченні фільтрової рідини аміаком, після чого до неї додають надлишок твердої кухонної солі. Процес проводиться до досягнення точки подвійного насичення розчину кухонною сіллю і нашатирем. Отриману суспензію нагрівають до повного розчинення осаду нашатыря, фільтрують. Із фільтрату при його охолодженні кристалізується чистий нашатир, який відділяється від маточного розчину, промивається і сушиться звичайним способом.</p>
ГДР	C01B 7/05		<p>Патент № 1077194 від 10.03.1960 C01B 7/05 А. Bohr, Н. Bohr, Н. Fincke, Verfahren zur herstellung von chlor (Спосіб одержання хлору)</p> <p>Мета винаходу – одержання хлору, що може бути отриманий у вигляді готового продукту без одночасного утворення гідроксиду натрію.</p> <p>Спосіб включає взаємодію газоподібного діоксиду вуглецю з хлористим амонієм фільтрової рідини, в результаті якої утворюється хлор, нітрозілхлорид, аміачна селітра</p>
СРСР	C01B33/023	<a href="https://patents.su/2-151311-sposob-polucheniya-beloyj-sazhi.html">https://patents.su/2-151311-sposob-polucheniya-beloyj-sazhi.html</a>	<p>А.с. № 151311 від 13.01.1961 C01B33/023 Зеликин М.Б., Вишневский А.Н. Спосіб получения «Белой сажи»</p> <p>Мета винаходу – зниження вартості готового продукту.</p> <p>Спосіб полягає в розкладанні силікату натрію фільтровою рідиною, взятою в надлишку до 50% від стехіометричної кількості. Аміак, що виділяється, повертається в содове виробництво. Промивні води, що отримують після відділення «білої сажі» і містять хлористий амоній, направляються в відділення дистиляції содового виробництва для регенерації аміаку за</p>

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

Продовження табл. 1.2

1	2	3	4
			вапняним способом. Це дозволяє знизити витрату вихідної сировини і кооперувати процес одержання «білої сажі» з виробництвом кальцинованої соди.
СРСР	C01F 5/02	<a href="https://patents.su/2-165428-165428.html">https://patents.su/2-165428-165428.html</a>	<p>А.с. №165428 від 12.10.1964 C01F 5/02 Михайлов Ф. К., Стригунов Ф. И. Способ получения окси магния</p> <p>Мета винаходу – одержання чистого продукту.</p> <p>Спосіб полягає в змішуванні фільтрової рідини, взятої в надлишку, з оксидом магнію і додаванні до отриманого розчину, звільненого від аміаку і домішок, доломітового вапняного молока. На другій стадії розкладання відбувається за рахунок оксиду кальцію, що міститься в цьому молоці. Процес проводиться при температурі 105-106°C.</p>
СРСР	C01C1/16	<a href="https://patents.su/2-454169-sposob-polucheniya-kristallicheskog-o-khloristogo-ammoniya.html">https://patents.su/2-454169-sposob-polucheniya-kristallicheskog-o-khloristogo-ammoniya.html</a>	<p>А.с. № 454169 від 25.12.1974 C01C1/16 Лебеденко Ю. П., Кобрисев М. И., Фотченко В. И., Брысина В. С., Рунов М. И. Способ получения кристаллического хлористого аммония</p> <p>Мета винаходу – підвищення швидкості кристалізації, розмірів одержуваних кристалів.</p> <p>Спосіб полягає в додаванні до фільтрової рідини добавки, що містить іон <math>Mn^{2+}</math> в кількості 0,01 г-іон/л.</p> <p>Швидкість кристалізації досягає 0,5 г/л·хв., а розмір кристалів збільшується на 20%.</p>
Російська Федерация	C01C1/16, C01C1/28	<a href="https://patents.google.com/patent/RU2495824C2/ru">https://patents.google.com/patent/RU2495824C2/ru</a>	<p>Патент № 2495824 від 20.07.2013 C01C1/16, C01C1/28 Мухаметов А.А., Мустафин А.Г., Воронин А.В., Садыков Н.Б., Мухаметов А.А. Способ получения хлористого аммония</p> <p>Мета винаходу – зниження витрат на одержання продукту за рахунок використання в якості сировини відходів содового виробництва.</p> <p>Спосіб включає нагрівання фільтрової рідини, введення неіоногенної ПАВ в</p>

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

Продовження табл. 1.2

1	2	3	4
			кількості 0,0005-0,001%мас. і соляної кислоти до досягнення рН = 6,0-6,5. Потім здійснюється упарювання отриманого розчину і виділення кристалів хлористого амонію шляхом охолодження упареної рідини до температури 10-15°C. Далі кристали відділяються і сушаться.

Огляд науково-технічної та патентної літератури показав, що пропозиції з переробки фільтрової рідини содового виробництва дають можливість отримувати продукти, які не знаходять широко застосування в народному господарстві та вимагають дорогої апаратури через сильно агресивне середовище, утворюють відходи другого складу, що, в свою чергу, не дозволяє повністю ліквідувати рідкі відходи содового виробництва, а, отже, і ліквідувати «білі моря».

										Арк
										18
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						

ДР.10.01.ПЗ



## 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБРАНОГО НАПРЯМКУ РОБОТИ

Для переробки великої кількості фільтрової рідини в продукт народного господарства необхідний крупний споживач. Таким споживачем може бути сільське господарство, що використовує значну кількість добрив. Застосування хлориду амонію, що можна одержувати з фільтрової рідини, сильно обмежене із-за наявності в ньому іону хлору та низького вмісту поживної речовини – азоту (24-25%).

Суперфосфат є самим розповсюдженим і універсальним фосфорним добривом, що ефективно використовується під будь-які культури та на всіх видах ґрунтів. Суперфосфат одержують розкладанням апатитового концентрату сульфатною кислотою. Більша частина фосфору в суперфосфаті знаходиться у вигляді водорозчинного  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  і вільної фосфатної кислоти. Висока кислотність суперфосфату викликає серйозні складнощі при його транспортуванні та застосуванні, оскільки він має погані фізичні властивості й значну хімічну агресивність.

Найбільш ефективними способами покращення властивостей простого суперфосфату є: а) нейтралізація вільної фосфатної кислоти додаванням карбонату кальцію, кістяної муки і т.д.; б) обробка суперфосфату газоподібним або рідким аміаком або рідкими аміакатами, тобто амонізація суперфосфату. Нейтралізація вільної кислотності аміаком є найбільш ефективним способом покращення його властивостей, оскільки дає можливість отримувати подвійне добриво, що окрім фосфору містить і азот.

Метою даної роботи є дослідження можливості застосування фільтрової рідини виробництва кальцинованої соди в виробництві амонізованого суперфосфату, а саме заміни аміаку, що використовується для амонізації простого суперфосфату, карбонатом і гідрокарбонатом амонію та натрію, сульфідом натрію, які входять до складу фільтрової рідини.

					<i>ДР.10.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Тафійчук</i>				<i>Обґрунтування вибраного напрямку роботи</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник.</i>	<i>Золотарьова</i>						19	94
<i>Консультант</i>						<i>СНУ ім. В. Даля</i>		
<i>Н.Контроль</i>						<i>каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Зав. каф.</i>	<i>Суворін О.В.</i>							

### 3 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Фізико-хімічні властивості речовин, що використовуються в роботі

Простий суперфосфат представляє собою розсипчастий продукт сірого кольору різних відтінків: від світло-сірих кольорів до темно-сірого. Об'ємна вага суперфосфату 1,1-1,25 т/м<sup>3</sup>.

Для дослідження використовується суперфосфат з вмістом P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:

- I партія: водорозчинного 17,88%мас., засвоюваного 18,00%мас., загального 19,81% мас., рН суперфосфату 2,5;
- II партія: водорозчинного 21,37%мас., засвоюваного 22,7%мас., загального 23,81% мас., рН суперфосфату 2,5 [4].

Хімічний склад фільтрової рідини содового виробництва наведений в розділі 1 дипломної роботи.

#### 3.2 Теоретичні основи процесу амонізації простого суперфосфату фільтровою рідиною

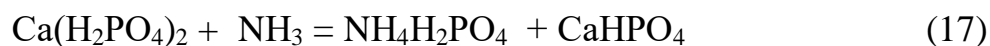
Процес нейтралізації простого суперфосфату аміаком за прийнятою технологією протікає за реакцією



Як видно, аміак вводиться в кількості, необхідній тільки для зв'язування першого іону водню ортофосфатної кислоти, тобто переходу її в дігідроамонійортофосфат.

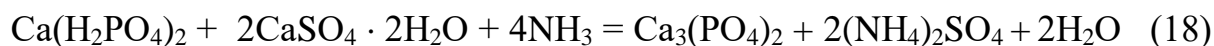
Подальша амонізація викликає перехід кальційдігідрофосфату в кальційгідрофосфат:

					<i>ДР.10.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Тафійчук</i>				<i>Теоретична частина</i>	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Золотарьова</i>						20	94
<i>Консультант</i>						<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Н.Контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>	<i>Суворін О.В.</i>							



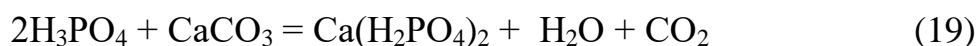
При цьому разом з покращенням фізичних властивостей різко знижується вміст водорозчинної форми  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Якщо насичення суперфосфату аміаком продовжується далі, то це супроводжується утворенням трикальцієвого фосфату:



що пов'язано зі зниженням вмісту засвоюваної форми  $\text{P}_2\text{O}_5$  в добриві [14].

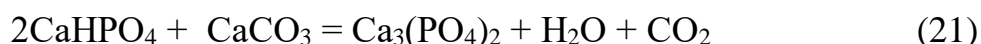
Хімічні процеси нейтралізації суперфосфату карбонатом кальцію можна схематично записати так: якщо нейтралізується тільки перший іон водню, то вільна ортофосфорна кислота переходить в кальційдігідрофосфат:



Подальша добавка карбонату кальцію може привести до утворення кальційдігідрофосфату:



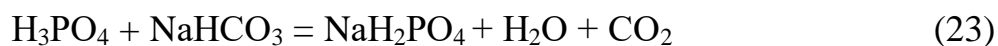
Якщо додавати ще карбонат кальцію, то це викликає утворення трикальцієвого фосфату



Пропонований в даній роботі процес нейтралізації суперфосфату фільтровою рідиною відрізняється від традиційного тим, що в суперфосфат вводиться не аміак і не карбонат кальцію, а карбонати та гідрокарбонати амонію та натрію, сульфід натрію, що містяться в фільтровій рідині.

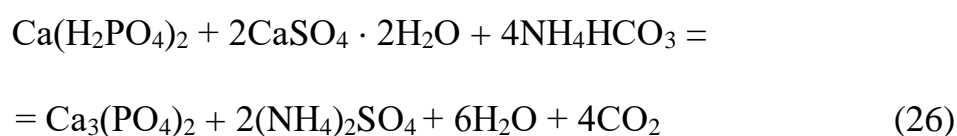
Процес амонізації простого суперфосфату в цьому випадку описується наступними реакціями





Нейтралізація простого суперфосфату до вказаного в рівняннях (23) – (24) ступеня практично не зменшує співвідношення  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{вод.розч.}} / \text{P}_2\text{O}_{5\text{засв}}$  і  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{засв.}} / \text{P}_2\text{O}_{5\text{заг.}}$

Подальша амонізація фільтровою рідиною супроводжується наступними рівняннями:



Таким чином, сутність хімічної взаємодії запропонованої технології зводиться до розкладання карбонатів, гідрокарбонатів і сульфідів амонію та натрію кислотами простого суперфосфату, в результаті чого одновалентні катіони карбонатів і сульфідів амонію та натрію входять замість іону водню до складу суперфосфату, а вуглекислі та сірководневі гази, що виділяються з системи, можуть бути використані в циклі виробництва кальцинованої соди.

З фізико-хімічної точки зору всі ці процеси можуть розглядатися як зміщення рівноваги в системі суперфосфат-фільтрова рідина в сторону утворення газоподібних, летких продуктів реакції  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{S}$ .

З точки зору вчення про активної кислотності розглянуті реакції повинні супроводжуватися різким зниженням  $a_{\text{H}^+}$  від величин порядку  $10^{-2}$  г-іон/л (в простому суперфосфаті) до  $a_{\text{H}^+}$  порядку  $10^{-2} - 10^{-7}$  г-іон/л, проходячи ряд проміжних значень. Відповідно рН системи, як  $-\lg a_{\text{H}^+}$  буде збільшуватися від величин порядку 2 до 3-5, 6-7.

Відомо, що кожна з кислих і середніх солей ортофосфатної кислоти утворюється при певному значенні рН. Область утворення дигідрофосфату кальцію – при рН не вище 3. В області рН порядку 3-6,6 утворюється  $\text{CaHPO}_4$ ,

						Арк
						22
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

а в області порядку 6,6-10,5 існує тільки середня нерозчинна дуже малодоступна кореням рослин форма трифосфату кальцію  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . В області систем, значення рН яких лежить в інтервалі 10,5-14,0 утворюється основний фосфат кальцію. Отже, межею переходу від кислих солей до середніх можна вважати область активної кислотності  $a_{\text{H}^+}$  порядку  $10^{-8,5}$ , тобто рН 8,5 [4].

					ДР.10.01.ПЗ	Арк
						23
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### 4.1 Мета експерименту

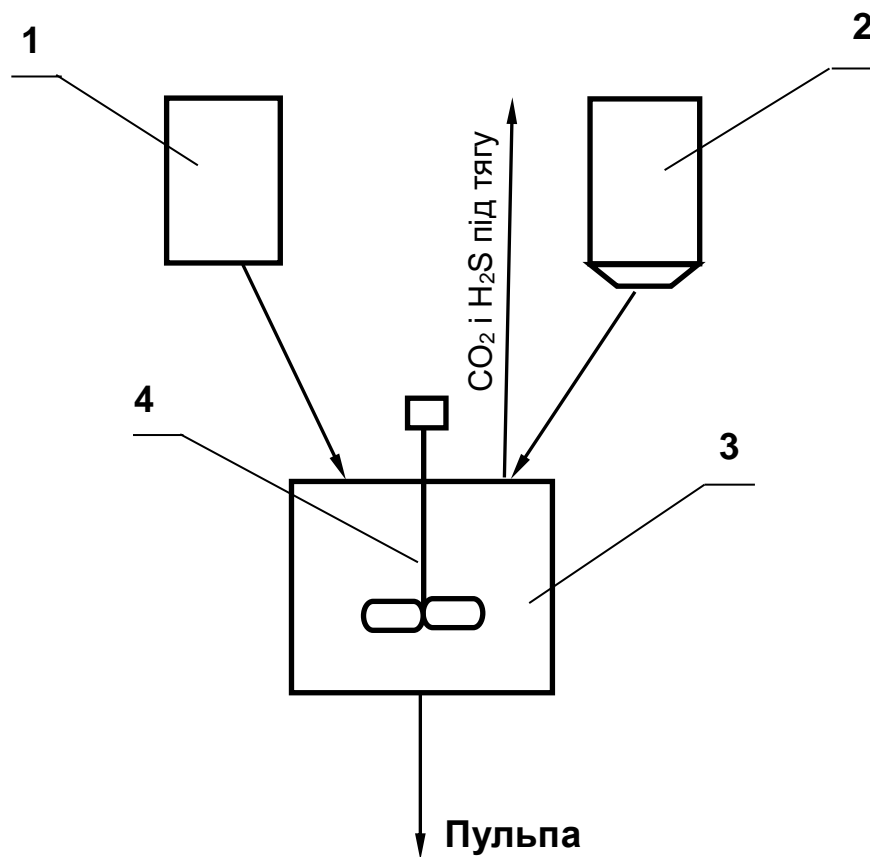
Метою експерименту є дослідження можливості застосування фільтрової рідини виробництва кальцинованої соди в виробництві амонізованого суперфосфату, а саме заміни аміаку, що використовується для амонізації простого суперфосфату, карбонатом і гідрокарбонатом амонію та натрію, сульфідом натрію, які входять до складу фільтрової рідини.

### 4.2 Методика експерименту та опис експериментальної установки

Експериментальна установка представлена на рис. 4.1. Вона складається зі збірника фільтрової рідини (поз. 1), бункера простого суперфосфату (поз. 2), змішувача (поз. 3). Змішувач постачається механічною мішалкою (поз. 4), що обертається з частотою 150 об/хв. Кришка змішувача має три штуцера: два для подачі фільтрової рідини та простого суперфосфату та один для відведення газів, що виділяються. До останнього приєднана трубка, по якій утворені гази  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{S}$  поступають в тягу.

Суперфосфат і фільтрова рідина подаються в змішувач одночасно, змішуються протягом 5 хв. В процесі змішування відбирається проба пульпи для визначення рН. По закінченню перемішування утворена пульпа переноситься в склянку і поміщається в сушильну шафу, в якій підтримується температура  $105^\circ\text{C}$ . При цій температурі амонізований суперфосфат витримується протягом 1 години. Після цього склянку охолоджують і зважують. Амонізований суперфосфат подрібнюють, визначають вихід продукту та вміст поживних елементів.

					<i>ДР.10.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Тафійчук</i>				<i>Експериментальна частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Золотарьова</i>						24	94
<i>Консультант</i>						<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Н.Контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>	<i>Суворін О.В.</i>							



1 – збірник фільтрової рідини; 2 – бункер суперфосфату; 3 – змішувач;  
4 – мішалка

Рисунок 4.1 – Схема експериментальної установки

### 4.3 Методика аналізів

#### 4.3.1 Визначення рН

Для вивчення зміни активної концентрації іонів водню при взаємодії був використаний метод потенціометрії, що заснований на точному вимірюванні електродного потенціалу та знаходженні за рівнянням Нернста активності потенціаловизначального іону в розчині [15]:

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$A = A_0 + \frac{0,059}{n} \lg a_{H^+}, \quad (27)$$

де  $E_0$  – стандартне значення потенціалу;

$n$  – заряд потенціаловизначального іону з урахуванням знаку

$a_{H^+}$  – активність потенціаловизначального іону

Значення рН досліджуваних систем визначається з виразу:

$$\text{рН} = \lg a_{H^+} \quad (28)$$

Визначення проводилися на потенціометрі Р-307 зі скляним індикаторним.

#### 4.3.2 Визначення загального азоту

Визначення загального азоту здійснювалося за ГОСТом 30181.9-94 «Удобрения минеральные. Метод определения массовой доли общего азота в сложных удобрениях».

Наважку проби переносять в реакційну колбу, додають 35 см<sup>3</sup> дистильованої води, витримують протягом 10 хв., періодично злегка помішуючи вміст до розчинення всіх нітратів, потім додають наважку порошку хрому масою 1,2 г (результат зважування записують з точністю до другого десяткового знака), 7 см<sup>3</sup> хлоридної кислоти та витримують колбу протягом 5-10 хв. при температурі навколишнього повітря. Потім колбу нагрівають протягом 4-5 хв. на колбонагрівачі відрегульованому таким чином, щоб 250 см<sup>3</sup> води з початковою температурою 25°C закипали протягом 7-7,5 хв.

Гідроліз амідного азоту проводять наступним чином: колбу з наважкою аналізованої проби поміщають в витяжну шафу, вносять в колбу кілька "кіпелок", обережно додають 10 см<sup>3</sup> концентрованої сульфатної кислоти,

						Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.10.01.ПЗ	



закривають колбу порожнистою грушоподібною скляною пробкою та встановлюють колбу на колбонагрівачів, відрегульованому таким чином, щоб 250 см<sup>3</sup> води з початковою температурою 25°C закипали протягом 20-30 хв. Вміст колби доводять до легкого кипіння та кип'ятять до повного припинення виділення білої пари, після цього кип'ятять ще протягом 15 хв. Потім колбі дають охолонути, обережно додають 250 см<sup>3</sup> дистильованої води та знову охолоджують до температури навколишнього повітря.

При інтенсивному піноутворенні зменшують нагрів. Після припинення утворення піни нагрів збільшують до кипіння і кип'ятять до повного припинення виділення щільних парів сульфатної кислоти, після чого вміст колби злегка перемішують і кип'ятять ще протягом 60 хв. Після закінчення нагрівання вміст колби охолоджують, обережно додають 250 см<sup>3</sup> дистильованої води і знову охолоджують до температури навколишнього повітря.

Збирають прилад для відгонки аміаку.

Перед з'єднанням в приймач додають розчин сульфатної кислоти. Об'єм і концентрація сульфатної кислоти залежать від маси загального азоту в наважці і визначаються за таблицею.

Потім додають в приймач 4-5 крапель розчину змішаного індикатора і такий об'єм дистильованої води, щоб барботер був закритий рідиною.

Після цього в крапельну воронку поміщають 100 см<sup>3</sup> розчину, що містить 400 г/дм<sup>3</sup> гідроксиду натрію, і обережно вводять цей розчин в реакційну колбу. Потім закривають кран, залишивши в крапельній воронці близько 2 см<sup>3</sup> розчину і додають в неї 30 см<sup>3</sup> води. Після припинення бурхливої реакції в реакційній колбі поступово підсилюють нагрівання, доводять вміст колби до інтенсивного кипіння та кип'ятять розчин до тих пір, поки не відгониться близько 150 см<sup>3</sup>.

Потім перевіряють відсутність аміаку в конденсаті. Для цього від'єднують приймач, обмивають кінець барботера, зливаючи промивні води в

						Арк.
					ДР.10.01.ПЗ	27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приймач, набирають в пробірку близько 1 см<sup>3</sup> дистилату і визначають повноту відгонки аміаку, додаючи кілька крапель реактиву Несслера (при відсутності аміаку не повинно з'являтися жовтого забарвлення), або за допомогою індикаторного паперу (значення рН 6-7). При великому значенні рН відгонку продовжують, перевіряючи кожні 10 хв. відсутність аміаку в конденсаті, як це зазначено вище. Після закінчення відгонки видаляють джерело тепла. Краплевлловлювач від'єднують від холодильника і промивають холодильник, розширювач і зовнішню стінку вивідної трубки дистильованою водою, збираючи промивну воду в приймач.

Надлишок сульфатної кислоти відтитровують розчином гідроксиду натрію (0,1 моль/дм<sup>3</sup>) в присутності змішаного індикатора до зміни забарвлення від фіолетового до зеленого.

Одночасно проводять контрольний дослід в тих же умовах і з тією ж кількістю реактивів, але без аналізованої проби, застосовуючи розчин сірчаної кислоти з молярною концентрацією 0,1 моль/дм<sup>3</sup>. Різниця між об'ємом розчину сульфатної кислоти та об'ємом розчину гідроксиду натрію, витраченого в контрольному досліді, не повинна перевищувати 1 см<sup>3</sup>, в іншому випадку перевіряють реактиви, в першу чергу порошок хрому.

Масова частка загального азоту визначається за формулою [16]:

$$\tilde{O} = \frac{[(\hat{E}_0 \cdot \hat{E}_1 \cdot V_1 - \hat{E} \cdot V) - (\hat{E}'_1 \cdot V_3 - \hat{E} \cdot V_4)] \cdot 0,1 \cdot 14 \cdot 100}{m \cdot 1000}, \quad (29)$$

де  $K_0$  – коефіцієнт, що залежить від молярної концентрації розчину сульфатної кислоти;

$K_1$  – коефіцієнт поправки для молярної концентрації сульфатної кислоти;

$V_1$  – об'єм розчину сульфатної кислоти, внесений в приймач при аналізі проби, см<sup>3</sup>;

$K$  – коефіцієнт поправки для молярної концентрації гідроксиду натрію;

						Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- $K'_1$  – коефіцієнт поправки для молярної концентрації сульфатної кислоти 0,1 моль/дм<sup>3</sup>;
- $V_3$  – об'єм розчину сульфатної кислоти молярною концентрацією 0,1 моль/дм<sup>3</sup>, внесений в приймач при проведенні контрольного дослідження, см<sup>3</sup>;
- $V_4$  – об'єм розчину гідроксиду натрію, витраченого на титрування надлишку сульфатної кислоти при проведенні контрольного дослідження, см<sup>3</sup>;
- 0,1 – номінальна молярна концентрація розчину гідроксиду натрію, моль/дм<sup>3</sup>;
- 14 – молярна маса еквіваленту азоту, г/моль;
- $m$  – маса наважки, г,

### 4.3.3 Визначення фосфору (в перерахунку на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

Відповідно до ГОСТу 20851.2-75 «Удобрения минеральные. Методы определения фосфатов» фосфор в залежності від його форм екстрагували наступним чином:

- водорозчинну форму – водою;
- цитратнорозчинну – розчином лимонної кислоти;
- важкорозчинну форму розчином соляної кислоти.

В екстрактах фосфор визначали ваговим способом згідно ГОСТу 20851.2-75 «Удобрения минеральные. Методы определения фосфатов».

#### 4.3.3.1 Виділення фосфатів хлоридною кислотою

1 г наважки переносять в конічну колбу ємкістю 250-300 см<sup>3</sup>, змочують 5-10 см<sup>3</sup> води і додають 30 см<sup>3</sup> розчину 20%-вої хлоридної кислоти та води до об'єму 50 см<sup>3</sup>. Колбу накривають годинниковим склом і нагрівають спочатку

						Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДР.10.01.ПЗ

повільно, а потім доводять до кипіння і повільно кип'ятять 60 хв., постійно перемішуючи скляною паличкою і додаючи воду в процесі випарювання води до об'єму 50 см<sup>3</sup>.

Після кип'ятіння розчин розбавляють вдвічі і переносять разом з осадом в мірну колбу на 250 см<sup>3</sup>. Після охолодження до кімнатної температури об'єм доводять до мітки водою, перемішують і фільтрують, перші порції фільтрату відкидаючи [17].

#### **4.3.3.2 Виділення фосфатів лимонною кислотою**

2 г проби переносять в колбу Штохмана, заливають 250 см<sup>3</sup> 2%-вого розчину лимонної кислоти та зразу перемішують, щоб запобігти утворенню грудочок. Колбу закривають пробкою, встановлюють на ротаційний апарат і перемішують протягом 30 хв.

Потім доливають вміст колби водою до мітки, перемішують і фільтрують через фільтр, відкидаючи перші порції фільтрату [17].

#### **4.3.3.3 Виділення фосфатів водою**

4 г проби переносять в мірну колбу на 500 см<sup>3</sup>, заливають 400 см<sup>3</sup> води і зразу перемішують, щоб запобігти утворенню грудочок. Колбу закривають пробкою, встановлюють на ротаційний апарат і перемішують протягом 30 хв.

Потім доливають вміст колби водою до мітки, перемішують і фільтрують через фільтр, відкидаючи перші порції фільтрату [17].

#### **4.3.3.4 Визначення фосфатів гравіметричним магnezіальним методом**

В стакан місткістю 400 см<sup>3</sup> відбирають об'єм екстракту, додають 20 см<sup>3</sup> розчину хлоридної кислоти (1 : 1) і кип'ятять протягом 20 хв., після чого охолоджують. Далі до аналізованого розчину додається 10 см<sup>3</sup>

						Арк.
					ДР.10.01.ПЗ	30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лимоннокислого амонію і нейтралізують 10%-вим розчином аміаку в присутності фенолфталеїну. Потім повільно доливають, перемішуючи 35-50 см<sup>3</sup> магнезіальної суміші, а через 10-15 хв. доливають 20 см<sup>3</sup> 25%-вого розчину аміаку. Вміст стакану перемішують ще 30 хв., а потім витримують в спокої 4 години. Відстояну рідину декантують через фільтр «синя стрічка», осадок кількісно переносять на фільтр, промивають зі склянки порціями 8-10 см<sup>3</sup> 2,5%-вого розчину аміаку. Осад на фільтрі промивається 3-4 рази.

Фільтр з осадом в попередньо прожарений до постійної маси тигель, знезолують при доступі повітря при температурі 700-800°C і прожарюють в муфельній печі при 1000-1050°C протягом 20-30 хв. потім тигель з осадом охолоджують в ексікаторі протягом 40-60 хв. і зважують.

Одночасно проводять контрольний дослід в тих же умовах і з тією ж кількістю реактивів в двох паралельних визначеннях, але без аналізованого розчину.

Масова доля фосфатів в перерахунку на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> визначається за формулою [17]:

$$\tilde{O} = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 0,638 \cdot V_1 \cdot 100}{m \cdot V_2}, \quad (30)$$

де  $m$  – маса наважки аналізованої проби, г;

$m_1$  – маса прожареного осаду аналізованого розчину, г

$m_2$  – маса прожареного осаду контрольного розчину, г

$V_1$  – об'єм мірної колби, що використовується для виділення фосфатів, см<sup>3</sup>;

$V_2$  – об'єм аналізованого розчину, що відібраний для аналізу, см<sup>3</sup>;

0,638 – коефіцієнт перерахунку Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

										Арк.
										31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

#### 4.4 Результати експерименту та їх обговорення

За результатами виконаних досліджень та аналізів складені відповідні таблиці (4.1 – 4.4) та побудований графік (рис. 4.1).

Таблиця 4.1 – Вихід, рН системи і добрива при амонізації суперфосфату фільтровою рідиною з малим співвідношенням вихідних реагентів

№ досліду	Вихідні компоненти		Вихід, г	рН системи	Вихід добрива			рН добрива	
	Простий суперфосфат, г	Фільтрова рідина, мл			Експериментально повітряний, г	в перерахунку на суху речовину, г	в % до вихідного суперфосфату		
Партия I	1	300	30	329,62	2,60	218,49	281,01	103,72	2,60
	2	300	60	362,75	2,72	317,21	285,84	105,58	2,71
	3	300	90	391,47	2,75	340,27	294,63	108,74	2,75
	4	300	120	426,86	2,72	346,86	303,94	112,18	2,78
	5	300	150	459,26	2,84	352,44	108,82	113,98	2,84
Вихідний суперфосфат		300	0	300,0	2,50	300,0	270,93	100,00	2,50

Таблиця 4.2 – Вихід і рН добрива при амонізації суперфосфату фільтровою рідиною з великим співвідношенням вихідних реагентів

№ досліду	Вихідні компоненти		Вихід, г	рН	в % до вихідного суперфосфату	
	Простий суперфосфат, г	Фільтрова рідина, мл				
Партия II	1	10,0	10,0	14,3	6,0	143
	2	10,0	20,0	16,1	6,5	161
	3	10,0	30,0	19,7	7,0	197
	4	10,0	50,0	25,2	7,5	252

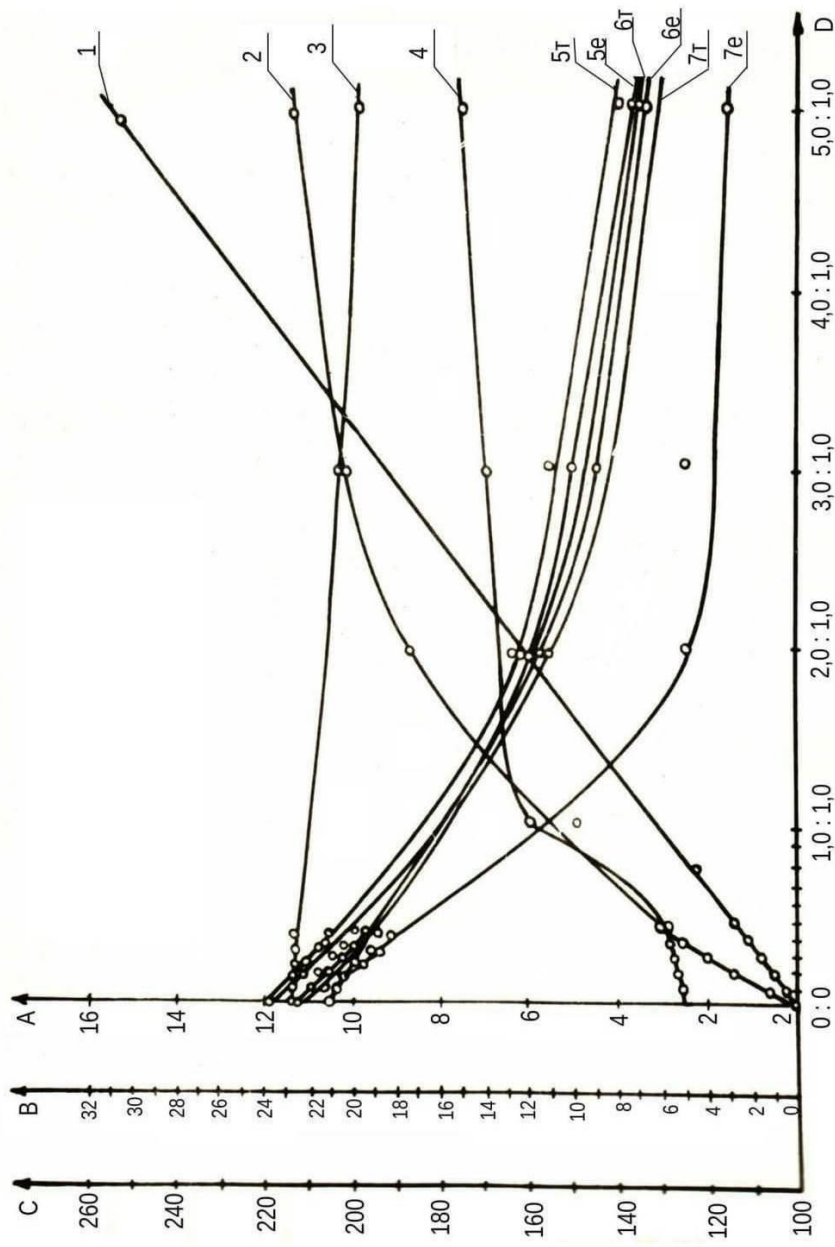
Таблиця 4.3 – Вміст поживних речовин в добриві, отриманому амонізацією простого суперфосфату фільтровою рідиною з малим співвідношенням компонентів

№ досліду	Вміст поживних речовин в добриві, %мас.				Співвідношення P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			Сума поживних речовин, % мас.	
	Азот загальний	Вміст P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			водн./загал.	засв./загал.	водн./засв.		
		вільний	водний	засвоюваний					загальний
1	відсутній	6,1	21,37	22,70	23,81	0,898	0,953	0,941	22,70
	5,320								
2	0,645	2,61	20,60	21,88	22,96	0,897	0,953	0,941	22,53
	0,645		21,14	22,04	22,95	0,921	0,961	0,959	
3	1,275	1,66	20,25	21,52	22,56	0,898	0,954	0,941	22,79
	1,380		20,37	21,36	22,38	0,910	0,955	0,953	
4	1,860	0,66	19,65	20,87	21,90	0,898	0,953	0,942	22,72
	2,000		19,51	20,67	22,06	0,885	0,937	0,944	
5	2,400	0,23	19,05	20,23	21,22	0,898	0,953	0,941	22,63
	2,550		18,89	20,15	21,62	0,874	0,934	0,935	
5	2,950	відсутній	18,75	19,92	20,89	0,898	0,954	0,941	22,86
	3,140		18,19	19,70	21,12	0,861	0,932	0,925	

Таблиця 4.4 – Вміст поживних речовин в добриві, отриманому амонізацією простого суперфосфату фільтровою рідиною з великим співвідношенням компонентів

№ досліду	Вид дослідження	Вміст поживних речовин в добриві, %/мас.					Співвідношення P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			Сума поживних речовин, % мас.	
		Азот загальний		Вміст P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			водн./загал.	засв./загал.	водн./засв.		
		вільний	водний	вільний	водний	загальний					
П	е	0	4,7	17,88	18,00	19,83	0,902	0,908	0,993	–	18,00
а	т	5,39	відсутній	12,30	12,60	13,80	0,981	0,913	0,976	0,427	17,99
	е	4,92		10,60	12,10	13,70	0,774	0,833	0,876	0,406	17,02
р	т	9,25	відсутній	11,10	11,15	12,70	0,874	0,878	0,995	0,829	20,40
	е	8,84		5,19	11,12	12,63	0,411	0,880	0,467	0,795	19,96
і	т	10,23	відсутній	9,08	9,10	10,05	0,903	0,905	0,998	1,124	19,33
	е	10,22		5,02	9,05	10,03	0,500	0,902	0,555	1,018	19,27
я	т	11,91	відсутній	7,10	7,15	7,85	0,804	0,911	0,993	1,665	19,06
	е	11,32		3,40	7,33	7,75	0,439	0,946	0,464	1,544	18,65





А – рН;  
 В – вміст живильних речовин в амонізованому суперфосфаті, % мас.;  
 С – вихід амонізованого суперфосфату, %;  
 D – співвідношення фільтрова рідина (об.) : суперфосфат (ваг.);  
 1 – вихід амонізованого суперфосфату в % до суперфосфату;  
 2 – вмісту азоту, % мас.;  
 3 – сума живильних елементів, % мас.;  
 4 – сміна рН системи;  
 5<sub>т</sub> – теоретично очікуваний вміст загального P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, % мас.;  
 5<sub>е</sub> – експериментально визначений вміст загального P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, % мас.;  
 6<sub>т</sub> – теоретично очікуваний вміст засвоюваного P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, % мас.;  
 6<sub>е</sub> – експериментально визначений вміст засвоюваного P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, % мас.;  
 7<sub>т</sub> – теоретично очікуваний вміст водорозчинного P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, % мас.;  
 7<sub>е</sub> – експериментально визначений вміст водорозчинного P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, % мас.

Рисунок 4.1 – Експериментальні дані

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

Важливо відмітити, що отримані після замішування системи при близьких співвідношеннях вихідних речовин (1 : 1) представляють масу, яка мажеться та утворює грудочки, що може бути використане для грануляції продукту при сушці. В дослідах №1-5 (партія I) при співвідношенні вихідних речовин 0,5 : 1,0 отримується систем з невеликою кількістю рідкої фази, система легко гранулюється і швидко висихає.

Дуже важливою обставиною є те, що наявність в сирій масі гіпсу дає порівняно рихлі структури, що мають велику питому поверхню. Це сильно збільшує випаровування вологи та сушку, особливо при перемішуванні продукту. За зовнішнім виглядом отриманий амонізований суперфосфат представляє собою гранули розміром від 0,5 до 2-3 мм з деякою часткою пилоподібних часток.

Значний інтерес представляє вихід продукту на одиницю витраченого суперфосфату. З даних табл. 4.2 видно, що використання фільтрової рідини для амонізації суперфосфату підвищує вихід продукту: при співвідношенні 1 вагова частина суперфосфату на 1 об'ємну частину фільтрової рідини на 43%; при співвідношенні 1 : 2 на 61%, при співвідношенні 1 : 3 в 2 рази.

З даних хімічних аналізів амонізованого суперфосфату (табл. 4.3) видно, що при збільшенні співвідношення фільтрової рідини (в об'ємних одиницях) на 1 вагову частину простого суперфосфату в інтервалі від 0,1 до 0,5 (табл. 4.1) значення рН амонізованого суперфосфату підвищилося від 2,5 до 2,84, що відповідає утворенню  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ . При цьому вміст вільного  $\text{P}_2\text{O}_5$  зменшується з 6,1%мас. (в вихідному суперфосфаті) до 0,23%мас. при 0,4 об'ємних частинах фільтрової рідини на 1 вагову частину суперфосфату і до 0% при 0,5 об'ємних частинах фільтрової рідини 1 вагову частину суперфосфату. Збільшення загального азоту досягло при цьому 3%мас. при вмісті його в фільтровій рідині 5,3%мас. і повній відсутності в простому суперфосфаті.

									Арк.
									36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР.10.01.ПЗ

Вміст водорозчинного  $P_2O_5$  в отриманому добриві зменшується відповідно з теоретичним розрахунком (т). Важливо відмітити, що експериментально отримані (е) значення цієї форми є близькими до теоретично очікуваних. Ще більш близьким до теоретичного розрахованого є експериментально знайдений вміст  $P_2O_5$  засвоюваної форми в інтервалі співвідношень фільтрова рідина : суперфосфат = 0,5 : 1.

Важливо відмітити, що співвідношення  $P_2O_{5\text{водн.}} / P_2O_{5\text{заг.}}$  не знизилося нижче 0,86, а  $P_2O_{5\text{водн.}} / P_2O_{5\text{засв.}}$  склало 0,924 при 0,941 в вихідному суперфосфаті. Співвідношення  $P_2O_{5\text{засв.}} / P_2O_{5\text{заг.}}$  при 10-30% фільтрової рідини знаходилося на тому ж рівні, що і вихідному суперфосфаті (0,953-0,954) і лише при 50% фільтрової рідини знизилося до 0,932 при теоретично очікуваному 0,953.

Як видно з табл. 4.3, а також кривої 3 рис. 4.1 сума поживних речовин до співвідношення фільтрова рідина: суперфосфат 1 : 1, досягаючи більше 22%мас. в перерахунку на суху речовину, практично залишається постійною.

Дослідами встановлено, що найкращі результати з точки зору нейтралізації суперфосфату, отримані при співвідношенні суперфосфат : фільтрова рідина від 0,5 : 1.

					ДР.10.01.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 ПРИКЛАДНА ЧАСТИНА

### 5.1 Опис рекомендованої технологічної схеми процесу

За рекомендованою технологічною схемою в содовому виробництві зникає потреба в стадії регенерації аміаку з фільтрової рідини. В зв'язку з чим, відпадає необхідність відведення дистилерної рідини в шламонакопичувачі, в результаті чого будуть зекономлені капітальні витрати на їх будівництво та витрати з експлуатації, а також буде виключене забруднення водоймищ відходами содового виробництва. В виробництві простого суперфосфату можна буде скоротити час складського дозрівання готового продукту, оскільки при обробці його фільтровою рідиною залишкова кислотність буде нейтралізована компонентами фільтрової рідини. Суміщення виробництв кальцинованої соди та простого суперфосфату дасть можливість одержувати подвійне (азотно-фосфорне) добриво.

Опис пропонованої технологічної схеми представлений нижче.

Очищений розсіл самотечією зі збірника (поз. 1) подається в абсорбер (поз. 2), де поглинає  $\text{NH}_3$  і  $\text{CO}_2$ , що надходять з повітрям з вакуум-фільтрів (поз. 9), відхідними газами стадії карбонізації. Амонізований і частково карбонізований розчин безперервно подається в верхню частину карбонізаційної колони (поз. 3), де далі насичується  $\text{CO}_2$  (35-42%об.), що подається після очищення в промивачі (поз. 4) після вапняно-випалювальної печі (поз. 5), і мішаним газом (60-80%об  $\text{CO}_2$ ), що утворюється після добавляння газу парової кальцинації (90%об.  $\text{CO}_2$ ). Гази подаються в карбонізаційну колону (поз. 3) під тиском 0,3-0,4МПа, що створюється компресорами (поз. б<sub>1</sub>, б<sub>2</sub>) для подолання гідравлічного опору колон. Утворений гідрокарбонат натрію подається на барабанний вакуум-фільтр (поз. 9). Фільтрова рідина направляється в збірник фільтрової рідини (поз. 11),

					<i>ДР.10.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Прикладна частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Тафійчук</i>						38	94
<i>Керівник</i>	<i>Золотарьова</i>					<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Консультант</i>								
<i>Н.контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>	<i>Суворін О.В.</i>							

а сирий гідрокарбонат натрію з фільтра подається в паровий кальцинатор (поз. 7) для прожарювання. Кальцинована сода після парового кальцинатора поступає на пакування або на склад.

Фільтрова рідина і простий суперфосфат, що подається з бункера (поз. 10), надходять в змішувач (поз. 12) при співвідношенні 0,5 об'ємних частин фільтрової рідини і 1 вагова частина суперфосфату та змішуються протягом 5 хв. Утворені газі  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{S}$  подаються на абсорбцію виробництва кальцинованої соди.

Утворена пульпа амонізованого суперфосфату насосом (поз. 13) подається в барабанно-грануляційну сушарку (поз. 15), в якій здійснюється гранулювання пульпи і сушка отриманих гранул. Час перебування продукту в апараті складає 35-40 хв. Сушка здійснюється топковими газами, які входять до сушарки з температурою  $500^\circ\text{C}$ , а виходять з неї при  $150^\circ\text{C}$ . Після сушарки топкові газі очищаються від пилу суперфосфату в циклоні (поз. 17), а потім викидаються в атмосферу.

Висушений амонізований гранульований суперфосфат з кінцевою вологістю 3-4%мас. подається на подрібнювання та затарювання.

## 5.2 Матеріальний і тепловий розрахунок

### 5.2.1 Матеріальний розрахунок

Відповідно до запропонованої технології виробництва амонізованого суперфосфату в змішувач надходить 1 т простого суперфосфату наступного складу:

$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	3,0 %мас.	30,0 кг
$\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	6,8 %мас.	68,0 кг
$\text{H}_3\text{PO}_4$	11,0 %мас.	111,0 кг
$\text{CaSO}_4$	51,3 %мас.	513,0 кг
$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$	6,0 %мас.	60,0 кг

									Арк.
									39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР.10.01.ПЗ

H <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>	0,8 %мас.	8,0 кг
Домішки	10,2 %мас.	102 кг
Волога	10,8 %мас.	108,0 кг
Разом	100,0 %мас.	1000 кг

Фільтрова рідина подається в змішувач в кількості 0,5 м<sup>3</sup> або

$$1100 \cdot 0,5 = 550 \text{ кг,}$$

де 1100 – густина фільтрової рідини, кг/м<sup>3</sup>.

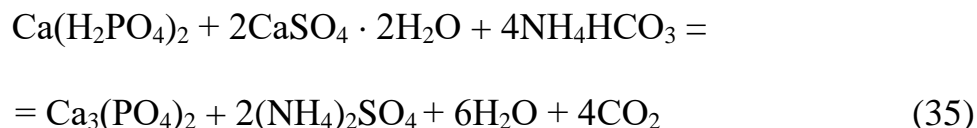
Склад фільтрової рідини наступний:

(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	56,88 г/л	$\frac{56,88}{10 \cdot 1,1} = 5,2 \%$ (іаї.)	28,6 кг
NaHCO <sub>3</sub>	6,72 г/л	$\frac{6,72}{10 \cdot 1,1} = 0,6 \%$ (іаї.)	3,3 кг
NH <sub>4</sub> Cl	172,30 г/л	$\frac{172,30}{10 \cdot 1,1} = 15,7 \%$ (іаї.)	86,4 кг
NaCl	75,99 г/л	$\frac{75,99}{10 \cdot 1,1} = 6,9 \%$ (іаї.)	38,0 кг
Na <sub>2</sub> S	0,078 г/л	$\frac{0,078}{10 \cdot 1,1} \approx 0,01 \%$ (іаї.)	0,1 кг
H <sub>2</sub> O		71,59 % (мас.)	393,6 кг
Разом		100,0% (мас.)	550 кг

Для виконання розрахунку матеріального балансу процесу виробництва амонізованого суперфосфату використовуються наступні хімічні рівняння:



						Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.10.01.ПЗ	



За реакцією (31) утворюється  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ :

$$\frac{28,6 \cdot 2 \cdot 115}{96} = 68,5 \text{ êã,}$$

де 115 і 96 – молекулярна маса  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  і  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  відповідно, г/моль.

За реакцією (34) утворюється  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ :

$$\frac{30 \cdot 115}{234} = 14,7 \text{ êã,}$$

де 234 – молекулярна маса  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ , г/моль.

Всього утворюється дигідрофосфату амонію:

$$68,5 + 14,7 = 83,2 \text{ кг.}$$

Утворюється  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  за реакцією (32):

$$\frac{3,3 \cdot 120}{84} = 4,7 \text{ êã,}$$

де 120 і 84 – молекулярна маса  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  і  $\text{NaHCO}_3$  відповідно, г/моль.

Утворюється  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  за реакцією (33):

$$\frac{0,1 \cdot 2 \cdot 120}{87} = 0,3 \text{ êã,}$$

де 87 – молекулярна маса  $\text{Na}_2\text{S}$  відповідно, г/моль.

Всього утворюється дигідрофосфату натрію:

$$4,7 + 0,3 = 5,0 \text{ кг.}$$

Кількість утвореного за реакцією (34)  $\text{CaHPO}_4$  складає

										Арк.
										41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$\frac{30 \cdot 136}{234} = 17,4 \text{ г/моль,}$$

де 136 – молекулярна маса  $\text{CaHPO}_4$ , г/моль.

За реакцією (31) утворюється

–  $\text{H}_2\text{O}$

$$\frac{28,6 \cdot 18}{98} = 5,3 \text{ г/моль,}$$

де 18 – молекулярна маса  $\text{H}_2\text{O}$ , г/моль.

–  $\text{CO}_2$

$$\frac{28,6 \cdot 44}{98} = 12,8 \text{ г/моль,}$$

де 44 – молекулярна маса  $\text{CO}_2$ , г/моль.

В результаті реакції (32) утворюється

–  $\text{H}_2\text{O}$

$$\frac{3,3 \cdot 18}{84} = 0,7 \text{ г/моль,}$$

–  $\text{CO}_2$

$$\frac{3,3 \cdot 44}{84} = 1,7 \text{ г/моль,}$$

Кількість  $\text{H}_2\text{S}$ , що утворюється згідно реакції (33)

$$\frac{0,1 \cdot 34}{87} = 0,04 \text{ г/моль,}$$

де 34 і 87 – молекулярна маса  $\text{H}_2\text{S}$  і  $\text{Na}_2\text{S}$  відповідно, г/моль.

В результаті реакції (34) утворюється

–  $\text{H}_2\text{O}$

					ДР.10.01.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$\frac{30 \cdot 18}{234} = 2,3 \text{ êã,}$$

– CO<sub>2</sub>

$$\frac{30 \cdot 44}{234} = 5,6 \text{ êã.}$$

За реакцією (35) утворюється

– H<sub>2</sub>O

$$\frac{30 \cdot 6 \cdot 18}{234} = 13,8 \text{ êã,}$$

– CO<sub>2</sub>

$$\frac{30 \cdot 4 \cdot 44}{234} = 22,6 \text{ êã,}$$

– Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>

$$\frac{30 \cdot 310}{234} = 39,7 \text{ êã,}$$

де 310 – молекулярна маса Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, г/моль.

– (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

$$\frac{30 \cdot 2 \cdot 132}{234} = 33,8 \text{ êã,}$$

де 132 – молекулярна маса (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, г/моль.

За наведеними реакціями всього утворюється

– H<sub>2</sub>O

$$5,3 + 0,7 + 2,3 + 13,8 = 22,1 \text{ кг,}$$

– CO<sub>2</sub>

					ДР.10.01.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$12,8 + 1,7 + 5,6 + 22,6 = 42,7 \text{ кг.}$$

За отриманими розрахунковими даними складається таблиця матеріального балансу виробництва амонізованого суперфосфату

Таблиця 5.1 – Матеріальний баланс процесу виробництва амонізованого суперфосфату

Прихід			Витрата		
Стаття	кг	%мас.	Стаття	кг	%мас.
1. Простий суперфосфат:			1. Пульпа амонізованого суперфосфату:		
Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	30,0	3,0	CaHPO <sub>4</sub>	17,4	1,1
Mg(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	68,0	6,8	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	39,7	2,5
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	111,0	11,0	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	83,2	5,3
CaSO <sub>4</sub>	513,0	51,3	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	5,0	0,3
Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> F	60,0	6,0	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	33,8	2,1
H <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>	8,0	0,8	CaSO <sub>4</sub>	513,0	32,5
Домішки	102,0	10,2	Mg(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	68,0	4,3
H <sub>2</sub> O	108,0	10,8	Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> F	60,0	3,8
<b>Разом</b>	<b>1000,0</b>	<b>100,0</b>	H <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>	8,0	0,5
2. Фільтрова рідина:			Домішки		
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	28,6	5,2	NH <sub>4</sub> Cl	86,4	5,5
NaHCO <sub>3</sub>	3,3	0,6	NaCl	38,0	2,41
Na <sub>2</sub> S	0,1	0,01	H <sub>2</sub> O	523,7	33,2
NH <sub>4</sub> Cl	86,4	15,7	<b>Разом</b>	<b>1507,2</b>	<b>100,0</b>
NaCl	38,0	6,9	2. Відхідні газы:		
H <sub>2</sub> O	393,6	71,59	CO <sub>2</sub>	42,7	99,9
<b>Разом</b>	<b>550,0</b>	<b>100,0</b>	H <sub>2</sub> S	0,04	0,1
			<b>Разом</b>	<b>42,74</b>	<b>100,0</b>
<b>ВСЬОГО</b>	<b>1550,0</b>	<b>100,0</b>	<b>ВСЬОГО</b>	<b>1550,0</b>	<b>100,0</b>

## 5.2.2 Тепловий розрахунок

Тепловий баланс процесу виробництва амонізованого суперфосфату складається на підставі даних матеріального балансу.

### Прихід

1) З фільтровою рідиною

$$Q_1 = 550 \cdot 3,4 \cdot 20 = 37400 \text{ кДж,}$$

де 550 – кількість фільтрової рідини, що надходить в змішувач, кг;

3,4 – теплоємність фільтрової рідини, кДж/(кг · °С) [3];

20 – температура фільтрової рідини, °С.

2) З простим суперфосфатом

$$Q_2 = 1000 \cdot 1,1 \cdot 18 = 19800 \text{ кДж,}$$

де 1000 – кількість простого суперфосфату, що надходить в змішувач, кг;

1,1 – теплоємність простого суперфосфату, кДж/(кг · °С) [3];

18 – температура простого суперфосфату, °С.

3) Тепловий ефект реакції нейтралізації вільної фосфорної кислоти за реакцією (31) дорівнює:

$$(285,8 + 393,5 + 2 \cdot 1560,0) - (2 \cdot 1271,9 + 927,0) = 328,5 \text{ кДж,}$$

де 285,8; 393,5; 1560,0; 1271,9; 9287 – теплота утворення H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> відповідно, кДж/моль [18].

Сумарний тепловий ефект нейтралізації фосфорної кислоти складає

$$\frac{328,5 \cdot 1000 \cdot 111}{2 \cdot 98} = 186038 \text{ кДж,}$$

де 111 – кількість H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> в простому суперфосфаті, кг;

									Арк.
									45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

98 – молекулярна маса  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , г/моль.

4) Тепловий ефект реакції нейтралізації вільної фосфорної кислоти за реакцією (32) дорівнює:

$$(1485,0 + 285,8 + 393,5) - (1271,9 + 947,4) = -55,0 \text{ кДж},$$

де 1485,0; 947,4 – теплота утворення  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{NaHCO}_3$  відповідно, кДж/моль [18].

Сумарний тепловий ефект нейтралізації фосфорної кислоти складає

$$\frac{-55,0 \cdot 1000 \cdot 111}{98} = -62296 \text{ кДж}.$$

5) Тепловий ефект реакції нейтралізації вільної фосфорної кислоти за реакцією (33) дорівнює:

$$(1560,0 + 20,2) - (2 \cdot 1271,9 + 389,1) = 207,3 \text{ кДж},$$

де 20,2; 389,1 – теплота утворення  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$  відповідно, кДж/моль [18].

Сумарний тепловий ефект нейтралізації фосфорної кислоти складає

$$\frac{207,3 \cdot 1000 \cdot 111}{2 \cdot 98} = 117399 \text{ кДж}.$$

6) Тепловий ефект реакції амонізації простого суперфосфату за реакцією (34) дорівнює:

$$(1560,0 + 1820,0 + 285,8 + 393,5) - (3114,5 + 832,0) = 112,8 \text{ кДж},$$

де 1820,0; 3114,5; 832,0 – теплота утворення  $\text{CaHPO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  відповідно, кДж/моль [18].

Сумарний тепловий ефект реакції амонізації складає

$$\frac{112,8 \cdot 1000 \cdot 17,4}{136} = 14432 \text{ кДж},$$

									Арк.
									46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР.10.01.ПЗ

де 17,4 – кількість  $\text{CaHPO}_4$  в пульпі амонізованому суперфосфату, кг;  
136 – молекулярна маса  $\text{CaHPO}_4$ , г/моль.

7) Тепловий ефект реакції амонізації простого суперфосфату за реакцією (35) дорівнює:

$$(4120,0 + 2 \cdot 1179,3 + 6 \cdot 285,8 + 4 \cdot 393,5) - (3114,5 + 2 \cdot 1424,0 + 4 \cdot 5832,0) = 482,9 \text{ кДж},$$

де 4120,0; 1179,3; 1424,0 – теплота утворення  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  відповідно, кДж/моль [18].

Сумарний тепловий ефект реакції амонізації складає

$$\frac{482,9 \cdot 1000 \cdot 39,4}{310} = 61375 \text{ кДж},$$

де 39,4 – кількість  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  в пульпі амонізованому суперфосфату, кг;  
310 – молекулярна маса  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , г/моль.

Сумарний прихід тепла складає

$$Q_{\text{пр}} = 37400 + 19800 + 186038 - 62296 + 117399 + 14432 + 61375 = 374148 \text{ кДж}.$$

### Витрата

1) З пульпою амонізованого суперфосфату

$$Q_1 = 1507,2 \cdot 3,2 \cdot 70 = 337613 \text{ кДж},$$

де 1507,2 – кількість пульпи амонізованого суперфосфату, що виходить зі змішувача, кг;

3,2 – теплоємність пульпи амонізованого суперфосфату, кДж/(кг · °С);

70 – температура пульпи амонізованого суперфосфату, °С.

					ДР.10.01.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) Тепло з відхідними газами

$$Q_2 = (42,7 \cdot 0,9 + 0,04 \cdot 1,02) \cdot 70 = 2691 \text{ кДж},$$

де 0,9; 1,02 – теплоємність CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S відповідно, кДж/(кг · °С) [18];

42,7; 0,04 – вміст CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S в відхідних газах, кг;

70 – температура відхідних газів, °С.

3) Втрати тепла в навколишнє середовище складають

$$374148 - 337613 - 2691 = 33844 \text{ кДж}$$

За отриманими розрахунковими даними складається таблиця теплового балансу виробництва амонізованого суперфосфату

Таблиця 5.2 – Тепловий баланс процесу виробництва амонізованого суперфосфату

Прихід		Витрата	
Стаття	кДж	Стаття	кДж
З фільтровою рідиною	37400	З пульпою амонізованого суперфосфату	337613
З простим суперфосфатом	19800	З відхідними газами	2691
Тепло від хімічних реакцій (32) – (35)	316948	Втрати тепла	33844
<b>Разом</b>	<b>374148</b>	<b>Разом</b>	<b>374148</b>

### 5.3 Вибір і розрахунок основного апарату

Згідно запропонованій технології для амонізації простого суперфосфату карбонатом і гідрокарбонатом амонію та натрію, сульфідом натрію, які входять до складу фільтрової рідини, застосовується змішувач зі шнековою мішалкою. Змішувач є вертикальним апаратом, що складається з циліндричного корпусу (поз. 1), еліптичного днища (поз. 2) і знімної еліптичної кришки (поз. 3), шнекової мішалки (поз. 4) з приводом (поз. 5).

Шнекова мішалка складається з вала, до зовнішньої поверхні якого приварена по гвинтовій лінії плоска стрічка певного кроку. Змішувач виконаний з низьколегованої сталі 09Г2С-17.

В кришці змішувача розташовані штуцери для завантаження простого суперфосфату і фільтрової рідини, відведення утворених в результаті хімічних реакцій газів та контрольно-вимірювальних приладів. Для огляду внутрішньої поверхні та ремонту передбачений люк. Штуцер для зливання пульпи амонізованого суперфосфату знаходиться в нижній частині апарату. Апарат встановлений на опори-лапи (поз. 6).

Для здійснення процесу амонізації простого суперфосфату, враховуючи матеріальні розрахунки, вибирається апарат з наступними характеристиками: діаметр корпусу – 2000 мм, загальна висота апарату – 5520 мм, об'єм – 8 м<sup>3</sup>, тиск в апараті – 0,6 МПа, частота обертання мішалки – 195 об/хв., потужність приводу мішалки – 7,5 кВт [19].

### 5.3.1 Механічний розрахунок змішувача

Виконавча товщина стінки обичайки визначається за формулою [20]:

$$s = \frac{pD}{2[\sigma]\varphi - p} + c + c_1, \quad (36)$$

де  $p = 0,6$  – тиск в корпусі апарату, МПа;

$D = 2000$  – внутрішній діаметр апарату, мм;

$[\sigma] = 196$  – допустиме напруження для сталі 09Г2С-17, МПа;

$\varphi = 0,95$  – коефіцієнт міцності зварного шва;

$c = 1$  – некорозійна прибавка на корозію, мм;

$c_1 = 0,8$  – додаткова прибавка, мм.

$$s = \frac{0,6 \cdot 2000}{2 \cdot 196 \cdot 0,95 - 0,6} + 1,0 + 0,8 = 5,0 \text{ мм.}$$

						Арк.
					ДР.10.01.ПЗ	49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховане значення товщини стінки обичайки округляємо до найближчого більшого значення стандартної товщини листа листового прокату, а саме  $s = 6$  мм.

Допустимий тиск в обичайці апарату визначаємо за формулою [20]:

$$[\delta] = \frac{2[\sigma] \cdot \varphi_{\delta} \cdot (s - c)}{D + (s - c)}, \quad (37)$$

$$[p] = \frac{2 \cdot 196 \cdot 0,95 \cdot (6 - 1,8)}{2000 + (6 - 1,8)} = 0,78 \text{ МПа}.$$

Умова міцності

$$P = 0,6 \text{ МПа} < [P] = 0,78 \text{ МПа}$$

виконується.

Перевіряємо умову застосування розрахункових формул [20]:

$$\frac{S - C}{D} < 0,1 \quad (38)$$

$$\frac{S - C}{D} = \frac{6 - 1,8}{2000} = 0,002 < 0,1.$$

					ДР.10.01.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 6 ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Державна екологічна політика є важливою складовою загальнодержавної політики. Вона тісно пов'язана з економічною, соціальною, культурною та іншими сферами життєдіяльності суспільства. Важливим засобом реалізації державної політики в сфері екології є створення дієвої та ефективної нормативно-правової бази, спроможної забезпечити ефективне функціонування екологічного правопорядку.

Конституція України заклала фундаментальні принципи діяльності держави, спрямовані на стимулювання охорони довкілля, ефективного природокористування та утвердження екологічної безпеки. Відповідно до ст. 16 Конституції України від 28 червня 1996 року забезпечення екологічної безпеки і підтримання екологічної рівноваги на території України, подолання наслідків Чорнобильської катастрофи, збереження генофонду Українського народу є обов'язком держави.

Значну роль в системі екологічного законодавства відіграють Земельний, Лісовий, Водний кодекси України та Кодекс України про надра.

Базовими складовими природоохоронного законодавства в Україні є закони України: «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25 червня 1991 року № 1264-ХІІ, «Про природно-заповідний фонд України» від 16 червня 1992 року № 2456-ХІІ, «Про екологічну експертизу» від 9 лютого 1995 року № 45/95-ВР, «Про Червону книгу України» від 7 лютого 2002 року № 3055-ІІІ та ін.

Принципи державного управління в галузі екології:

- системності та комплексності у регулюванні екологічних відносин. Цей принцип є визначальним для науково-обґрунтованого формування галузі екологічного права і зумовлений закономірностями зв'язків у системі «людина – навколишнє природне середовище». Для цієї галузі

					<i>ДР.10.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>Екологія та охорона навколишнього середовища</b>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Тафійчук</i>					51	94
<i>Керівник</i>		<i>Золотарьова</i>				<b>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</b>		
<i>Консультант</i>								
<i>Н.контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>		<i>Суворін О.В.</i>						

- він відіграє роль інтегруючого чинника. З ним також пов'язані повнота, всебічність і якість правового регулювання екологічних відносин;
- пріоритетність права громадян на безпечне для життя і здоров'я довкілля (ст. 50 Конституції України, ст. 9 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища»). Цей принцип впливає із загального конституційного принципу про те, що «людина, її життя і здоров'я, честь і гідність, недоторканність і безпека визнаються в Україні найвищою соціальною цінністю» (ст. 3 Конституції України);
  - сталого розвитку як основи гармонійного розв'язання соціальних, економічних і екологічних проблем. Цей принцип впроваджується в українське екологічне право в контексті прийнятого на Конференції ООН з навколишнього середовища та розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992 р.) «Порядку денного на XXI століття». Ідеї цього документа знайшли відображення, зокрема, в Основних напрямках державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки. У них зазначається, що охорона навколишнього природного середовища, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини є невід'ємною умовою сталого економічного та соціального розвитку країни. Конкретні заходи щодо цього передбачені у розділі III Основних напрямів – «Стратегія і тактика гармонійного розвитку виробничого та природно-ресурсного потенціалу»;
  - запобігання екологічній шкоді (ст. 3 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища»). На реалізацію цього принципу спрямовані державні комплексні програми охорони навколишнього природного середовища, екологічні вимоги законодавства до проектів будівництва, планування та прогнозування, здійснення екологічної експертизи тощо;
  - раціонального використання природних ресурсів (ст. 40 Закону України

						Арк.
						54
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ДР.10.01.ПЗ

«Про охорону навколишнього природного середовища»). Складовими елементами цього принципу є: бережливе, економне ставлення до природних ресурсів у процесі їх використання; здійснення заходів щодо запобігання псуванню, забрудненню і виснаженню природних ресурсів, а також спрямованих на відтворення відновлювальних природних ресурсів; недопущення у процесі використання природних ресурсів їх негативного впливу на стан довкілля;

- особливої охорони природних територій та об'єктів, що мають підвищену екологічну цінність (ст. 60 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища»). Йдеться, зокрема, про природні території та об'єкти екосистеми. Особливість їх охорони полягає у встановленні для них спеціального режиму і підвищеної юридичної відповідальності за його порушення;
- доступу фізичних і юридичних осіб до екологічної інформації (статті 9, 25 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища»). Ця інформація має бути повною і достовірною. Відповідно до Закону України «Про інформацію» (1992 р.) забезпечення саме такою екологічною інформацією є одним з основних напрямів інформаційної діяльності держави. Законодавчо встановлена юридична відповідальність посадових осіб, які порушують порядок надання екологічної інформації;
- платності спеціального природокористування (ст. 3 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища»). Положення екологічного права у цій частині спрямовані на розвиток економічного механізму у сфері раціонального природокористування й охорони довкілля. Вони також впливають із загальноприйнятого принципу «забруднювач платить»;
- поєднання прав і обов'язків, стимулювання і відповідальності у сфері дії екологічного права (статті 55, 66 Конституції України, ст. 3 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища»). Головна ідея

						Арк.
					ДР.10.01.ПЗ	55
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

цього принципу полягає, з одного боку, в оптимальному забезпеченні екологічних інтересів природокористувачів, а з іншого – у запобіганні споживацькому ставленню до природи, у забезпеченні законності й застосуванні до порушників екологічного законодавства юридичних санкцій;

- міжнародного екологічного співробітництва (статті 71, 72 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища»). Ці принципові засади національного екологічного права стимулюють розвиток міжнародного екологічного співробітництва України з іншими державами у рамках екологічної діяльності ООН, її органів і установ, інших урядових та неурядових міжнародних організацій, наукових центрів тощо. Важливою складовою цього співробітництва є гармонізація українського екологічного права з міжнародним правом навколишнього середовища [21].

З технологічного циклу виробництва кальцинованої соди аміачним способом виводяться: шлами після стадії розсолоочищення, газоподібні речовини, дріб'язок карбонатної сировини.

Шлами розсолоочищення містять: рідку фазу (NaCl) – 99,0 кг/т соди та тверду фазу (CaCO<sub>3</sub> і Mg(OH)<sub>2</sub>) – 27,1 кг/т соди і 3,9 кг/т соди відповідно. На підприємстві передбачається фільтрація шламу розсолоочищення, що дає можливість повернути в виробництво соди ~ 80 кг/т соди NaCl, а отримана паста після сушки і розпушування упаковуватися в мішки та продається в якості підкормки для тварин і птахів.

Дріб'язок карбонатної сировини, одержуваний при класифікації, використовується для отримання вапна, виробництва цементу і будівельних матеріалів, а також для інших цілей. З крейдяного дріб'язку готують молоту крейду, застосовувану у будівництві.

Оскільки газові викиди містять речовини в межах гранично допустимих норм, то їх виводять в атмосферу [1].

									Арк.
									56
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

ДР.10.01.ПЗ

У виробництві простого суперфосфату при переробці апатитового концентрату (в змішувачі та суперфосфатній камері) в газову фазу виділяється фтор у вигляді тетрафториду кремнію. Кремнефтористоводнева кислота, яку отримують при вловлюванні фтору з газів, що відходять з суперфосфатних камер і змішувачів, насичена кремнегелем



Ця кислота є достатньо чистою і її використовують у виробництві різних фтористих солей (фториду алюмінію, натрію і магнію, кріоліту, кремнефториду натрію, калію і амонію)

Найбільшим споживачем фториду алюмінію і кріоліту є металургія алюмінію. Кріоліт використовують також в скляному і емалевому виробництвах, в електронній промисловості і для вторинної обробки металів. Кремнефторид натрію застосовують при проведенні будівельних робіт в якості прискорювача схоплювання бетону, в скляному виробництві, в процесах флотації мінералів, для оброблення хутряної сировини, для фторування питної води.

Кремнефторид калію – є основною сировиною для переробки цирконієвих концентратів. Біфторид амонію використовують в технологічних процесах переробки рідкісних і кольорових металів, в скляній промисловості (для травлення кришталевих виробів), для збагачення флюоритових концентратів. Кремнефторид амонію застосовують для антисептування овчинно-шубного і хутряної сировини, дерев'яних конструкцій. Фторид натрію – антисептик виробів. Фторид магнію використовують в інструментальній промисловості в якості флюсу.

Основними напрямками щодо вдосконалення методів переробки кремнефтористоводневої кислоти на фтористі сполуки є: створення безперервного процесу виробництва фториду алюмінію в поєднанні з

						Арк.
					ДР.10.01.ПЗ	57
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

кондуктивним методом сушки продукту, що дозволить знизити енерговитрати і підвищити його якість, розробка і впровадження методів грудкування фториду алюмінію і кріоліту, удосконалення процесу виробництва біфториду амонію з метою підвищення якості продукту і скорочення втрат аміаку, створення процесів виробництва гранульованого фториду кальцію для металургійної та цементної промисловості, безводного фтористого водню, скорочення втрат фтору з маточними розчинами виробництва фтористих солей шляхом впровадження замкнутих схем водообороту, рішення проблем утилізації кремнегеля, що утворюється при виробництві фториду алюмінію, кріоліту і бифториду амонію.

Гази  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{S}$ , що утворюються в змішувачі при амонізації простого суперфосфату фільтровою рідиною, подаються на абсорбцію виробництва кальцинованої соди, де поглинаються очищеним розсолем в абсорбері.

Гази, що виходять з барабанно-грануляційної сушарки амонізованого гранульованого суперфосфату, містять 3-8 г/м<sup>3</sup> суперфосфатної пилу. Крім того, вентилятори дробильно-ситових установок відсмоктують повітря, що також містить суперфосфатний пил. З метою очистки відхідних газів від пилу застосовується сухе очищення в циклоні. Гази після циклону містять до 1 г/м<sup>3</sup> пилу [13].

						Арк.
						58
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.10.01.ПЗ	

## 7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Основою законодавства України з охорони праці є Конституція України, що гарантує громадянам право на безпечні й здорові умови праці й система законодавчих актів України, спрямованих на реалізацію цього конституційного права.

Основними законодавчими актами цієї системи є наступні Закони України: «Про охорону праці», «Про охорону здоров'я», «Про пожежну безпеку», «Про обов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві й професійного захворювання, що привели до втрати працездатності», «Про використання ядерної енергії і радіаційний захист», «Про забезпечення санітарного й епідемічного благополуччя населення», «Про цивільну оборону», Кодекс законів «Про працю України».

У наведеній вище системі законодавчих актів основна роль приділяється Закону «Про охорону праці». Цей закон визначає основні положення з реалізації конституційного права громадян на охорону їхнього життя й здоров'я у процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних 14 державних органів відносини між власником підприємства і працівником з питань безпеки праці, виробничої санітарії, встановлює єдиний порядок організації охорони праці у виробничій сфері в Україні.

Чинність Закону України «Про охорону праці» поширюється на всі підприємства, установи, організації (далі – підприємства) незалежно від форм власності й видів діяльності, що використовують найману працю, і на всіх працюючих.

Закон визначає основні принципи державної політики в області охорони праці, серед яких чільне місце займають: пріоритет життя й здоров'я працівників стосовно результатів виробничої діяльності підприємства;

					<i>ДР.10.01.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Тафійчук</i>			<i>Охорона праці</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Золотарьова</i>					59	94
<i>Консультант</i>						<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Н.контроль</i>								
<i>Зав. каф.</i>		<i>Суворін О.В.</i>						

– повна відповідальність власника підприємства за створення безпечних і нешкідливих умов праці; соціальний захист працівників; повне відшкодування шкоди особам, які потерпіли на виробництві від нещасних випадків або професійних захворювань.

Окремо виділені статті Закону присвячені регулюванню охорони праці жінок, неповнолітніх, інвалідів, видам відповідальності за порушення законодавства і нормативних актів про охорону праці, за створення перешкод для діяльності посадових осіб органів державного нагляду за охороною праці і представників профспілок [22].

### **7.1 Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, вибухо- і пожежонебезпечність речовин, що використовуються та одержуються в виробництві**

Основні фізико-хімічні властивості та характеристика токсичності хімічних речовин, які використовуються та одержують в процесі виробництва амонізованого суперфосфату за запропонованою технологією, представлені в табл. 7.1, 7.3 [23].

В табл. 7.2 наведені характеристики пожежонебезпечності використовуваних та одержуваних речовин [24].

**Таблиця 7.1 – Основні фізико-хімічні властивості речовин**

Назва речовини		Емпірична формула	Структурна формула	Агрегатний стан	Температура плавлення, °С	Температура кипіння, °С
Раціональна номенклатура	Систематична номенклатура					
1	2	3	4	5	6	7
<b>Виробництво кальцинованої соди</b>						
Кальцій карбонат	Карбонат кальцію	CaCO <sub>3</sub>	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{O}-\text{C}-\text{O} \\ \diagdown \quad / \\ \text{Ca} \end{array}$	Тверда речовина	825 (кальцит)  1339 (арагоніт)	—



Продовження табл. 7.1

1	2	3	4	5	6	7
Натрій хлорид	Хлорид натрію	NaCl	Na – Cl	Рідина	–	110
Амоній гідроксид	Аміак водний	NH <sub>4</sub> OH	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H} - \text{N} - \text{O} - \text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	Рідина	–91,5	24,7-37,7
Кальцій оксид	Оксид кальцію	CaO	Ca = O	Тверда речовина	2570	2850
Карбон (IV) оксид	Оксид вуглецю (IV)	CO <sub>2</sub>	O = C = O	Газ	–	–
Кальцій гідроксид	Гідроксид кальцію	Ca(OH) <sub>2</sub>	$\begin{array}{c} \text{H} - \text{O} - \text{Ca} \\   \\ \text{O} - \text{H} \end{array}$	Рідина	–	–
Динатрій карбонат	Карбонат натрію	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{Na} - \text{O} - \text{C} - \text{O} - \text{Na} \end{array}$	Тверда речовина	854	1600
Кокс	Кокс	C	–	Тверда речовина	–	–
Фільтрова рідина	–	–	–	Рідина		
Виробництво простого суперфосфату						
Апатитовий концентрат	Апатитовий концентрат	Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> F	Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> F	Тверда речовина	1660	–
Сульфатна кислота	Сірчана кислота	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H} - \text{O} - \text{S} - \text{O} - \text{H} \\    \\ \text{O} \end{array}$	Рідина	10,38	337
–	Суперфосфат	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O + CaSO <sub>4</sub>	–	Тверда речовина	>190	–
Силіційм флуорид	Тетрафторид кремнію	SiF <sub>4</sub>	$\begin{array}{c} \text{F} \\   \\ \text{F} - \text{Si} - \text{F} \\   \\ \text{F} \end{array}$	Газ	–86,8	–65
Гексафлуоросилікатна кислота	Кремнефтористоводнева кислота	H <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>	$\begin{array}{c} \text{HF} \quad \text{F} \\   \quad   \\ \text{F} - \text{Si}^{4+} - \text{F} \\   \quad   \\ \text{HF} \quad \text{F} \end{array}$	Рідина	–	–
Моносульфан	Сульфід водню	H <sub>2</sub> S	H – S – H	Газ	–82,3	–60,3

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ДР.10.01.ПЗ

Арк  
61

Таблиця 7.2 – Показники вибухо- і пожеженобезпечності

Речовина	Температура спалаху °С	Температура самозапалення °С	Межі розповсюдження полум'я концентраційні				Межі спалахування температурні, °С	
			г/м <sup>3</sup>		% об.		нижня	верхня
			нижня	верхня	нижня	верхня		
Аміак	–	650	112	189	15	28	17	28
Кокс	700	–	–	–	–	–	–	–

Таблиця 7.3 – Характеристики застосовуваних і одержаних речовин

Речовина	Клас шкідливості	Характер дії на організм людини	Граничнодопустима концентрація				Засоби індивідуального захисту		
			у повітрі, мг/м <sup>3</sup>			у воді, мг/л			
			робочої зони	населеного пункту					
1	2	3	4	С <sub>мр</sub> *	С <sub>сд</sub> **	6	7	8	
Виробництво кальцинованої соди									
Карбонат кальцію	4	При потраплянні в очі: викликає подразнення. При вдиханні: кашель.	6	–	–	–	–	–	Респіратор «Пелюстка-200», «Кама», У-2К. Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи
Хлорид натрію	3	При потраплянні в очі: різь, слезотеча, почервоніння слизуватих оболонок. При потраплянні на шкірі: сухість, лущення, почервоніння, подразнення. При ковтанні: нудота, блювота, діарея	5 аерозоль	–	–	–	–	–	Респіратор «Айстра-2». Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички,

Продовження табл. 7.3

1	2	3	4	5	6	7	8
							гумові чоботи, фартух з гумованої тканини
Аміак водний	4	<p>При потраплянні в очі: опіки, біль, слъзотеча, кон'юнктивіт, можлива зміна роговиці, втрата зору.</p> <p>При потраплянні на шкіру: сильний біль, почервоніння, при тривалому впливі – утворення пухирців.</p> <p>При ковтанні: опік порожнини рота, набряк язик і глотки, головний біль, біль у животі, нудота, блювота, іноді з домішкою крові.</p> <p>При вдиханні: збудження, що змінюється на млявість, слъзотеча, ускладнене дихання, чхання, першіння в горлі, м'язовий біль, біль у шлунку</p>	20	–	–	0,05-2,9	Фільтручий протигаз марки «КД», «М». Костюм з прогумованої тканини, гумові печатки, захисні окуляри
Кокс	4	<p>При потраплянні в очі: викликає подразнення.</p> <p>При вдиханні: кашель</p>	10	–	–	–	Респіратор «Пелюстка-200». Бавовняний костюм, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи

Продовження табл. 7.3

1	2	3	4	5	6	7	8
Оксид кальцію	2	При потраплянні в очі: сильна сльозотеча, набряк повік, почервоніння кон'юнктиви, подразнення радужної оболонки ока. При вдиханні: кашель, нежить, біль у горлі; порушення ритму диханні. При потраплянні на шкіру: почервоніння, набряк; на мокру шкіру – можливі опіки	1	–	–	–	Респіратор «Пелюстка-200», «Кама», У-2К. Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи
Оксид вуглецю (IV)	4	Не токсичний. Небезпечний лише в дуже великих кількостях (чинить задушливу дію)	9000	–	–	–	Бавовняний костюм або комбінезон, берет, шкіряні чоботи
Гідроксид кальцію	3	При потраплянні на шкіру: почервоніння, свербіння, опіки. При потраплянні в очі: сльозотеча, біль, помутніння роговиці ока, порушення зору. При ковтанні: першіння в горлі, кашель, чхання, опіки слизуватих оболонок, бронхів.	2,0	–	–	–	Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи
Карбонат натрію	3	При ковтанні: нудота. При потраплянні в очі: викликає подразнення. При вдиханні: кашель	2	–	–	–	Респіратор «Пелюстка-200», «Кама», У-2К. Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ДР.10.01.ПЗ

Арк

64

Продовження табл. 7.3

1	2	3	4	5	6	7	8
Фільтрова рідина	3	Чинить подразнюючу дію на верхні дихальні шляхи. При потраплянні в очі викликає сильне подразнення кон'юктиви, набряк повік, помутніння рогівки. При тривалому контакті зі шкірою викликає подразнення	5	–	–	–	Респіратор «Айстра-2». Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, гумові чоботи, фартух з гумованої тканини
Виробництво простого суперфосфату							
Апатитовий концентрат	4	При вдиханні пилу викликає подразнення слизуватих оболонок і збільшує сприйнятливість до захворювань органів дихання	6	–	–	–	Респіратор «Пелюстка-200», «Кама», У-2К. Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи
Сульфатна кислота	2	При вдиханні: подразнення верхніх дихальних шляхів, ускладнене дихання, набряк легенів. При потраплянні на шкіру: викликає важкі хімічні опіки. При потраплянні в очі: викликає хімічні опіки, сліпота	1	0,3	0,1	100	Костюм для захисту від кислоти з бавовняної тканини, що просочена кислото-відштовхуючою пропиткою Кк, шолом, фартук вініловий кислото-лугостійкий,

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ДР.10.01.ПЗ

Арк

65

Продовження табл. 7.3

1	2	3	4	5	6	7	8
							гумові чоботи К50Щ50, рукавички з полівінілхлориду КкЩ50, захисні окуляри з органічного
Суперфосфат	3	Чинить подразнюючу дію на верхні дихальні шляхи. При потраплянні в очі викликає сильне подразнення кон'юктиви, набряк повік, помутніння рогівки. При тривалому контакті зі шкірою викликає подразнення	5	–	–	–	Респіратор «Пелюстка-200», «Кама», У-2К. Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи
Тетрафторид кремнію	2	Біль у горлі, кашель, почуття печіння, задуха, ускладнене дихання. При потраплянні в очі викликає подразнення	0,5	0,1	–	–	Промисловий ротигаз з коробками марок А, В, БКФ, МКФ. Бавовняний костюм або комбінезон, берет, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи
Кремнефтористоводнева кислота	2	При потраплянні на шкіру викликає сильні опіки. Пари викликають подразнення верхніх дихальних шляхів	0,5	0,1	–	–	Костюм для захисту від кислоти з бавовняної тканини,

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ДР.10.01.ПЗ

Арк

66

Продовження табл. 7.3

1	2	3	4	5	6	7	8
		Чинить подразнюючу дію на верхні дихальні шляхи. При потраплянні в очі викликає сильне подразнення кон'юктиви, набряк повік, помутніння рогівки. При тривалому контакті зі шкірою викликає подразнення					що просочена кислото-відштовхуючою пропиткою Кк,
Сульфід водню	1	Кашель і напади задухи, подразнення слизових оболонок, слюзо-слинотеча, нежить, іноді блювота. Дуже високі концентрації призводять до спазмів дихальних органів, і при впливі протягом 5 хв. настає смерть.	0,5	0,02	0,005	–	Протигаз марки «А», «В» або «БКФ». Бавовняний костюм, захисні окуляри, гумові рукавички, шкіряні чоботи

## 7.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори на виробництві

Умови роботи людини визначаються сукупністю різноманітних факторів, невід'ємною частиною яких є санітарно-гігієнічні умови праці. Таким чином, особливості виробничого середовища можуть і негативно впливати на стан здоров'я й працездатності працюючих. Такі особливості виробничого середовища або робочого місця мають назву професійних шкідливостей.

У комплексі цих особливостей виділяються, в основному, дві категорії: І – шкідливості, обумовлені неправильною організацією і недосконалістю

трудових процесів; II – шкідливості, обумовлені умовами навколишнього середовища, тобто недоліками санітарно-гігієнічних умов праці.

Регламентування умов праці у всіх галузях промисловості здійснюється спеціальними правилами, нормами й інструкціями з охорони праці, об'єднаними назвою – санітарні норми (СН). Цими нормами передбачені конкретні вимоги, дотримання яких обов'язкове при проектуванні нових і експлуатації існуючих підприємств, при виконанні різних технологічних процесів, організації робочих місць, використанні матеріалів, експлуатації машин і механізмів. Ці норми регламентують і гранично допустимі значення кожної з професійних шкідливостей (запиленості, загазованості повітря, шуму, вібрації і т. д.) Таким чином, основним призначенням санітарних норм є створення на робочих місцях сприятливої для працюючої людини санітарно-гігієнічної обстановки.

Метеорологічні умови виробничих приміщень (робочої зони) визначаються сукупністю параметрів – температури, відносної вологості, швидкості руху повітря, атмосферного тиску, інтенсивності теплового випромінювання. Сукупність цих величин, характерних для конкретних виробничих умов, називається мікрокліматом.

Параметри, що визначають метеорологічні умови на кожному робочому місці, як окремо, так і в різних сполученнях, впливають на функціональну діяльність людини, її самопочуття, здоров'я і є одними з найважливіших показників санітарно-гігієнічних умов праці. Так, збільшення швидкості руху повітря зменшує несприятливий вплив високих, але збільшує вплив низьких температур. Збільшення відносної вологості повітря вище нормативних значень збільшує негативну дію як зниженої, так і підвищеної температури.

Таким чином, сполучення різних значень параметрів мікроклімату робочої зони створює ряд метеорологічних умов, що по-різному позначаються на фізіологічних процесах протікання життєвих функцій організму людини [25].

						Арк
					ДР.10.01.ПЗ	68
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



Нормування параметрів мікроклімату полягає у встановленні їх оптимальних або допустимих величин стосовно конкретних виробничих умов. Воно проводиться з урахуванням таких характеристик: ступеня важкості виконуваної роботи; пори року; кількості надлишкового тепла, що надходить у робочу зону від устаткування (ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень).

До виробничих шкідливих речовин відносяться пил, газ, хімічні речовини в рідкій і твердій фазі, що знаходяться в робочій зоні. Під шкідливою розуміється речовина, що при контакті з організмом людини викликає виробничі травми, професійні захворювання або відхилення у стані здоров'я, що виявляються сучасними медичними методами протягом трудової діяльності, у більш віддалений термін життя сьогоденного й майбутнього поколінь. Шкідливість речовини залежить від її властивостей, що визначаються складом, структурою та фізичним станом речовини.

Виробниче освітлення – це система заходів і пристроїв, що забезпечують сприятливу роботу зорового аналізатора людини та виключають шкідливий або небезпечний вплив світла на нього в процесі праці.

Освітлення у виробничих будівлях і на відкритих площадках здійснюється природним і штучним світлом. При недостатності природного застосовується сполучене освітлення, при якому у світлий час доби використовується одночасно природне і штучне освітлення [26].

Нормуються всі види освітлення за характеристикою зорової роботи (ступеня її точності) відповідно до вимог СНиП II-4-79 «Природне і штучне освітлення».

Практика показує, що в усіх областях застосування електричної енергії на підприємствах мають місце випадки ураження людини електричним струмом. Це може відбуватися в наступних випадках: при дотику до струмоведучих частин електроустановки; при наближенні на недопустимо близьку відстань до неізольованих струмоведучих частин; з появою в

									Арк
									69
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

електроустановці аварійного режиму що, як правило, призводить до появи так званих напруги кроку і напруги дотику; при невідповідності параметрів електроустановки нормам, наведеним у відповідних ГОСТ, ДСТ, Правилах устрою електроустановок (ПУЕ), Правилах безпечної експлуатації електроустановок (ПБЕЕ).

Основним напрямком, що забезпечує необхідний рівень електробезпеки, є застосування нормативних методів захисту в електроустановках (ЕУ). До основних методів захисту від ураження людини електричним струмом, що застосовуються в електроустановках, відносяться: використання необхідного типу ізоляції (робочої, подвійної, додаткової, посиленої); забезпечення недоступності струмоведучих частин ЕУ; електричний розподіл електричної мережі; використання малої напруги; захисне відключення; захисне заземлення; занулення [22].

### **7.3 Заходи щодо запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів**

#### **7.3.1 Розрахунок вентиляції науково-дослідної лабораторії**

Вихідні данні:

Розміри приміщення:

довжина, м	6,0
ширина, м	3,5
висота, м	3,0
Кількість працівників	3
Кратність повітрообміну	8

В лабораторії передбачається припливно-витяжна вентиляція з механічним спонуканням.

Кількість повітря, що подається в приміщення лабораторії, визначається за формулою [27]:

$$W = K \cdot V, \quad (39)$$

де  $K$  – кратність повітрообміну, година<sup>-1</sup>;

$V$  – об'єм робочого приміщення, м<sup>3</sup>.

$$W = 8 \cdot 63 = 504 \text{ м}^3/\text{годину}.$$

Для видалення шкідливих виділень хімічні лабораторії обладнуються витяжними шафами. Кількість витяжних шаф (робочих місць) встановлюється залежно від штатного розкладу робітників лабораторії (з розрахунку на одного працівника одна шафа).

Кількість повітря, що видаляється від кожної витяжної шафи визначається за формулою [27]:

$$W_{\text{ш}} = F_{\text{ш}} \cdot v_{\text{ш}} \cdot 3600, \quad (40)$$

де  $F_{\text{ш}} = 0,6$  – площа робочого отвору витяжної шафи, м<sup>2</sup>;

$v_{\text{ш}} = 0,5$  – швидкість руху повітря, що видаляється через отвір витяжної шафи, м/с.

$$W_{\text{ш}} = 0,6 \cdot 0,5 \cdot 3600 = 1080 \text{ м}^3/\text{годину}.$$

Продуктивність вентилятора для витяжної шафи визначається за формулою [27]:

$$L = W_{\text{ш}} \cdot k, \quad (41)$$

де  $k = 1,15$  – коефіцієнт підсмоктування повітря через нещільності витяжної шафи.

$$L = 1080 \cdot 1,15 = 1242 \text{ м}^3/\text{годину}.$$

						Арк
					ДР.10.01.ПЗ	71
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

За розрахованими об'ємами повітря вибирається тип стандартного промислового вентилятору.

Вибирається вентилятор типа В-Ц4-70, що має наступні технічні характеристики:

Продуктивність	1300 м <sup>3</sup> /годину
Номер вентилятора	3,15
Напір	25 мм. вод. ст.
Частота обертання	1400 об/хв.
Тип електродвигуна	В63А4
Потужність	0,25 кВт
Кількість необхідних вентиляторів: 1 шт.	

### 7.3.2 Розрахунок опалення хімічної лабораторії

Опалювання приміщення лабораторії здійснюється від пункту тепlopостачання. В якості опалювальних пристроїв використовуються радіатори.

Розрахункова витрата тепла на опалювання приміщення лабораторії визначається за формулою [27]:

$$Q = q \cdot F \cdot (1 + K), \quad (42)$$

де  $q = 152$  – укрупнений показник максимальної витрати теплоти на опалювання 1 м<sup>2</sup> площі приміщення, Вт/м<sup>2</sup>;

$F = 21$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>;

$K = 0,34$  – коефіцієнт, який враховує витрату теплоти на опалювання.

Отже витрата теплоти на опалювання:

$$Q_0 = 152 \cdot 21 \cdot (1 + 0,34) = 4277 \text{ Вт}.$$

						Арк
						72
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.10.01.ПЗ	

Площа поверхні опалювальних приладів визначається за формулою [27]:

$$H = \frac{Q}{506}, \quad (43)$$

$$\dot{V} = \frac{4277}{506} = 8,45 \text{ м}^3/\text{с} \quad \text{або} \quad 8,45 \cdot 0,82 \approx 6,9 \text{ м}^2.$$

Екм – еквівалентний квадратний метр – площа поверхні нагріву приладу, що віддає 506 Вт теплоти при різниці середньої температури теплоносія і температури повітря в приміщенні, що дорівнює 64,5°C. 1Екм = 0,82 м<sup>2</sup>.

Вибирається радіатор типа РД-90С, у якого площа поверхні нагріву однієї секції 0,203м<sup>2</sup>, об'єм 5,45 м<sup>3</sup>, кількість секцій – 34 шт.

### 7.3.3 Розрахунок освітлення хімічної лабораторії

Приміщення лабораторії за зоровими умовами робіт відноситься до III (точні роботи) розряду в підрозряді.

#### 7.3.3.1 Розрахунок природного освітлення

Розрахунок природного освітлення зводиться до визначення кількості віконних отворів.

Сумарна площа віконних отворів приблизно розраховується, як добуток площі приміщення на світловий коефіцієнт приміщення та визначається за формулою [27]:

$$S_{\text{вік}} = \left( \frac{1}{5} \div \frac{1}{6} \right) \cdot S_i, \quad (44)$$

де  $S_{\text{вік}}$  – загальна площа віконних отворів, м<sup>2</sup>;

									Арк
									73
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

$S_{\text{п}}$  – площа виробничого приміщення, м<sup>2</sup>;

$1/6 \div 1/5$  – світловий коефіцієнт для приміщень хімічних виробництв.

$$S_{\text{авт}} = \frac{21}{6} = 4,2 \text{ м}^2.$$

Приймається віконний отвір розміром  $1,35 \times 1,5$  м. Отже, кількість віконних отворів, необхідних для нормального освітлення складає

$$\frac{4,2}{1,35 \cdot 1,5} \approx 2.$$

### 7.3.3.2 Розрахунок загального штучного освітлення

Для освітлення приміщення лабораторії вибирається світильник типу Лц<sub>0</sub> «Люцеттар» – світильник розсіяного світла.

Кількість рядів світильників у приміщенні лабораторії визначається за формулою [27]:

$$N_{\delta} = \frac{\hat{A}}{(\hat{l} - h_{\delta}) \cdot [L/h]}, \quad (45)$$

де  $B = 3,5$  – ширина приміщення, м;

$H = 3,0$  – висота приміщення, м;

$h_p = 0,8$  – висота робочої поверхні, м;

$[L/h] = 1,5$  – числове значення коефіцієнта світильника.

$$N_{\delta} = \frac{3,5}{(3,0 - 0,8) \cdot 1,5} \approx 1 \text{ ряд}.$$

Розрахункова висота підвісу світильників визначається за формулою [27]:

$$H_p = H - h_p - h_z, \quad (46)$$

									Арк
									74
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

де  $h_3 = 0,3$  – звисання світильника, м.

$$h_3 = 3,0 - 0,8 - 0,3 = 1,9 \text{ м.}$$

Для розрахунку штучного освітлення використовується метод світлового потоку, при цьому кількість світильників, необхідна для освітлення приміщення, розраховується за формулою [27]:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot K}{F \cdot U \cdot Z}, \quad (47)$$

- де  $E = 100$  – мінімально допустима освітленість робочих поверхонь, лк;  
 $S = 21$  – освітлювана площа, м<sup>2</sup>;  
 $F = 1710$  – світловий потік однієї лампи накаливання потужністю 150 Вт, лм;  
 $K = 1,3$  – коефіцієнт запасу для лампи накаливання в приміщеннях з малим виділенням забруднень;  
 $Z = 1,03$  поправочний коефіцієнт, що залежить від конструкції світильника, тип світильника –  $J_{ц}$ ;  
 $U = 0,25$  – коефіцієнт використання освітлювальної установки, який залежить від конструкції світильника, коефіцієнта відбиття стелі і стін, а також показника приміщення  $i = 4$ .

Кількість світильників складає:

$$n = \frac{100 \cdot 21 \cdot 1,3}{1710 \cdot 0,25 \cdot 1,03} \approx 6 \text{ \textcircled{0}}.$$

Схема розташування світильників зображена на рис. 7.1.

Загальна потужність електроосвітлювальної установки визнається за формулою [27]:

									Арк
									75
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

$$N = \frac{n \cdot W + (0,1 \div 0,2) \cdot n \cdot W}{1000}, \quad (48)$$

де  $n = 6$  – розрахункова кількість ламп, шт;

$W = 150$  – потужність однієї лампи, Вт.

$$N = \frac{6 \cdot 150 + 0,2 \cdot 6 \cdot 150}{1000} = 1,08 \text{ \AA} \text{ \AA}.$$

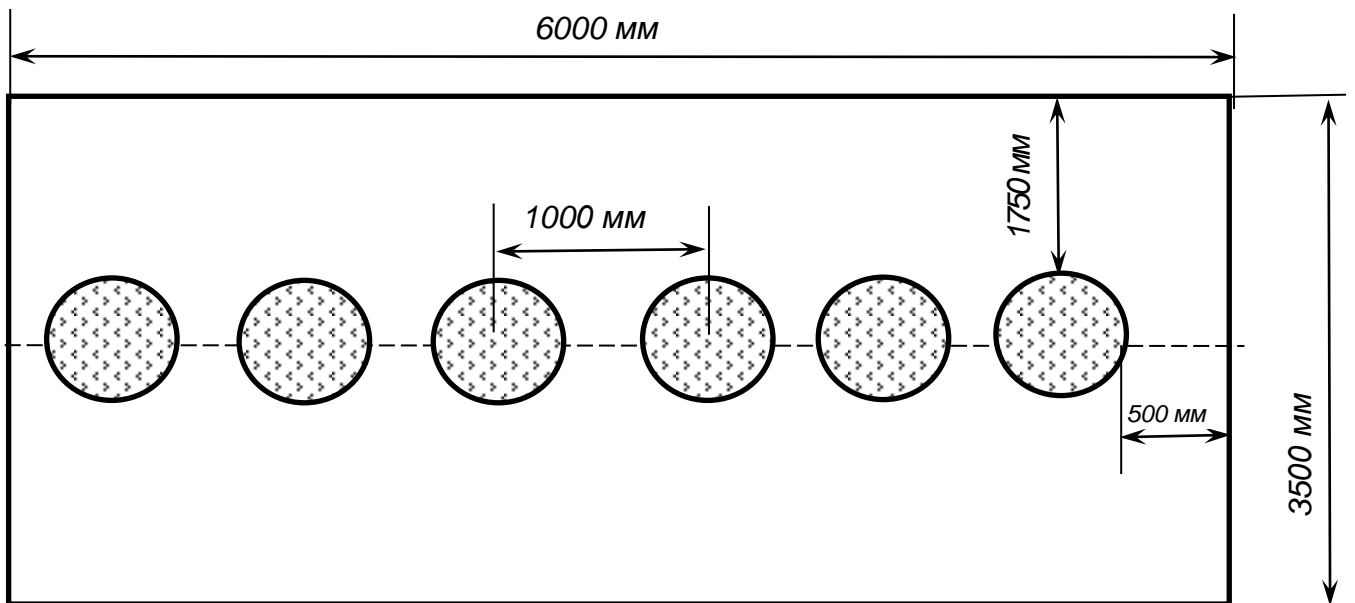


Рисунок 7.1 – Схема розміщення світильників

### 7.3.4. Розрахунок заземлення хімічної лабораторії

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

Загальний опір захисного заземлюючого пристрою визначається за формулою [27]:

$$R_{\zeta\zeta i} = \frac{R_{\zeta} \cdot R_{\tilde{n}i}}{R_{\tilde{n}i} \cdot n \cdot \eta_{\zeta} + R_{\zeta} \cdot \eta_{\tilde{n}i}}, \quad (49)$$

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата



- де  $R_3$  – опір заземлювача, в якості якого використовується металевий стрижень, Ом;
- $R_{см}$  – опір металевої смуги, що з'єднує заземлювачі, Ом;
- $n$  – кількість заземлювачів;
- $\eta_3 = 0,5$  – коефіцієнт екранування заземлювача;
- $\eta_{см} = 0,7$  – коефіцієнт екранування з'єднуючої смуги

Опір заземлювача визначається за формулою [27]:

$$R_{\zeta} = \frac{\rho}{2\pi \cdot \ell} \left( \ln \frac{2 \cdot \ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + \ell}{4 \cdot t - \ell} \right), \quad (50)$$

- де  $\rho = 100$  – питомий електричний опір суглинку, Ом·м;
- $\ell = 9$  – довжина заземлювача, м;
- $d = 0,01$  – діаметр заземлювача, м;
- $t = 4$  – відстань від середини розташованого в ґрунті заземлювача до рівня землі, м.

Опір смуги, що з'єднує заземлювачі, визначається за формулою [27]:

$$R_{\tilde{\eta}} = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t'}, \quad (51)$$

- де  $L = 19$  – довжина смуги, що з'єднує заземлювачі, м;
- $b = 0,03$  – ширина смуги, м;
- $t' = 0,5$  – відстань від верхнього кінця заземлювача до поверхні землі, м.

Кількість заземлювачів захисного заземлюючого пристрою визначається за формулою [27]:

						ДР.10.01.ПЗ	Арк 77
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

$$n = \frac{\Psi \cdot R_{\zeta}}{4 \cdot \eta_{\zeta}}, \quad (52)$$

- де  $\Psi = 2$  – коефіцієнт сезонності, який залежить від кліматичної зони території;
- $R_{\zeta}$  – опір заземлювача, Ом;
- 4 – припустимий загальний опір, Ом;
- $\eta_{\zeta} = 0,5$  – коефіцієнт екранування заземлювача.

$$R_{\zeta} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 9} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 9}{0,01} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 4 + 9}{4 \cdot 4 - 9} \right) = 14,4 \hat{\Omega};$$

$$n = \frac{2 \cdot 14,04}{4 \cdot 0,5} = 14 \text{ ø};$$

$$R_{\hat{\Omega}} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 19} \cdot \ln \frac{2 \cdot 19^2}{0,03 \cdot 0,5} = 8,95 \text{ Ом};$$

$$R_{\zeta\hat{\Omega}} = \frac{14,4 \cdot 8,95}{8,95 \cdot 14 \cdot 0,5 + 14,4 \cdot 0,7} = 1,77 \text{ Ом}.$$

Оскільки  $R_{\text{зп}} = 1,77 \leq 4 \text{ Ом}$ , то можна зробити висновок, що захисний заземлюючий пристрій зможе забезпечити електробезпеку лабораторії.

#### 7.4 Пожежна безпека

Правовою основою діяльності в галузі пожежної безпеки є Конституція, Закон України «Про пожежну безпеку», та інші закони України, постанови Верховної Ради України, укази та розпорядження Президента України, декрети, постанови та розпорядження Кабінету Міністрів України, рішення органів державної виконавчої влади, місцевого та регіонального

						Арк
						78
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

самоврядування, прийняті у межах їх компетенції. Забезпечуючи пожежну безпеку слід також керуватись Правилами пожежної безпеки в Україні, стандартами, будівельними нормами, Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), нормами технологічного проектування та іншими нормативними актами, виходячи із сфери їх дії, які регламентують вимоги пожежної безпеки.

Основним законодавчим документом, що регламентує вимоги щодо пожежної безпеки є Закон України «Про пожежну безпеку». Цей Закон визначає загальні правові, економічні та соціальні основи забезпечення пожежної безпеки на території України, регулює відносини державних органів, юридичних і фізичних осіб у цій галузі незалежно від виду їх діяльності та форм власності.

Пожежна профілактика – це комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на гарантування безпеки людей, запобігання пожежам, обмеження їх поширення, а також створення умов для успішного гасіння пожежі. У процесі розробки профілактичних заходів запобігання пожежам враховується протипожежний стан об'єкта, тобто кількість пожеж та збитки від них, число займань, а також травм, отруєнь і загиблих людей, рівень реалізації вимог пожежної безпеки, рівень боєготовності пожежних підрозділів, а також стан протипожежної агітації і пропаганди.

Пожежна безпека – стан об'єкта, за якого виключається можливість пожежі, а у випадку її виникнення унеможлиблюється дія на людей небезпечних факторів пожежі і забезпечується захист матеріальних цінностей. Одним із основних факторів забезпечення пожежної безпеки є пожежна профілактика. Забезпечення пожежної безпеки об'єкта передбачає створення системи попередження пожеж та протипожежного захисту. Велике значення при цьому мають організаційно-технічні заходи, які умовно можна поділити на:

- організаційні (організація пожежної охорони, навчань, інструктажів та ін.);

						Арк
						79
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.10.01.ПЗ	

- технічні (суворе дотримання правил і норм, визначених чинними нормативними документами, при реконструкції приміщень, технічному переоснащенні виробництва, експлуатації електромереж, опалення, освітлення та ін.);
- заходи режимного характеру (заборона паління та застосування відкритого вогню в недозволених місцях та ін.);
- експлуатаційні (своєчасне проведення профілактичних оглядів, ремонтів устаткування тощо) [28].

З метою запобігання виникненню пожеж, їх поширенню та для боротьби з ними робітники, інженерно-технічні працівники проходять інструктажі й навчання за спеціальними програмами.

Види протипожежних інструктажів:

- вступний;
- первинний;
- повторний;
- позаплановий.

Вступний інструктаж проходять усі робітники, інженерно-технічні працівники та службовці, які приймаються на роботу, допуском. Його проводить спеціальна особа, відповідальна за протипожежну безпеку підприємства, організації. При проведенні цього інструктажу працівників знайомлять з основними вимогами Закону України «Про пожежну безпеку», з установленим на підприємстві протипожежним режимом, з найбільше пожежонебезпечними ділянками, де забороняється палити, використовувати відкритий вогонь, з практичними діями у разі виникнення пожежі, з можливими причинами виникнення пожеж і вибухів та заходами щодо їх запобігання.

Первинний протипожежний інструктаж новоприйнятий робітник проходить на робочому місці перед початком роботи, а також при переміщенні з одного цеху до іншого, на іншу посаду, спеціальність або

									Арк
									80
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

виробничу операцію. Під час первинного інструктажу: знайомлять з пожежною безпекою цеху, ділянки, з правилами та інструкціями з пожежної безпеки; показують запасні виходи, оповіщувачі пожежної сигналізації, вогнегасники, засоби пожежогасіння; перевіряють практичні дії особи, яка інструктується на випадок пожежі.

Повторний інструктаж проводять безпосередньо в цеху двічі на рік у термін, встановлений керівником підприємства, згідно з програмою первинного інструктажу на робочому місці.

Позаплановий протипожежний інструктаж проводиться при зміні пожежної безпеки технологічного процесу, використанні нових пожежонебезпечних матеріалів, при самозайманні, загорянні та пожежах. Навчання правил пожежної безпеки робітників і службовців проводиться на виробництві раз на два роки з метою підвищення рівня їх знань. Перелік професій робітників та посад службовців, з якими мають проводитися заняття за протипожежною програмою, визначає головний інженер підприємства [25].

					ДР.10.01.ПЗ	Арк
						81
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Дана робота виконана для визначення величини очікуваного економічного ефекту в технології виробництва гранульованого амонізованого суперфосфату, від використання в якості сировини фільтрової рідини содового виробництва, замість рідкого технічного аміаку. Рідкий технічний аміак, який використовується в діючому виробництві, має високу вартість на відміну від фільтрової рідини, яка є відходом виробництва кальцинованої соди.

Величина економічного ефекту визначається шляхом зіставлення витрат на традиційному виробництві гранульованого амонізованого суперфосфату та виробництві з використанням у технології фільтрової рідини содового виробництва.

Проектна потужність виробництва 360 тис. т/рік. Виробництво складається з одної технологічної лінії.

Калькуляція діючого виробництва гранульованого амонізованого суперфосфату станом на 2020 р. приведена в табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Калькуляція діючого виробництва гранульованого амонізованого суперфосфату

Найменування статей витрат	Одиниця вимірювання	Витрати на одиницю продукції		
		кількість	ціна, грн.	сума, грн.
1	2	3	4	5
Сировина і основні матеріали, в т.ч.				
Сульфатна кислота (100%-ва)	кг	1880	2,2	4136,0
Апатитовий концентрат	кг	1060	2,4	2544,0
Рідкий технічний аміак	м <sup>3</sup>	0,2	1980,0	396,0
Разом сировина і основні матеріали	грн.			7076,0

					<i>ДР.10.01.ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>	<i>Тафійчук</i>				<i>Лім.</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Золотарьова</i>					82	94
<i>Консультант</i>					<i>СНУ ім. В. Даля</i>		
<i>Н.Контроль</i>					<i>каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Зав. каф.</i>	<i>Суворін О.В.</i>						

Продовження табл. 8.1

1	2	3	4	5
Електроенергія	кВт/година	77	1,502	115,65
Вода	м <sup>3</sup>	6,8	4,64	31,55
Природний газ	м <sup>3</sup>	9,0	4,8	43,20
Повітря	м <sup>3</sup>	407	0,16	65,12
Пара	Гкал	5,4	268,8	1451,52
Разом енерговитрати	грн.			1707,04
Зарплата основна з нарахуваннями	грн.			8,83
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування (ВУЕУ)	грн.			109,68
в т.ч. амортизація				43,87
Загальновиробничі витрати	грн.			26,58
Інші				34,67
Повна собівартість	грн.			8962,8

При впровадженні проектованих заходів здійснюються одноразові витрати на придбання, транспортування і монтаж необхідного устаткування.

Кошторисна вартість впроваджуваного устаткування з урахуванням додаткових витрат на транспортування і монтаж представлена в табл. 8.2.

Таблиця 8.2 – Кошторисна вартість впроваджуваного устаткування з урахуванням додаткових витрат

Найменування устаткування	Прейскурантна вартість, грн.	Додаткові витрати, грн.		Всього кошторисна вартість, грн.
		транспортні витрати	монтаж і установка	
Бак для зберігання фільтрової рідини	98000	2940	17640	118580
Відцентровий насос	95000	2850	17100	114950
Усього вартість устаткування	193000	5790	34740	233530

Індекс зміни річних витрат за статтею «Витрати на утримання та експлуатацію устаткування» може бути прийнятий рівним індексу зміни вартості устаткування підприємства при впровадженні заходів, що проектуються ( $I^{\hat{A}_{\text{оїн}}}$ ):

$${}_2^{\hat{A}_{\text{оїо}}} \approx {}_2^{\hat{A}_{\text{оїн}}} = \frac{\hat{A}_{\text{оїн}1}}{\hat{A}_{\text{оїн}0}} = \frac{\hat{A}_{\text{оїн}0} + \Delta\hat{A}_{\text{оїн}}}{\hat{A}_{\text{оїн}0}}, \quad (53)$$

де  $\hat{A}_{\text{оїн}0}$ ,  $\hat{A}_{\text{оїн}1}$  – вартість устаткування підприємства (підрозділу) до і після впровадження заходів проекту відповідно;

$\Delta\hat{A}_{\text{оїн}}$  – витрати на придбання впровадженого устаткування, млн. грн.

$${}_2^{\hat{A}_{\text{оїо}}} = \frac{99,453 + 0,23353}{99,453} = 1,0023.$$

Розрахунок зміни собівартості добрива проводиться за калькуляційними статтями з урахуванням їх питомої ваги в загальній собівартості продукції.

Зміна повної собівартості за статтею «Сировина і матеріали» за рахунок виключення з технології рідкого технічного аміаку:

$$\Delta\tilde{N} = -100 \cdot \frac{396,0}{8962,8} = -4,42\%.$$

Зміна повній собівартості за статтею «ВУЕУ»:

$$\Delta\tilde{n}_{\hat{A}_{\text{оїо}}} = 100 \cdot \left( \frac{I^{\text{сб}}}{I^{\text{Q}}} - 1 \right) \cdot d_{\text{пб}} \cdot d_{\text{аі}}, \quad (54)$$

де  $d_{\text{ст}}$  – питома вага статті «ВУЕУ» у собівартості продукції;

$$\Delta\tilde{N} = 100 \cdot \left( \frac{1,0023}{1} - 1 \right) \cdot 0,0122 \cdot 0,4 = 0,001\%.$$

						Арк
						84
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



Зміна повній собівартості за статтею «Загальновиробничі витрати» за рахунок збільшення транспортних витрат:

$$\Delta \tilde{N}_{\text{саа.аєдйа}} = 100 \cdot \left( \frac{I_{\text{сб}}}{I_Q} - 1 \right) \cdot d_{\text{пб}}, \quad (55)$$

де  $d_{\text{ст}}$  – питома вага статті «Загальновиробничі витрати» у собівартості продукції.

$$\Delta \tilde{N} = 100 \cdot \left( \frac{1,9}{1} - 1 \right) \cdot 0,003 = 0,27\%.$$

Згідно розрахунків отримані результати приведені в табл. 8.3.

Таблиця 8.3 – Зміна собівартості продукції

Статті витрат	Витрати на діючому виробництво		Зміна витрат		Витрати на виробництві за пропонуваною технологією
	грн./т	питома вага, $d_{\text{ст}}$	%	грн.	грн./т
Сировина і матеріали	7076,0	0,789	-4,42	-396,0	6680,0
Енерговитрати	1707,04	0,19	-	-	1707,04
Зарплата основна з нарахуваннями	8,83	0,001	-	-	8,83
ВУЕУ	109,68	0,0122	+0,001	+0,1	109,78
Загальновиробничі витрати	26,58	0,003	0,27	+23,46	50,04
Інші витрати	34,67	0,004	-	-	34,67
Усього	8962,8	1,0	-4,15	-372,44	8590,36

Запропоновані заходи призводять до зниження собівартості продукції у вартісному виразі на 372,44 грн. за 1 тону гранульованого амонізованого суперфосфату.

Далі розраховуються основні техніко-економічні показники діючого виробництва та виробництв за пропонуваною технологією.

Річний обсяг виробництва у вартісному виразі розраховується за формулою:

$$Q^{\hat{a}} = Q \cdot \ddot{O}, \quad (56)$$

де  $\ddot{O}$  – ціна однієї тонни гранульованого амонізованого суперфосфату,

$$\ddot{O}_0 = \ddot{O}_1 = 10050 \text{ грн.}$$

$$Q_0^{\hat{a}} = Q_1^{\hat{a}} = 360000 \cdot 10050 = 3618000 \text{ ðñ.ãäí.}$$

Прибуток на одиницю продукції розраховується за формулою:

$$\ddot{I} = \ddot{O} - \tilde{N}, \quad (57)$$

$$\ddot{I}_0 = 10050 - 8962,8 = 1087,2 \text{ грн./т;}$$

$$\ddot{I}_1 = 10050 - 8590,36 = 1459,64 \text{ грн./т.}$$

Продуктивність праці основних робітників розраховується за формулою:

$$\ddot{I}^i = \frac{Q}{N}, \quad (58)$$

де  $N = 54$  – чисельність основних робітників, осіб.

$$\ddot{I}_0^i = \ddot{I}_1^i = \frac{360000}{54} = 6666,67 \text{ ð/ññ.}$$

Річний економічний ефект від зниження собівартості визначається за формулою:

$$\dot{A}_{\delta} = \Delta \tilde{N} \cdot Q_1, \quad (59)$$

де  $\Delta C$  – зміна собівартості одиниці продукції,  $\Delta C = -372,44$  грн./т;

$Q_1$  – річна виробнича потужність підприємства,  $Q_1 = 360000$  т/рік.

$$\dot{A}_{\delta} = -372,44 \cdot 360000 = -134078,4 \text{ тис. грн.}$$

Результати розрахунків зведено в табл. 8.4.

									Арк
									86
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.10.01.ПЗ				

Таблиця 8.4 – Основні техніко-економічні показники

Показники	Одиниці вимірювання	Діюче виробництво	Виробництво за пропонованою технологією	Зміна показників, %
1. Річний обсяг виробництва продукції:				
у натуральному вигляді	тис. т	360,0	360,0	–
у вартісному вигляді	млн. грн.	3618,0	3618,0	–
2. Собівартість одиниці продукції	грн./т	8962,8	8590,36	- 4,15
3. Прибуток на одиницю виробленої продукції	грн./т	1087,2	1459,64	34,3
4. Вартість основних виробничих фондів	тис. грн.	165755,0	165988,53	0,14
5. Чисельність основних робітників	осіб	54	54	–
6. Продуктивність праці основних робітників	т/люд.	6666,67	6666,67	–
7. Річний економічний ефект від зниження собівартості	тис. грн.	–	-134078,4	–

## ВИСНОВКИ

При виконанні дипломної роботи на тему «Дослідження можливості застосування фільтрової рідини виробництва кальцинованої соди в виробництві амонізованого суперфосфату» зроблені наступні висновки:

1. Існуючі способи переробки фільтрової рідини не дозволяють повністю ліквідувати рідкі відходи содового виробництва, оскільки вимагають дорогої апаратури через сильно агресивні середовища та утворюють відходи іншого складу та ін.

2. Карбонат і гідрокарбонат амонію та натрію, сульфід натрію, що входять до складу фільтрової рідини, можуть замінити аміак, який використовується для нейтралізації вільної кислотності простого суперфосфату.

3. Досліджена можливість одержання подвійного добрива (NP) обробкою простого суперфосфату фільтровою рідиною содового виробництва.

За результатами дослідження встановлено наступне:

- при збільшенні співвідношення фільтрової рідини (в об'ємних одиницях) на 1 вагову частину простого суперфосфату в інтервалі від 0,1 до 0,5 значення рН амонізованого суперфосфату підвищилося від 2,5 до 2,84, що відповідає утворенню  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ; при цьому вміст вільного  $\text{P}_2\text{O}_5$  зменшується з 6,1%мас. (в вихідному суперфосфаті) до 0,23%мас. при 0,4 об'ємних частинах фільтрової рідини на 1 вагову частину суперфосфату і до 0% при 0,5 об'ємних частинах фільтрової рідини на 1 вагову частину суперфосфату;
- вихід продукту збільшується при співвідношенні 1 вагова частина суперфосфату на 1 об'ємну частину фільтрової рідини на 43%; при співвідношенні 1 : 2 на 61%, при співвідношенні 1 : 3 в 2 рази;
- співвідношення  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{водн.}} / \text{P}_2\text{O}_{5\text{заг.}}$  не знизилося нижче 0,86, а  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{водн.}} / \text{P}_2\text{O}_{5\text{засв.}}$  склало 0,924 при 0,941 в вихідному суперфосфаті;

<i>ДР.10.01.ПЗ</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розробив</i>		<i>Тафійчук</i>		
<i>Керівник</i>		<i>Золотарьова</i>		
<i>Консультант</i>				
<i>Н.Контроль</i>				
<i>Зав. каф.</i>		<i>Суворін О.В.</i>		
<i>Висновки</i>			<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>
			88	94
<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-193м</i>				

- співвідношення  $P_2O_{5засв.} / P_2O_{5заг.}$  при 10-30% фільтрової рідини знаходилося на тому ж рівні, що і вихідному суперфосфаті (0,953-0,954) і лише при 50% фільтрової рідини знизилося до 0,932 при теоретично очікуваному 0,953;
- сума поживних речовин до співвідношення фільтрова рідина: суперфосфат 1 : 1, досягаючи більше 22%мас. в перерахунку на суху речовину, практично залишається постійною.

4. Отримані експериментальні дані підтверджують можливість суміщення двох крупнотоннажних виробництв – содового та суперфосфатного. В такому органічному зв'язку відхід одного виробництва (фільтрова рідина содового виробництва) може стати сировиною (нейтралізатором, амонізатором) іншого (суперфосфатного). Запропонована технологія дасть можливість одержувати подвійне (азотно-фосфорне) добриво.

5. Доцільність впровадження запропонованої технології в виробництво доведена техніко-економічними розрахунками: річний економічний ефект від зниження собівартості гранульованого амонізованого суперфосфату складатиме 134078,4 тис. грн.

					ПД.10.01.ПЗ	Арк
						89
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шокин И. Н. Технология соды: учеб. пособ. / И. Н. Шокин., С. А. Крашенинников. – М. : Химия, 1975. – 288 с.
2. Зайцев И. Д. Производство соды / И. Д. Зайцев, Г. А. Ткач, Н. Д. Стоев. – М. : Химия, 1986. – 312 с.
3. Крашенинников С. А. Технология соды: учеб. пособ./ С. А. Крашенинников. – М. : Химия, 1988. – 304 с.
4. Позин М. Е. Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот). Ч.2. / М. Е. Позин. – Л.: Химия, 1974. – 768 с.
5. Посторонко А. И. Физико-химическое исследование по переработке отходов содовой промышленности в минеральные удобрения и наполнители : дис. ... канд. хим. наук : 05.17.01 : Посторонко Анатолий Иванович ; Укр. сельхоз. акад. – Киев, 1986. – 189 с.
6. А. с. 30269 СССР, класс 12к, 7. Способ получения хлористого аммония при амиачно-содовом производстве / Терашкевич В. Н. (СССР). – 608746; заявл. 22.12.29 ; опубл. 31.05.33, Бюл. № 9. – 3с.
7. А. с. 66247 СССР, класс 12к, 7. Способ получения нашатыря / Микулин Г. И. (СССР). – 335826; заявл. 08.12.44 ; опубл. 31.05.46, Бюл. № 9. – 2 с.
8. А. с. 454169 СССР, МКИ С01С1/16. Способ получения кристаллического хлористого аммония / Лебеденко Ю. П., Кобрисев М. И., Фотченко В. И., Брысина В. С., Рунов М. И. (СССР). – № 1843785/23-26; заявл. 31.10.72 ; опубл. 25.12.74, Бюл. № 47. – 2 с.
9. Пат. 2495824 Российская Федерация, МПК С01С 1/16, С01С 1/28. Способ получения хлористого аммония / Мухаметов А.А., Мустафин А.Г., Воронин А.В., Салыков Н.Б., Мухаметов А.А. ; заявитель и

					<i>ДР.10.01.ПЗ</i>					
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Література</i>					
<i>Розробив</i>	<i>Тафійчук</i>							<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник.</i>	<i>Золотарьова</i>								92	94
<i>Консультант</i>								<i>СНУ ім. В. Даля каф. ХІЕ, гр.ТНР-19зм</i>		
<i>Н.Контроль</i>										
<i>Зав. каф.</i>	<i>Суворін О.В.</i>									

- патентообладатель Мустафин Ахат Газизьянович. – № 2012101375/5; заявл. 13.01.12 ; опубл. 20.07.13, Бюл. № 29. – 3 с.
10. А. с. 165428 СССР, МКИ С01F 5/02. Способ получения окси магния / Михайлов Ф. К., Стригунов Ф. И. (СССР). – № 877065/23-4; заявл. 18.01.64 ; опубл. 12.10.64, Бюл. № 19. – 2с.
11. А. с. 151311 СССР, МКИ С01В33/023. Способ получения «Белой сажи» / Зеликин М.Б., Вишневецкий А.Н. (СССР). – № 693186/23-4; заявл. 13.01.61 ; опубл. 12.11.62, Бюл. № 21. – 1 с.
12. Патент DE 1077194, С01В 7/05. Verfahren zur herstellung von chlor» (Спосіб одержання хлору) / А. Bohr, Н. Bohr, Н. Fincke, 10.03.60.
13. Эвенчик С. Д. Технология фосфорных и комплексных удобрений: учеб. пособие / С. Л. Эвенчик, А. А. Бродский. – М.: Химия, 1987. – 464 с.
14. Позин М. Е. Физико-химические основы неорганической технологии: учеб. пособие / М. Е. Позин, Р. Ю. Зинюк. – Л.: Химия, 1985. – 384 с.
15. Крешков А. П. Основы аналитической химии. Теоретические основы : Количественный анализ. Т. 23: учеб. пособие / А. П. Крешков. – М.: Химия, 1971. – 456с.
16. ГОСТ 30181.9-94. Удобрения минеральные. Метод определения массовой доли общего азота в сложных удобрениях. – Введ. 1994-07-01. – Москва : 1994. – 9с.
17. ГОСТ 20851.2-75. Удобрения минеральные. Методы определения фосфатов. – Введ. 1976-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1976. – 37 с.
18. Краткий справочник физико-химических величин / А. А. Равдель. – Л.: Химия, 1974. – 200 с.
19. Машины и аппараты химической промышленности: учеб. пособие / И. И. Чернобыльский, А. Г. Бондарь, Б. А. Гаевский, В. И. Гнатовский [и др.]; под ред. И. И. Чернобыльского. – М.: Машиностроение, 1977. – 521 с.

					ДР.10.01.ПЗ	Лист
						93
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Расчет цилиндрических обечаек стальных сварных сосудов и аппаратов для студентов специальности 7.090220 : методические указания / сост. А. И. Барвин, И. М. Генкина, В. В. Иванченко. – Северодонецк : СТИ, 2002. – 83 с.
21. Рябець К. А. Екологічне право України: підручник / К. А. Рябець. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 438 с.
22. Жидецький В. І. Основи охорони праці: навч. посіб. / В. І. Жидецький. – Львів.: Афіша, 2000. – 348 с.
23. Филатов В. А. Вредные вещества: справочник / В. А. Филатов. – Л. : Химия, 1989. – 392 с.
24. Рябов И. В. Пожарная опасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности: справочник / И. В. Рябов. – М.: Химия, 1970. – 336 с.
25. Грибан В. Г. Охорона праці: навч. посіб. / В. Г. Грибан, О. В. Негодченко. – К.: Центр учбової літератури, 2011. – 280 с.
26. Атаманчук П. С. Охорона праці в галузі : навч. посіб. / П. С. Атаманчук, В. В. Мендерецький, О. П. Панчук. – К.: «Центр учбової літератури», 2017. – 322 с.
27. Методичні вказівки до виконання і оформлення дипломної роботи для здобувачів вищої освіти за освітнім ступенем магістр спеціальності «Хімічні технології та інженерія» денної та заочної форм навчання / уклад. О. В. Суворін, І. В. Кравченко, М. А. Ожередова, Т. Е. Римар. – Северодонецьк : СНУ ім. В. Даля, 2018. – 113 с.
28. Винокуров Л. Е. Основи охорони праці: підруч. / Л. Е. Винокуров, М. В. Васильчук, М. В. Гаман. – К.: Вікторія, 2001. – 192 с.