

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

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

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

«__» червня 2025 р.

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

«__» червня 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Хімічна технологія
на тему: Удосконалення технології виробництва сульфату алюмінію

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

МОШАК Надія Анатоліївна
(ПРІЗВИЩЕ, Ім'я та По батькові повністю) (підпис)

Керівник БОЙЧУК Тетяна Михайлівна
(ПРІЗВИЩЕ, Ім'я та По батькові повністю) (підпис)

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

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Рецензент Ірина СТОЛЯРЧУК
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Я як здобувачка Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавала і не одержувала недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових
добавок та косметичних засобів

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Хімічна технологія

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГЖХТ

Тамара НОСЕНКО

“ ” 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Мошак Надія Анатоліївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології виробництва сульфату
алюмінію

керівник роботи Бойчук Тетяна Михайлівна, к.х.н., доц.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «7» квітня 2025 року № 212 -
КС

2. Строк подання здобувачем роботи 03.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи продуктивність 1000 кг/добу харчової добавки

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

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

5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1. Принципова-технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 2. Апаратурно-технологічна схема, формат аркушу А1

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічна частина	Житнецький І.В. к.т.н., доцент кафедри МАХтаФВ	20.05.2025	28.05.2025

7. Дата видачі завдання _____ 01 травня 2025 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП	05.05.2025	
2	РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	06.05.2025-11.05.2025	
3	РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	12.05.2025-25.05.2025	
4	РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	26.05.2025-27.05.2025	
5	РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ ТА КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	28.05.2025-29.05.2025	
6	РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	30.05.2025-31.05.2025	
7	ВИСНОВКИ	01.06.2025-02.06.2025	
8	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	15.05.2025-25.05.2025	
9	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. ПРИНЦИПОВА-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	12.05.2025-18.05.2025	
10	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	19.05.2025-25.05.2025	
11	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД АПАРАТУ	20.05.2025-28.05.2025	
12	ПЕРЕДЗАХИСТ, ПЕРЕВІРКА НА АКАДЕМПЛАГІАТ, РЕЦЕНЗУВАННЯ КР	03.06.2025-10.06.2025	

Здобувач _____
(підпис)

Надія МОШАК _____
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи _____
(підпис)

Тетяна БОЙЧУК _____
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Мошак Н.А. Удосконалення технології виробництва скльфату алюмінію продуктивністю 1000 кг/добу.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА: ЗМІСТ, ВСТУП, 5 РОЗДІЛІВ, СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ І ВИСНОВКИ. РОБОТА МІСТИТЬ 82 СТОР., 6 РИС., 21 ТАБЛ., 35 ДЖЕРЕЛ., 3 АРКУШІ ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ.

У кваліфікаційній роботі проведено літературний аналіз та узагальнення інформації про технологію отримання сульфат алюмінію Е 520.

Описано основні та додаткові сировинні матеріали для виробництва алюміній сульфату.

Вивчено технологію виробництва сульфату алюмінію та на базі отриманих даних розроблено принципову і апаратурно-технологічну схему одержання.

Проведений детальний опис розроблених схем.

Підібрано основне технологічне обладнання відповідно до виробничої лінії.

Проведено розрахунок матеріального балансу хіміко-технологічного процесу, а також надано техніко-економічне обґрунтування запропонованого способу виробництва.

Запропоновано метод удосконалення технології виробництва цільового продукту Е 520.

В результаті впровадження покращення вдалося підвищити рентабельність виробництва до 13,5%.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АЛЮМІНІЙ СУЛЬФАТ, ХАРЧОВА ДОБАВКА, ФАРМАЦІЯ, СУЛЬФАТНА КИСЛОТА, СЕПАРАТОР, КОАГУЛЯНТ, КАОЛІНИ, ПОКРАЩЕНА ТЕХНОЛОГІЯ.

ABSTRACT

Moshak N.A. Improvement of aluminium sulphate production technology with a capacity of 1000 kg/day.

EXPLANATORY NOTE: CONTENTS, INTRODUCTION, 5 CHAPTERS, LIST OF REFERENCES AND CONCLUSIONS. THE WORK CONTAINS 82 PAGES, 6 FIGURES, 21 TABLES, 35 SOURCES, 3 SHEETS OF GRAPHICAL MATERIAL.

The thesis provides a literature review and summarises information on the technology for producing aluminium sulphate E 520.

It describes the main and additional raw materials for the production of aluminium sulphate.

The technology for producing aluminium sulphate is studied, and based on the data obtained, a basic and instrumental-technological scheme for obtaining it is developed.

A detailed description of the developed schemes is provided.

The main technological equipment is selected in accordance with the production line.

The material balance of the chemical and technological process has been calculated, and a technical and economic justification for the proposed production method has been provided.

A method for improving the technology for the production of the target product E 520 has been proposed.

As a result of the implementation of the improvements, it was possible to increase the profitability of production to 13.5%.

KEYWORDS: ALUMINIUM SULPHATE, FOOD ADDITIVE, PHARMACY, SULPHURIC ACID, SEPARATOR, COAGULANT, KAOLINS, IMPROVED TECHNOLOGY.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ I АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1 Сульфат алюмінію – особливості та спектр використання в харчовій промисловості.....	9
1.2 Алюміній сульфат його застосування та властивості у фармацевтиці	12
1.3 Токсикологія та дія на організм людини	14
1.4 Алюміній сульфат як активний коагулянт для очищення вод	17
1.5 Фізико-хімічні властивості.....	19
1.6 Існуючі способи одержання	21
1.7 Вибір та обґрунтування технології виробництва та її покращення.....	24
РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	26
2.1 Сировина для виробництва алюміній сульфату.....	26
2.2 Стандарти на сировину та готову продукцію	29
2.3 Принципово технологічна схема	31
2.4 Матеріальний баланс технології отримання алюміній сульфату.....	36
2.5 Тепловий баланс стадії випарювання плаву алюміній сульфату.....	47
2.6 Підбір основного технологічного обладнання.....	51
2.7 Апаратурно-технологічна схема виробництва.....	54
2.8 Розрахунок хімічного реактору	56
РОЗДІЛ III ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	60
РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ.....	64
РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.....	69
5.1 Охорона праці	69
5.2 Екологічна частина	72
ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	78

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Бойчук Т.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Мошак Н.А.	Назва, додаткова назва ЗМІСТ	ННІХТ.ХТ-4-14.025.161.006.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 01.05.2025	Мова ua	Аркуші 6/82

ВСТУП

Харчова добавка E520 являє собою сіль білого, сірого, синюватого або рожевого кольору. Він має форму кристалогідрату, кристалів або кристалічного порошку без певного кольору. Ця речовина має виражений запах. Доповнення солодкого смаку, гігроскопічний. Зі збільшенням температури він починає втрачати воду, а не плавитися. Сульфат алюмінію добре розчинний у воді, нерозчинний у етанолі. При температурі, більш 770°C починає розкладатися на Al_2O_3 і SO_3 . E520 алюмінієвий сульфат отримують при обробці глини, що містить каолінит, алуніту сірчану кислоту, боксит.

Сульфат алюмінію є неорганічною сполукою, яка широко використовується у водоочисних технологіях, текстильній промисловості, паперовому виробництві та фармацевтиці. Його промислове виробництво здійснюється великими хімічними підприємствами в усьому світі. Основними виробниками є компанії з розвинутою хімічною індустрією, зокрема *Kemira* (Фінляндія), *General Chemical* (США), *USALCO* (США), *GEO Specialty Chemicals* (США), а також низка підприємств у Китаї, Індії та країнах Європи. У країнах пострадянського простору сульфат алюмінію випускається підприємствами, що спеціалізуються на виробництві неорганічних солей, зокрема в Україні – такими як ПрАТ "Суміхімпром", ТОВ "Альхім", ПХЗ "Коагулянт".

Предметом дослідження є сульфат алюмінію.

Об'єктом дослідження є технологія виробництва сульфату алюмінію.

Метою роботи було: на основі проаналізованої літератури запропонувати удосконалення технології виробництва алюміній сульфату.

ідповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Бойчук Т.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Мошак Н.А.	Назва, додаткова назва ВСТУП	ННІХТ.ХТ-4-14.025.161.007.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 01.05.2025	Мова ua	Аркуш 7/82

Актуальність теми обумовлена широким спектром використання алюміній сульфату E-520, вивченням його технологій та пошуках їх вдосконалення, що дозволяє не лише підвищити якість кінцевої продукції, а й сприяти розвитку екологічно безпечних технологій виробництва та використання.

Згідно з окресленою метою, визначено такі ключові завдання:

1. Підібрати та проаналізувати літературні джерела щодо промислового виробництва сульфату алюмінію.
2. Аналіз можливих методів отримання алюміній сульфату та вибір найбільш доцільного способу його отримання, за даною технологією скласти принципово технологічну схему.
3. Ввести удосконалення технології виробництва харчової добавки.
4. У відповідності до принципово-технологічної схеми розрахувати матеріальний баланс до кожної стадії з заданою продуктивністю.
5. Розрахувати техніко-економічні показники, такі як: рентабельність підприємства, собівартість продукції.
6. Підібрати відповідне обладнання та розробити апаратурно-технологічну схему виробництва.
7. Визначити небезпечні фактори на виробництві для персоналу, шкоду для навколишнього середовища та запропонувати заходи їх усунення.

Апробація результатів. Результати роботи було представлено на 91 Міжнародній науковій конференції молодих учених, студентів та аспірантів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті". Мошак Н.А., Бойчук Т.М. *Сульфат алюмінію E520: характеристика та сфери використання*, – 7 квітня 2025 р. Київ: НУХТ. – Ч. 2. с. 313.

РОЗДІЛ І АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Сульфат алюмінію – особливості та спектр використання в харчовій промисловості

Харчова добавка – це природня або синтетична речовина, що застосовується у харчовій промисловості для покращення якостей готового продукту. Це можуть бути такі добавки як: барвники, підсолоджувачі, емульгатори, ароматизатори, антиоксиданти, одним словом речовини, що впливають на органолептичні властивості продукту (колір, смак, запах, консистенція і тому подібне), при цьому не маючи та не чинячи біологічну дію, як наприклад БАДи [5].

Мета і причини для застосування харчових добавок:

- Надання продуктам привабливого товарного вигляду;
- Збереження позитивних та поживних властивостей після обробки продукту;
- Для кращого та легшого перебігу обробки сировини для виробництва продукції;
- Збільшення терміну зберігання харчового продукту;
- Збільшення стійкості продукту до різних видів псування;
- Зменшення вартості вихідної сировини, та скорочення часу виробництва.

Усі харчові добавки класифікують згідно за класифікацією «Codex Alimentarius».

Харчові добавки не мають маскувати використання неналежної або зіпсованої сировини під час виробництва, не повинні приховувати порушення технологічної дисципліни та ведення процесу в антисанітарних вимогах [2].

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Бойчук Т.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Мошак Н.А.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ І АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО- ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	ННІХТ.ХТ-4-14.025.161.009.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 01.05.2025	Мова ua	Аркуш 9/82

Безпечність харчових добавок забезпечується шляхом організації обов'язкових досліджень, до того моменту як JECFA або SCF будуть проводити оцінку нової харчової добавки, і вже після, можливо, включать її в список дозволених харчових добавок. Окрім цього періодично повинен проводитися огляд та оновлення інформації про харчові добавки, у зв'язку з впровадженням новітніх технологій виробництва та методів контролю якості [2].

Буває що для вирішення одних і тих же технологічних потреб можуть бути використані різні харчові добавки, що характеризуються різними біологічними діями, метаболізмами, фізичними та хімічними властивостями.

Державні Санітарні Правила забезпечують використання кожної добавки, за таких умов щоб ця добавка не становила загрозу здоров'ю споживача та не викликала будь якого небажаного негативного ефекту [2,4].

Сульфат алюмінію це сіль металевого алюмінію та кислотного залишку.

У харчовій промисловості він виступає у ролі таких речовин:

1. Стабілізатор – допомагає зберігати та підтримувати бажану структуру та консистенцію продукту.

Харчовий стабілізатор – це речовина, що забезпечує стійкість речовин, що приймають участь у процесі, наприклад, не даючи їм змішуватися між собою, якщо це потрібно. Це покращує зовнішній вигляд продукту та сприяє його тривалому збереженню. Стабілізатори дозволяють зберігати однорідність сумішей з одного або більше компонентів, які не змішуються між собою. Функціональна дія стабілізаторів знаходиться між емульгаторами та загущувачами, оскільки ефект стабілізації може бути досягнутий внаслідок адсорбції їх молекул на межі поділу фаз і збільшення в'язкості дисперсійного середовища. Від емульгаторів їх відрізняє менша поверхнева активність яка зумовлена хімічною будовою їх молекул [2,4].

Ущільнювачі - речовини, що ущільнюють рослинні або тваринні тканини. В більшості застосовуються головним чином в консервуванні, коли необхідно надати тканинам стійкість до різних технологічних режимів переробки (заморожування, сушка, пастеризація, стерилізація і ін.).

2. Коагулянт – сприяє згортанню білків, що активно використовується у виробництві сиру та очисці води.

Коагулянти – неорганічні солі заліза, магнію, алюмінію, кальцію, титану і ін. При додаванні в воду вони гідролізують з утворенням гідроксидів або гідроксильних форм, наприклад: розчинні хлориди та сульфати в воді перетворюються в нерозчинні частинки гідроксидів:



Поверхневий заряд частинок має протилежний заряд до заряду домішок, тому вони притягуються один до одного, в результаті чого склеюються і осідають на дно. Додатково використовують флоакулянти – полімери органічного і неорганічного походження. Завдяки наявності ланцюга, що огортає утворені конглометри, вони стають щільнішими що приводить до утворення осаду, який містить меншу кількість води. Коагулянти – неорганічні солі що здатні гідролізувати у воді з утворенням дрібних частинок. Всі вони схильні частково розчинятися у воді, що може бути ймовірним чинником проникання у воду невеликих концентрацій речовин коагулянтів [2,4,11].

Солі алюмінію є найпоширенішими коагулянтами, та ідеально підходять для очищення вод з високими вмістами природніх органічних речовин. Інтервал рН за якого працює коагулянт алюміній сульфату 4-8 одиниць. В якості коагулянтів використовують сульфат, хлорид, гідрохлорид алюмінію і також його галуни [14,24].

Хоч вони і мають ряд технічних переваг, поряд з цим є і недоліки їх використання, ось наприклад: використання алюміній сульфату для очищення оборотних стічних вод в системах зворотного водопостачання призводить до закупорювання обладання гіпсом, що утворюється через велику кількість сульфат-йонів; хлорне залізо є агресивним у корозійному відношенні, що призводить до втрат металу з трубопроводів [8,24].

Тому актуальним питанням є шляхи синтезу ефективних коагулянтів, що будуть відповідати технічним вимогам технології водопідготовки. Самим багатотонажним з неорганічних коагулянтів є сульфат алюмінію - застосовується

для очистки питних та стічних вод, є зручним у використанні та відносно недорогим.

3. Регулятор кислотності – підтримує потрібний рівень рН у харчових продуктах.

Харчові кислоти виконують різні функції, пов'язані з якістю харчових об'єктів. Вони беруть участь у формуванні смаку і аромату, які є основними показниками якості. Впливають на колоїдну стабільність полідисперсної системи (колоїдний стан білків молока чи комплексу білково-дубильних з'єднань у пиві). Роблять харчову систему більш термічно стабільною, та біологічно стійкою. Та створюють умови для росту корисної мікрофлори і її вплив на процеси дозрівання [2].

4. Розпушувач (компонент пекарського порошку) – при взаємодії з бікарбонатом натрію створює вуглекислий газ, який допомагає тісту підніматися.

Приклади застосування:

1). Сульфат алюмінію зберігає зовнішній вигляд риби, риб'ячих нутроців та морепродуктів. Завдяки добавці зберігається колір та форма продукту, навіть після багаторазового заморожування, продукти стають стійкими до механічних пошкоджень, що є корисним при транспортуванні чи при обробці продуктів, зазвичай використовують для дорогої риби (тунець, лосось).

2). Запобігає руйнуванню волокон під час обробки овочів і фруктів. Завдяки алюміній сульфату на поверхні продукту утворюється тонкий захисний шар, який захищає його від механічного впливу та патогенної мікрофлори.

3). У фруктових десертах утворює глазур, наприклад – цукати з журавлини.

4). Збагачення тіста киснем, що в свою чергу призводить до пом'якшення випічки. Правда сульфат алюмінію також запобігає поширенню мікрофлори в тісті, через що борошняні вироби менш схильні до черствіння та пліснявіння.

5). З'єднує компоненти з різною текстурою [5,6,13,8].

1.2 Алюміній сульфат його застосування та властивості у фармацевтиці

У фармацевтичній промисловості використовується дещо обмежено, проте має кілька специфічних використань завдяки своїм властивостям.

1. Застосування як місцевого в'язучого і антисептичного засобу.

Алюмінієві галуни (суміш сульфату алюмінію з сульфатом амонію або калію) застосовують для:

- У порошках і кремах проти поту (антиперспіранти) – зменшують потовиділення, завдяки тому що знижують пористість шкіри;
- Як в'язучий засіб при порізах, укусах або подразненнях;
- Для зменшення кровотечі – через здатність осаджувати білки та скискати капіляри.

2. Дезінфекуюча дія:

- Сульфат алюмінію має антисептичні властивості. Рідко його використовують у розчинах для полоскання ротової порожнини, горла. Або як засіб при запаленнях шкіри.

3. Допоміжна речовина у виробництві:

- У фармації алюміній сульфат може використовуватися як осаджувач, флоакулянт або стабілізатор під час очищення води або підготовки розчинів (при виробництві вакцин або інфузійних препаратів, де важливою складовою є чистота води) [15,35].

Іноді сульфат алюмінію використовують в аналітичній хімії у лабораторіях, що займаються фармконтролем, для осадження білків або фосфатів.

Дія сульфатів алюмінію подібна до дії квасців, але є більш жорсткою. Насичений розчин використовують як м'який каустик. У промисловості сульфат алюмінію існує у вигляді кристалів (білого блискучого кольору), гранул або порошку. У природі існує у вигляді мінералу алуногеніту.

Розчини, з вмістом від 5 до 10% алюміній сульфату, використовуються для місцевого застосування при виразках і для зупинки неприємних виділень зі слизових оболонок/поверхонь.

Також його використовують для приготування вушних крапель ацетату алюмінію. Його часто купують без рецепта і випускають у формі твердих паличок або порошку для дрібних порізів і саден після гоління.

Сульфат алюмінію можна використовувати як дезодорант, а також як в'язучий засіб. В'язучі речовини – речовини, які спричиняють скорочення або стискання тканин і висушують секрет. Ступінь абсорбції алюмінію залежить від ряду факторів, таких як спожита сіль алюмінію, рН, біодоступність, а також умови харчування. Ці факти слід брати до уваги під час дозиметрії тканин та оцінки реакції на сульфат алюмінію [8,15,35,19].

Алюміній виводиться переважно нирками і тому може накопичуватися у пацієнтів з нирковою недостатністю. Близько 2% виводиться з жовчю.

Період напіввиведення: Численні дослідження показали, що швидкість кліренсу (об'єм плазми, з якої речовина повністю видаляється за певну одиницю часу) алюміній сульфату в уровні зменшується з часом після прийому алюмінію, і тому період напіввиведення ($t_{1/2}$) не може відображати елімінацію алюмінію з усього організму.

Алюмінію сульфат не класифікується як канцероген для людини. Сульфат алюмінію, що використовується для різних цілей у харчових продуктах для споживання людиною, загалом визнаний безпечним, якщо він застосовується відповідно до належної виробничої практики. За даними FDA, на основі наявних на сьогоднішній день доказів. Немає достатніх даних для загального визначення безпеки та ефективності сульфату алюмінію в антиперспірантах і місцевих протигрибкових лікарських засобах.

Сульфат алюмінію не застосовують системно (тобто внутрішньо), оскільки іони алюмінію можуть бути токсичними при накопленні в організмі, особливо при порушенні функцій нирок [35,19,15,8].

1.3 Токсикологія та дія на організм людини

Оцінка гострої токсичності: гостра пероральна ЛД₅₀ більше 5,000 мг/кг.
Оцінка хронічної токсичності: ЛД₅₀ підвищений при гострому пероральному прийомі 5 000 м/кв.

Симптоми надмірного впливу: може викликати подразнення шкіри та очей. При вдиханні може викликати локалізовані болі у голові, нудоту та подразнення дихальних шляхів.

Канцерогенність: Не знаходиться в списку канцерогенів NTP, IARC або OSHA.

Інші можливі небезпеки для здоров'я: Звичайно поширеною травмою від сульфату алюмінію є локальне подразнення тканин. Подразнюючі властивості порожини поширюються через гідроліз від сірчаної кислоти та можуть виникнути від проковтування, контакту кінцівок та очей або вдихання пилу та туману. При спостереженні подібного витягніть потерпілого із зони контактування.

Шлях надходження: проковтування, контакт з шкірою чи очима або вдихання. Шляхи надходження: проковтування, контакт зі шкірою чи очима або вдихання пилу та туману.

Шкіра / очі: Може спричинити опіки рогівки або сильне подразнення очей. Пари або тумани можуть викликати подразнення або опіки шкіри.

Ковтання: подразнення порожнини рота та шлунково-кишкового тракту. Місцеве пошкодження тканин. Можливі нудота, блювота, діарея та шлунково-кишкова кровотеча. Може бути смертельним при проковтуванні в достатній кількості.

Вдихання: Подразнення дихальної системи. Тривалий вплив може викликати подразнення бронхів, кашель і бронхіальну пневмонію. Захворювання, як правило, ускладнюються гострими та хронічними захворюваннями органів дихання [21,16,18].

Основними органами-мішенями алюмінію є центральна нервова система та кістки. Алюміній зв'язується з фосфором, що надходить з їжею, і погіршує його всмоктування в шлунково-кишковому тракті. Зниження фосфатного навантаження на організм призводить до остеомалачії (розм'якшення кісток через порушення мінералізації кісткової тканини) та рахіту. Вважається, що нейротоксичність алюмінію пов'язана з декількома механізмами. Існує думка, що однією з причин є зміни у функції цитоскелетних білків внаслідок порушення фосфорилування, протеолізу, транспорту та синтезу. Алюміній може викликати нейроповедінкові ефекти, впливаючи на проникність гематоенцефалічного бар'єру, холінергічну активність, шляхи передачі сигналів, перекисне окислення ліпідів і порушуючи нейрональний шлях глутамат-оксид азоту-циклічний ГМФ,

а також перешкоджаючи метаболізму необхідних мікроелементів через подібну координаційну хімію і, як наслідок, конкурентні взаємодії [35,19,15].

Було висловлено припущення, що взаєнів, пов'язаних з естрогеном, і тим самим сприяє прогресуванню раку молочної залози, але дослідження не змогли встановити чіткий зв'язок між алюмінієм і підвищеним ризиком раку молочної залози. Взаємодія алюмінію з рецепторами естрогену збільшує експресію гемодія алюмінію з рецепторами естрогену збільшує експресію генів, пов'язаних з естрогеном, і тим самим сприяючи прогресуванню раку молочної залози, але дослідження не змогли встановити чіткий зв'язок між алюмінієм і підвищеним ризиком раку молочної залози. Деякі солі алюмінію викликають імунну реакцію шляхом активації інфламмасом [35,19,15].

Алюміній впливає на нервову систему, спричиняє зниження її працездатності та пов'язаний зі зміною функції гематоенцефалічного бар'єру. Накопичення алюмінію в організмі може спричинити захворювання кісток або мозку. Високий рівень алюмінію пов'язують із хворобою Альцгеймера. Невеликий відсоток людей має алергію на алюміній і страждає на контактний дерматит, розлади травлення, блювоту або інші симптоми після контакту або вживання продуктів, що містять алюміній [35].

В обмежених кількостях, сульфат алюмінію не є небезпечною для людини речовиною. Але при передозуванні харчової добавки Е 520, можуть виникнути негативні наслідки у вигляді численних порушень в роботі центральної нервової системи, вона може спровокувати розвиток анемії, хвороб Паркінсона й Альцгеймера, короткострокову втрату пам'яті, слабоумство. Надмірне вживання сульфату алюмінію істотно погіршує засвоюваність вітамінів, знижує функцію печінки і може викликати індивідуальну непереносимість у вигляді алергічних реакцій. За ступенем впливу на організм людини Е 520 відноситься до речовин 3-го класу небезпеки. При надходженні в організм пилу сульфату алюмінію (на виробництві), через органи дихання, може викликати подразнення верхніх дихальних шляхів. Завдяки вкрай невеликому вмісту в складі готової продукції, харчова добавка Е 520 не робить ніякого мутагенного, канцерогенного впливу на організм людини [35,21].

Вживання продуктів, які містять цю добавку повинно строго контролюватися. Максимальний рівень вмісту її в продуктах: яєчний білок – 30 мг/кг; глазуровані в цукрі, кристалізовані та зацукровані фрукти та овочі – 200 мг/кг. Добавка внесена в список дозволених [35,21,23].



Рисунок 1.1 – Продукти що містять алюміній сульфат, як харчову добавку

1.4 Алюміній сульфат як активний коагулянт для очищення вод

У зв'язку з підвищенням забруднення та погіршення якості природних вод у басейнах рік, що є основними джерелами водопостачання в Україні, постає питання очищення води яку використовує людина. З усіх природних ресурсів, які використовуються людиною, вода не має собі рівних по об'єму споживання. Вимоги до якості води різні і залежать від її призначення, виду продукції, що виготовляється, та технологій, що застосовуються. В харчовій промисловості технологічна вода повинна відповідати вимогам до питної води і господарських потреб, а також додатковим вимогам, які обумовлені специфічними умовами галузі. Зазвичай якість води із природних джерел (поверхневих та підземних) не задовольняє вимоги споживача. Саме вимоги споживача та хімічний склад і властивості природної води визначають вибір методів її обробки [30,27].

Прямий осмос (FO) — це мембранна технологія, яка привернула увагу в галузі водоочищення та опріснення води. Однак для оптимізації її ефективності надзвичайно важливо підібрати відповідний розчинник.

Основними реагентами, які застосовують в технологіях водопідготовки – коагулянти. Найбільш поширені, неорганічні коагулянти, головним чином це солі полівалентних металів алюмінію та заліза – сульфат алюмінію, поліалюмінійхлорид, хлорне залізо та змішані коагулянти на основі солей заліза

і алюмінію. Асортимент продукції, що випускається промисловістю в основному, очищений сульфат алюмінію в твердому вигляді та в розчині, що виготовляють з гідроксиду алюмінію [30,27,26].

Поряд з технологічними перевагами, вони мають і певні недоліки. Наприклад, при використанні $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ для очищення оборотних вод в системах зворотного водопостачання призводить до закупорювання теплопередаючого технологічного обладнання гіпсом, який утворюється завдяки великій кількості сульфат-йонів; хлорне залізо вельми агресивне в корозійному відношенні, що призводить до втрати металу [27].

Загальним недоліком способів отримання неочищеного сульфату алюмінію є низький вміст оксиду алюмінію і високий вміст домішок (нерозчинного осаду, оксиду заліза, сульфатів калію і натрію) в готовому продукті. Це зумовлює обмежене застосування цього коагулянту [32,2735].

Алюміній (Al) потрапляє в природні води природним шляхом при частковому розчиненні глини і алюмосилікатів, а також в результаті шкідливих викидів окремих виробництв, з атмосферними опадами або стічними водами. Солі алюмінію також широко використовуються в якості коагулянтів у процесах водопідготовки для комунальних потреб [30,26].

Алюміній присутній в природній воді. Посідаючи третє місце за поширеністю в земній корі, алюміній міститься практично у всіх водах природного походження. У природних умовах, в воді зростає його концентрація шляхом часткового розчинення алюмосилікатів і глини, в результаті антропогенної діяльності людини (авіаційне, хімічне, машинобудівне, нафтопереробне виробництво і т.д.), а також через атмосферні опади та стічні води. Уміст металу і, особливо, його сполук у ґрунтових породах може досягати 600 мг/кг і тривале окиснення цих порід сприяє збільшенню концентрації алюмінію. Згідно з дослідженнями проведеними в останні роки у США вміст алюмінію в ґрунтових водах може виявлятися у концентраціях 14-290 мг/л, а в поверхневих водах - 16-1170 мг/л [26,27].

Коагулянти на основі алюмінію, з яких найбільш поширені сульфат алюмінію, гідроксохлорид алюмінію, композитний коагулянт на основі

сірчанокислого алюмінію, видаляють з води від 60 до 80% різних шкідливих домішок, в першу чергу, органічного походження. Вони дешеві, доступні, добре вивчені, мають тривалу історію застосування в практиці водоочищення.

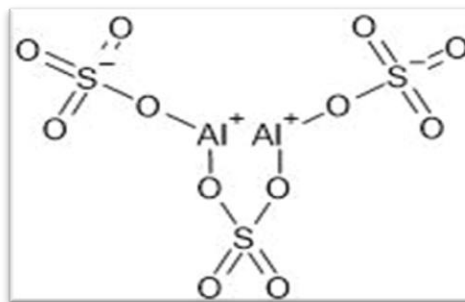
Однак, при високих рівнях забруднення водних джерел, алюмінієві коагулянти вимагають великих доз, що призводить до збільшення вже в очищеній воді концентрації іонів алюмінію. Це є «вторинне забруднення». Негативним моментом при використанні алюмоємних коагулянтів є надходження в оброблювану воду іонів алюмінію, вміст яких регламентує ДСанПіН 2.2.4-171-10 на рівні 0,2 мг/дм.

Фактично більшість алюмінію людина отримує не з води, а з інших джерел харчування. Ряд проведених у США досліджень вказують на те, що з муніципальною водою людина протягом життєвого періоду отримує лише від 0,4 до 1% всього алюмінію. Спеціальна водопідготовка для видалення алюмінію не потрібна, Однак, при необхідності, побутові системи зворотного осмосу легко видаляють до 99% алюмінію з води [30,27,26,14].

Виникнення алюмінію у поверхневій воді спричинене технічним чинником (обробка води, забруднення доквілля), і його обсяг може бути значно більший, ніж в підземних водах. Наявність у воді алюмінію в концентраціях, що перевищують 0,2 мг/л, здатна викликати випадіння в осад пластівців гідрохлориду алюмінію, а також зміну забарвлення води [30].

1.5 Фізико-хімічні властивості

Хімічна формула: $Al_2(SO_4)_3$.



Рисинок 1.2 – Структурна формула

Фізико-хімічні властивості сульфату алюмінію:

- агрегатний стан речовини твердий - у вигляді порошку, в якому трапляються кристали і пластинки різного розміру;
- колірна палітра речовини різноманітна. У харчовій промисловості можуть використовувати порошок рожевого, сірого, блакитного відтінків. Але найпоширеніший варіант для харчової промисловості - білий порошок;
- речовина здатна формувати кристалогідрати з різною кількістю води. При цьому формула отриманого речовини виглядає так: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$. У такому вигляді речовина має форму безбарвних кристалів. При нагріванні втрачає воду не плавлячись, при прожарюванні розпадається на Al_2O_3 і SO_3 Густина кристалів - 1,690 г/см³;
- густина сульфату алюмінію - 2,710 г/см³;
- особливість молекули сульфату алюмінію в наявності орторомбічної решітки;
- речовина гігроскопічна (здатна вбирати з повітря водяні пари);
- при кімнатній температурі сульфат алюмінію виявляє властивості стабілізатора;
- питома теплоємність при постійному тиску - 259,6 Дж / (моль·К);
- речовина відрізняється низькою розчинністю в спиртах; розчинити алюміній сірчаноокислий в етанолі неможливо;
- розчинність в воді добра;
- при нагріванні харчова добавка E520 починає втрачати воду, але процес плавлення не починається;
- розкладання речовини відбувається при температурі вище 580 °С. При цьому утворюються γ -модифікація окису алюмінію і сірчаний ангідрид;
- яскраво виражений запах у сульфату алюмінію відсутній;
- смак харчової добавки солодкувато-терпкий; [8,19,27]

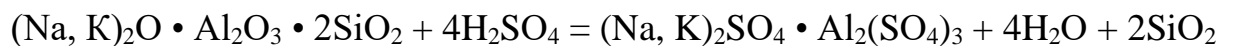
У природі алюмогеніт зустрічається у вигляді рідкісного мінералу міллозевічіта, названого так на честь італійського мінералога. Знайти цю мінеральну породу вкрай складно через нестійкість. Сульфатний мінерал має вишнево-червоний, фіолетовий колір, має скляний блиск, напівпрозорий, гігроскопічний, щільність низька, у структурі безліч пор. Приймає форму сталактитових мас або зернистих дрібнодисперсних кристалів, злитих воедино. Найчастіше його знаходять у вулканічних середовищах, де він утворює скоринку, також на відвалах вугілля [10,12].

1.6 Існуючі способи одержання

1) Отримання неочищеного сульфату алюмінію із каоліну та нефелінового борошна.

Суть методу полягає в майже повному розкладанні сирого природного каоліну надмірною кількістю сірчаної кислоти протягом короткого часу і нейтралізацією надлишку кислоти за допомогою нефелінового борошна.

Процес можна описати рівняннями:



Підвищення температури реагуючої маси ведуть за рахунок взаємодії кислоти з водою та каоліном, також сприяє більш швидкому і повному розкладанню каоліну. Утворені при розкладанні нефеліну галуни надають продукту здатність утворювати щільну міцну масу. Швидкість захоплення і міцність маси тим більше, чим більше надлишок кислоти і відповідний витрата нефелінового борошна на її нейтралізацію. Ступінь вилучення глинозему в розчин з сирого каоліну залежить від сорту глини, концентрації і норми кислоти.

Обробка каоліну подвійною нормою кислоти (по відношенню до стехіометричної) протягом 2 год при 105 - 120 °С переводить в розчин близько 85% мас. вихідного глинозему. При використанні концентрованої кислоти реакція сповільнюється внаслідок утворення на зернах корок важкорозчинного безводного сульфату алюмінію або кислих сульфатів і збільшення опору дифузії.

Процес може бути також здійснено шляхом подачі купоросного масла в водну суспензію каоліну (Р: Т = 3: 2).

При отриманні неочищеного сульфату алюмінію з каоліну і нефелінового борошна у варильний котел - сталевий циліндр з діабазовою футеровкою, забезпечений мішалкою, - завантажують воду і купоросне масло для розведення кислоти до 75-76% мас. H_2SO_4 . Потім завантажують каолін і проводять варіння маси протягом 15-35 хв при безперервному перемішуванні. Температуру 100-110 °С підтримують подачею в котел гострої пари. Після закінчення варіння масу, яка містить від 4,5 до 7,5% мас. Al_2O_3 і від 20 до 25% мас. вільної кислоти, розбавляють водою і вводять в котел протягом 15 хв окремими порціями (по 5-10 кг) нефеліну. Реакційну масу перемішують ще 2-3 хв, потім швидко, щоб уникнути схоплення, зливають на кристалізаційний стіл. Ступінь переходу Al_2O_3 в сірчаноокислий алюміній становить з каоліну від 65 до 75% мас., а з нефеліну близько 90% мас.

2) Отримання очищеного сірчаноокислого алюмінію.

При виробництві очищеного сірчаноокислого алюмінію розчиненням в сірчаній кислоті гідроксиду алюмінію $Al_2(OH)_3$ (або оксиду алюмінію Al_2O_3) процес здійснюють наступним способом. У реактор одночасно завантажують гідроксид алюмінію, сірчану кислоту і воду в приблизно стехіометричному співвідношенні, з відповідним вмістом в продукті ~ 90% мас. $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ і ~ 10% мас. вільної води і 1,5 % сірчаної кислоти.

Перемішування ведуть гострою парою, підтримуючи температуру на рівні 110-120 °С, і закінчують його через 20-30 хв, коли кількість вільної сірчаної кислоти в пробі реакційної маси стане менше 0,1% мас. Реакційну масу, яка містить від 13,6 до 15% мас Al_2O_3 (у вигляді сульфату алюмінію), для прискорення наступної кристалізації охолоджують в реакторі до $t=95$ °С, продуваючи через неї протягом 10 хв. повітря. Потім її виливають на кристалізаційну стрічку. Розчин починає густіти вже при $t=110$ °С. При товщині шару 5-10 мм його верхня поверхня твердне через 4-6 хв. При оберненні стрічки навколо вала твердий шар сульфату тріскається і зсипається. Потім його охолоджують повітрям і подрібнюють. Стрічка довжиною 60 м і шириною 0,72 м має продуктивність 3 т сульфату алюмінію на годину.

3) Отримання коагулянту з глин і каоліну методом спікання. При варінні неочищеного сірчаноокислого алюмінію або коагулянту з сирої глини в ряді випадків отримують порівняно низькі виходи Al_2O_3 і низький вміст Al_2O_3 в продукті при підвищеній його кислотності, що пов'язано з вмістом у глинах польовошпатових порід. У цьому відношенні великими перевагами володіє спосіб отримання коагулянту з сирих глин спіканням із сірчаною кислотою, що дає можливість отримувати коагулянт з більш високим вмістом Al_2O_3 і найкращим виходом його, що не містить вільної кислоти.

Змішування проводять в апаратах шнекового типу. Потім суміш прожарюють протягом 2-5 год в подових або обертових печах при 300 - 500 °С. Виходить розсипчастий продукт, що містить до 15% мас. R_2O_3 . На 1 т такого продукту витрачають: близько 1 т низькосортної сирої глини (містить 20% мас. Al_2O_3 і 12% мас. Fe_2O_3) і 0,48 т сірчаної кислоти (100%). Крім того, що метод спікання дозволяє отримувати коагулянт з необпаленої низькосортної глини, він має й інші переваги в порівнянні з методом варіння коагулянту з глини. До них відносяться можливість легкого здійснення процесу безперервним способом в шнеку або обертовій печі, отримання розсипчастого продукту і можливість отримувати продукт з будь-якої вільної кислотністю, аж до відсутності кислотності, що має велике значення для ряду споживачів, наприклад для паперової промисловості.

4) Отримання сірчаноокислого алюмінію з бокситу

Розкладання бокситу відбувається в сталевому реакторі, який футерований кислототривкими плитками або покритий склоподібною емаллю. У реактор спочатку завантажують H_2SO_4 93%, яку розбавляють слабкими розчинами від промивання шламу і нагрівають до кипіння. Боксит вводять в реактор періодично невеликими порціями, щоб уникнути рясного спінування. Варіння здійснюють при $t \sim 135$ °С. Після закінчення варіння пульпа надходить у відстійники, де розчин відділяється від нерозчинних домішок

Освітлений розчин або випарюють з одержанням твердого продукту, або використовують безпосередньо.

В останньому випадку, коли установка для отримання розчину сульфату алюмінію з'єднана з системою очистки води, тривалість реакції і обсяг реактора менше, ніж в разі отримання розчину при стехіометричному співвідношенні реагентів, призначеного для переробки в твердий продукт. При завантаженні в розчин бокситу, 93% H_2SO_4 і води приблизно в масовому співвідношенні 1: 2: 1 вже протягом трихвилинного перемішування маси без зовнішнього підігріву досягається ступінь вилучення Al_2O_3 92% [9,10,24,25].

1.7 Вибір та обґрунтування технології виробництва та її покращення

Наше завдання полягало в розробці технології виробництва алюміній сульфату з її подальшим вдосконаленням з метою підвищення ефективності та енергоекономічності процесу. Вибір технології пав на метод отримання алюміній сульфату з сирих глини методом спікання із сірчаною кислотою, його перевагою є більш високим вмістом Al_2O_3 . Проте цей метод має недолік у вигляді домішок у продукті.

Ми пропонуємо удосконалення шляхом розведення сульфатної кислоти, за рахунок додавання води в кислоту, до утворення 75% розчину, та додаванням магнітного сепаратору після печі для відділення залізовмісних домішок.

При використанні концентрованої кислоти реакція сповільнюється внаслідок утворення на зернах корок важкорозчинного безводного сульфату алюмінію або кислих сульфатів і збільшення опору дифузії. З метою зменшення кількості кислоти у вихідному продукті ми розбавили її. Отриманий у такий спосіб, з каоліну, алюміній сульфат, який не містить вільної сірчаної кислоти, що робить вихідний продукт більш чистішим. А також відокремлюємо магнітні домішки сепаратором. Цей підхід дозволяє знизити сировинні витрати та підвищити чистоту продукту та загальну енергоефективність технології.

Висновок до розділу I

Даний розділ це дослідження наукової літератури щодо властивостей, застосування, ролі алюміній сульфату у різних галузях промисловостей.

Всі технології отримання алюміній сульфату базуються на використанні

сировини що містить Al_2O_3 , ними можуть бути каолінові глини, боксити, нефелінові породи. Також сировина, що використовується для виробництва сульфату алюмінію, має містити значну кількість глинозему і легко розкладатися кислотами.

Через свої властивості сульфат алюмінію має досить великий спектр застосування, від харчової добавки до допоміжної речовини будівельного матеріалу.

Однією з найбільших проблем в технології виготовлення є відокремлення домішок від основного продукту, з метою подальшого використання як вторинних продуктів.

Наразі є питання вдосконалення технологій отримання, щоб отримувати більшу кількість продукту та мати чистіший вихід його.

РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Сировина для виробництва алюміній сульфату

Сировина, яка використовується для виробництва сульфату алюмінію, має містити значну кількість глинозему і легко розкладатися кислотами. Таким вимогам відповідають нефелінові породи і каолінітові глини. Склад даного виду глин являє собою вміст: від 15 до 40% мас. Al_2O_3 , від 55 до 75% мас. SiO_2 , від 1 до 2% мас. Fe^{3+} і від 0,5 до 1% мас. Fe^{2+} . Зазвичай використовують глини, що містять після зневоднення від 30 до 40% мас. Al_2O_3 . Боксити складніше використовувати, так як вони важче розкладаються кислотами. Важко розкладаються кислотами і глини, що містять значні кількості полешпатових порід [12,20,25].

Каоліни та інші алюмосилікатні глини широко поширені в різних регіонах і характеризуються досить високим вмістом оксидів алюмінію і кремнію і відносно невеликою кількістю інших домішок. Багаті каолініти, зображено на рис. 2.3. За вмістом оксиду алюмінію (38-43%) знаходяться в європейській частині Євразії, з них отримують очищений глинозем, сульфат алюмінію, що містить 13-17% Al_2O_3 . [12,20,25]

В досліджуваній технології використовується вторинний каолін марок КО-0, КО-1, КО-2, КО-3, КО-Ц обозновського родовища Кіровоградської області згідно ТУ В 322-7-00190503-127-97 зі змінами 1,2,3 [12].



Рисунок 2.1 – Каолінові глини

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Бойчук Т.М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Мошак Н.А.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	ННІХТ.ХТ-4-14.025.161.026.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. Змін.	Дата видання 01.05.2025	Мова ца	Аркуш 26/82

Фізико-хімічні властивості вторинних каолінів обозновського родовища представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Фізико-хімічні властивості вторинних каолінів

Показник	КО-0	КО-1	КО-2	КО-3	КО-Ц
Масова частка на прожарену речовину Al_2O_3 , %, не менш	44	42	39	36	30
Зміст Fe_2O_3 , %, не більш	1.2	1.3	1.8	1.8	4.0
Зміна маси при прожарюванні, %, не більш	16	16	-	-	-
Вогнетривкість, °С, не нижче	1770	1750	1730	1710	1710
Вологість, %, не більш	24	24	24	24	24
Залишок на ситі № 063, %, не більш	0.9	5	6	13	16
Зміст кремнезему SiO_2 , %	від 42.6	від 45.0	до 70.2	-	-
Зміст сірчистого ангідриду SO_2 , %	від 0.004	-	-	-	-
Зміст лугів $K_2O + Na_2O$, %	від 0.08	0.1	-	-	-
Зміст двоокису титану TiO_2 , %	від 0.1	0.1	-	-	-
Зміст окису кальцію CaO , %	від 0.04	0.04	-	-	-
Зміст окису магнію MgO , %	від 0.04	0.04	-	-	-

Перед використанням каолінові глини зазвичай піддаються попередній обробці: подрібненню та прожарюванню (кальцинації). Прожарювання відбувається при температурі 500-800 °С (часто 600-700 °С), що призводить до утворення метактаколініту ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) — більш реакційноспроможної форми каоліну, яка легше розкладається сірчаною кислотою. При цьому виділяється вода.

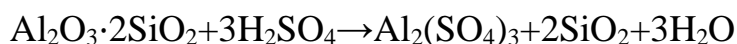
Збільшення температури прожарювання до 850-900 °С може призвести до утворення менш реакційноспроможних форм, таких як муліт, що знижує ефективність процесу.

Україна має значні запаси високоякісних каолінових глин, які після збагачення можуть містити до 99% каолініту [12,20,7].

Для отримання коагулянтів потрібна сірчана кислота вищого сорту, що містить мало домішок.

Сульфатна кислота (сірчана кислота, купоросне масло) – це сірчана сполука, сильна двоосновна кислота з найбільшим ступенем окислення сірки. У звичайних умовах концентрованої рідкій речовині характерні важкий маслянистий стан, гігроскопічність, відсутність колірно-ароматичних параметрів, кислий «мідний» смак і слабка струмопровідність через незначну дисоціацію. Також найменування «сульфатна кислота» може стосуватися її сумішей з водою і сірчанам газом.

Після прожарювання каоліну утворюється метаккаолініт, який реагує з сірчаною кислотою:



Де SiO_2 (діоксид кремнію) є нерозчинним залишком.

Фізико-хімічні властивості сульфатної (сірчаної) кислоти:

Хімічна формула: H_2SO_4 ; Масова частка H_2SO_4 у концентрованої кислоті, %: 96–98; Молярна маса, г/моль: 98.08; Густина при 20°C, г/см³: 1.83; Температура кипіння: приблизно 337°C; Температура замерзання: приблизно 10.4°C; Колір: безбарвна або злегка жовтувата; Запах: різкий, задушливий; Розчинність у воді: повна, з сильним виділенням тепла; рН (1М розчин): менше 1; Корозійність: висока; Гігроскопічність: дуже висока (вбирає вологу з повітря); Окисно-відновні властивості: сильний окисник; Електропровідність (концентрований розчин): висока.

Зазвичай використовується концентрована сірчана кислота (наприклад, 48% або 70%), хоча її концентрація може варіюватися.

Реакція відбувається при підвищених температурах (наприклад, 90-105 °C).

Концентрована сірчана кислота є корозійною і вимагає відповідних умов зберігання та транспортування (наприклад, у сталевих цистернах, оскільки за звичайної температури вона пасивує залізо та алюміній).

До води як сировини для виробництва ставлять вищі вимоги, ніж до питної.

Вода – це безбарвна прозора речовина без запаху та смаку. Температури, за яких вода змінює свій агрегатний стан, прийнято за сталі точки термометрів: $T_{пл} = 0^{\circ}\text{C}$, або 273K ; $T_{кип} = 100^{\circ}\text{C}$, або 373K . Деякі фізичні властивості води є аномальними.

Реакція: Вона утворюється як побічний продукт у реакції між метаккаолінітом і сірчаною кислотою.

Розчинник: Після реакції сульфат алюмінію розчиняється у воді, утворюючи рідкий розчин. Цей розчин потім може бути розбавлений або концентрований.

Промивання: Вода використовується для промивання нерозчинних залишків (діоксиду кремнію) від розчину сульфату алюмінію. Це допомагає виділити чистий продукт.

Кристалізація: З водного розчину сульфат алюмінію кристалізується (часто у гідратованій формі, наприклад, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) шляхом випаровування води.

Вода – дуже слабкий електроліт. В одному літрі води з 55 молей H_2O , що там містяться, дисоціює (при 22°C) лише 10^{-7} моля: іонний добуток води $\text{H}_2\text{O} = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$ [24,25,27,28].

2.2 Стандарти на сировину та готову продукцію

Торгове найменування: *Алюмінію сульфат технічний очищений.*

Ідентифіковані сфери застосування:

- Реагент, що використовується в очищенні поверхневих вод.
- Реагент, що використовується в очищенні промислових стічних вод.
- Реагент, що використовується у виробництві паперу.
- Промислове виробництво хімічних речовин.
- Сировина для хімічного синтезу.
- Закріплювач при фарбуванні, вогнетривкої і водовідштовхувальної обробці текстильних і паперових продуктів.
- Реагент поверхневої обробки двоокису титану.
- Фоточутливий реагент та інше використання у виробництві світлочувливих хімічних матеріалів.

- рН-регулюючий засіб.
- Поверхнево активний реагент.
- Дубильна речовина.
- Електролітичний реагент і речовина, що використовується в поверхневій обробці металів.
- У виробництві клеїв, смол і будівельних речовин.

Коагулянт сульфат алюмінію $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ являє собою тверду кристалічну речовину білого кольору, яка виробляється у формі шматків різних фракцій від 0 до 40 мм і більше. Очищений сульфат алюмінію отримують у вигляді плит сірувато-перламутрового кольору з неочищеного продукту або глинозему розчиненням в сірчаній кислоті. Він повинен мати не менше 13,5% Al_2O_3 , що відповідає змісту 45% сульфату алюмінію [21,2320].

Реакційна здатність: не вступає в реакцію за звичайних умов зберігання і використання. Взаємодіє з сульфатами лужних металів, кислотами, лугами. Хімічна стабільність: продукт стабільний при правильному застосуванні та рекомендованих умовах зберігання Імовірність небезпечних реакцій: небезпечна полімеризація не відбувається. Небезпечні реакції з водою, сильними окислювачами, сильними лугами. Умови, яких слід уникати: запобігати нагріванню, не піддавати спалюванню.

В умовах підвищеної вологості чинить корозійну дію на метали. У повітрі абсорбує вологу з атмосфери. Вступає в реакцію з водою з виділенням тепла та утворенням сірчаної кислоти. Несумісні матеріали: метали, що не є кислотостійкими, луги. Небезпечні продукти розпаду утворюються в умовах наявності вогню: оксиди сірки, оксид алюмінію [21,23].

Торгове найменування: Кислота сірчана технічна. Використовується у виробництві добрив, штучного волокна, капролактаму, двоокису титану, етилового спирту, анілінових барвників та інших виробництвах, кислота акумуляторна (після розбавлення її дистильованою водою)- в якості електроліту і призначається для заливки свинцевих акумуляторів.

Стабільність: речовина стабільна при належних умовах використання та зберігання. Реакційна здатність: речовина є сильним окислювачем і бурхливо реагує з горючими матеріалами і відновниками. Речовина є сильною кислотою, вона бурхливо реагує з лугами і корозійно-агресивна відносно більшості металів з утворенням вибухового газу (водню). Реагує бурхливо з водою і органічними речовинами з виділенням тепла. Умови, яких слід уникати: розчинення у воді екзотермічно - ніколи не лити воду в сірчану кислоту; при додаванні або розведенні завжди поволі додавати кислоту у воду. Виключити контакт з металами - має сильну корозійну дію на більшість металів, включаючи чавун, сталь, неіржавіючу сталь, латунь, алюміній, титан, нікель, деякі інші сплави. Корозійна дія розчинів сірчаної кислоти залежить від їх концентрації, температури і домішок. Розбавлена кислота розчиняє метали з виділенням водню, концентрована викликає самозаймання горючих речовин (у тому числі олій та органічних розчинників). Берігти від нагріву - при нагріванні утворюються токсичні пари (оксиди сірки) [23,10,24].

2.3 Принципово технологічна схема

На рисунку 2.2 наведена принципова технологічна схема.

Зважування сировини

Визначення необхідної кількості компонентів для синтезу. Каолінова глина та рідини зважується на ваговому дозаторі на складі перед подачею на подальшу обробку.

Нагрівання води

Підготовка гарячої води для технологічного процесу. Вода за допомогою відцентрового насоса надходить двома потоками: одна частина транспортується безпосередньо до реактора, а інша подається до електричного водяного котла, де нагрівається до 70 °С. Нагріта вода іншим відцентровим насосом подається до фільтрів для використання у подальших стадіях виробництва, а також для ефективного проходження синтезу в печі.

Прожарювання каоліну

Видалення хімічно зв'язаної води та активізація каоліну для подальшої реакції. Каолінова глина транспортером надходить до обертової печі, де піддається прожарці при температурі 650–700 °С. В результаті відбувається структурна зміна матеріалу, що підвищує його реакційну здатність.

Прожарений каолін конвеєром подається до наступної стадії, де змішується з рідкими реагентами для утворення суспензії сульфату алюмінію.

Сепарація

Каолін після прожарки проходить через магнітний сепаратор, де віділяються магнітні домішки. Процес займає пів години. В результаті очистки отримуємо прожарений каолін який не містить залізних та магнітних домішок, який потім йде на стадію основного синтезу.

Розведення кислоти

Перед початком синтезу в головному реакторі потрібно розбавити концентровану сульфатну кислоту з 94%, до 75%. Розведення проводять шляхом змішування концентрованої кислоти і води в реакторі, куди потім буде доданий прожарений каолін.

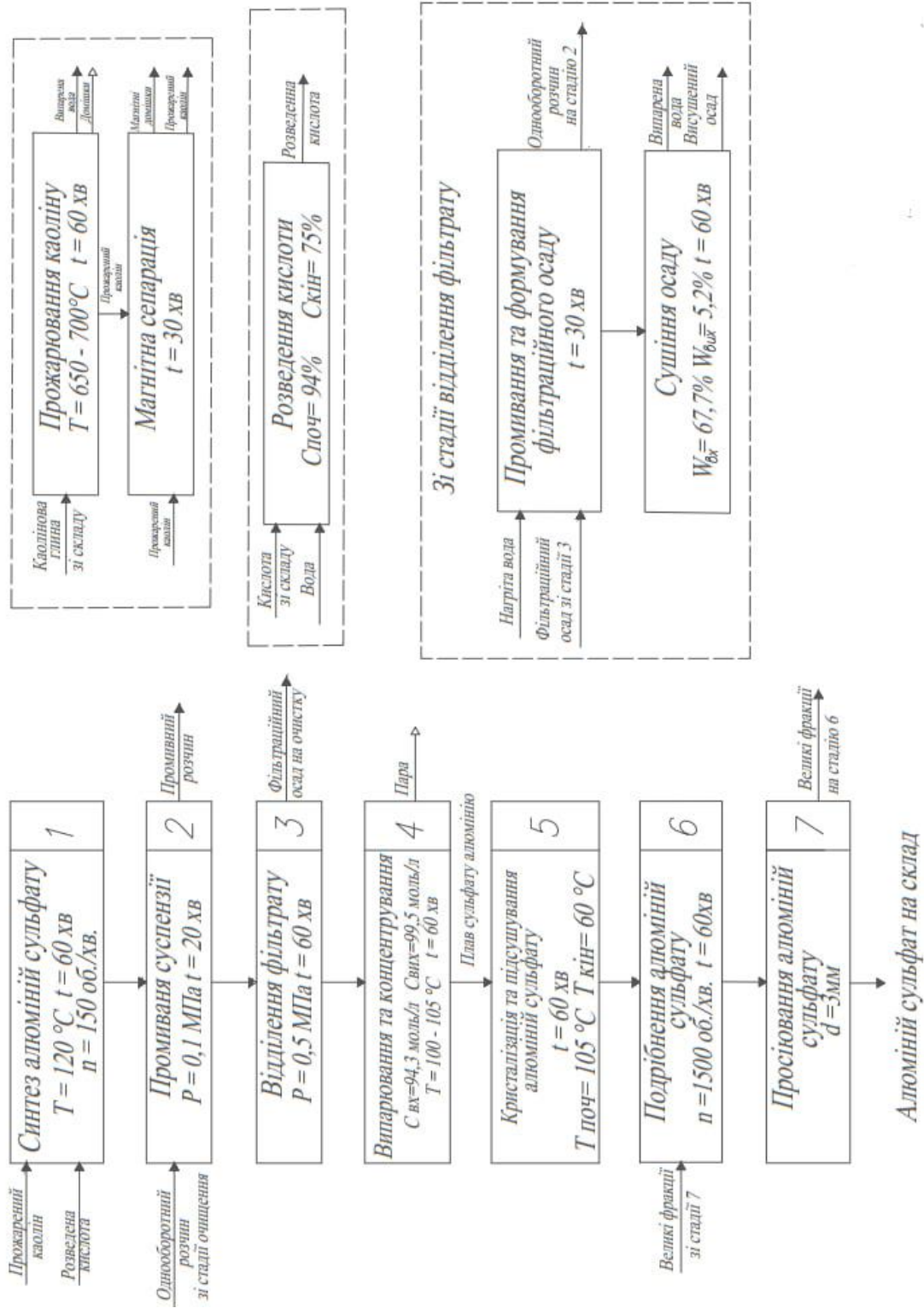


Рисунок 2.2 – Принципова технологічна схема виробництва сульфату алюмінію

1. Синтез алюміній сульфату

Отримання суспензії сульфату алюмінію шляхом хімічної взаємодії прожареного каоліну з вже розведеною сульфатною кислотою. Прожарений каолін конвеєром подається у реактор туди ж попередньо подається і сульфатна кислота та вода. У реакторі при перемішуванні відбувається реакція утворення суспензії сульфату алюмінію.

Процес триває 60 хвилин при температурі 120 °С. Оберти турбінної мішалки становлять 150 об/хв.

2. Промивання суспензії

Суспензія сульфату алюмінію гвинтовим насосом надходить до промивної установки, куди також подається однооборотний розчин. Під час проходження через суспензію розчин збагачує її додатковими речовинами, зокрема алюміній оксидом та силіцій оксидом. Процес триває 20 хвилин. Тиск у промивній установці становить 0,1 МПа.

3. Відділення основного фільтрату.

Для отримання чистого основного фільтрату і відокремлення фільтраційного осаду, промита суспензія сульфату алюмінію гвинтовим насосом надходить до фільтр-преса. Під тиском 0,5 мПа протягом 60 хвилин відділяється основний фільтрат від фільтраційного осаду.

Обидва продукти, фільтрат і осад, надходять на подальшу обробку в відповідні апарати.

4. Випарювання води

Процес випарювання спрямований на зменшення вмісту води у фільтраті, що дозволяє отримати концентрований розчин для подальшої кристалізації. Основний фільтрат відцентровим насосом подається до випарника, де під дією температури 100–105 °С відбувається випаровування води.

Після випаровування вміст вологи у розчині знижується з 31,7% до 5,7%. Процес триває 60 хвилин, що забезпечує оптимальну концентрацію розчину перед кристалізацією. Концентрований розчин гвинтовим насосом транспортується у конвеєр-кристалізатор для утворення твердого продукту.

5. Кристалізація сульфату алюмінію

Отримання твердого продукту шляхом утворення кристалів із розчину. Концентрований розчин сульфату алюмінію подається у кристалізатор, де відбувається поступове випаровування залишкової води. Це сприяє утворенню кристалів необхідного розміру.

Процес триває 60 хвилин. Вхідна вологість розчину становить 5,7%, а після кристалізації знижується до 0,5%. Кристалізований продукт транспортується конвеєром до валкової дробарки для подальшого подрібнення та підготовки до пакування. Вся випарена вода надходить до вентилятора, де охолоджується і скидується в атмосферу.

6. Подрібнення сульфату алюмінію

Кристалізований сульфат алюмінію транспортується до валкова дробарки через конвеєр, де відбувається подрібнення. Валкова дробарка працює на обертах 1500 об/хв, що забезпечує ефективне розщеплення кристалів. Після подрібнення розмір порошку становить 3 мм. Процес триває 60 хвилин, що дозволяє досягти необхідної дисперсії для подальшого використання в процесах пакування та зберігання.

7. Просіювання та пакування

Подрібнений сульфат алюмінію транспортується через транспортер до сит, де відділяються великі фракції та пил, які потім збираються у збірник. А потрібні кристали транспортуються до автоматичної пакувальної машини, де відбувається розподіл продукту по пакетах. Кожен пакет містить 1 кг сульфату алюмінію, що забезпечує зручність транспортування та зберігання продукту. Процес пакування здійснюється автоматично, що дозволяє зменшити час та забезпечити точність дозування.

Промивання та формування фільтраційного осаду

Метою процесу є покращення якості осаду для подальших етапів виробництва та її продажу. Фільтраційний осад подається до нутч-фільтра, де він промивається гарячою водою та однооборотним розчином щоб збагатити осад для подальшої обробки. У процесі фільтрування однооборотний розчин відділяється і повертається до промивної установки через відцентровий насос. Процес 30 хв.

Сушіння осаду

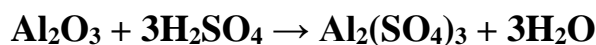
Процес сушіння спрямований на видалення води з осаду, що містить сполуки, які вивільнилися з каоліновою глиною, зокрема силіцій. Осад із водою відцентровим насосом подається до сушарки, де відбувається його висушування. Після сушіння осад, що містить корисні компоненти, може бути проданий для подальшого використання у виробництві будівельних матеріалів.

Вхідна вологість осаду становить 67,7%, а після сушіння знижується до 5,2%. Процес триває 60 хвилин, що забезпечує ефективне зменшення вологості та підготовку осаду до продажу [7,9].

2.4 Матеріальний баланс технології отримання алюміній сульфату

Вихідні дані до матбалансу

Хімізм отримання:



Задана продуктивність 1000 кг за цикл.

Матбаланс розрахований за стехіометричним співвідношенням реагентів.

Розрахуємо теоретичну кількість реагентів для отримання 1 000 кг продукту за стехіометричним рівнянням: Al_2O_3 – 300 кг; H_2SO_4 – 860 кг, також утворена вода – 158 кг.

Відповідно до таблиці 2.1. відсотковий-% вміст основних складових каолінової глини, обозновського родовища становить: Al_2O_3 – 44%, магнітні - 1,3%, кремнезем (SiO_2) - 42,6%, волога - 12%, немагнітні - 0,16%. В сумі становить - 100%.

Розрахуємо в кілограмах склад глини:

Al_2O_3 - 44% - 300 кг

Глина 100% - x кг

$$X = \frac{300 \cdot 100}{44} = 682 \text{ глини}$$

12 % води по масі складе:

682 -100%

12 -у

$У = 81.8$

Розраховуємо кількість магнітних домішок – $1,3\% = 8.8$ кг.

Кремнезем (SiO_2) - $42,6\%$, що становить 290 кг.

Залишки 1,4 кг – немагнітні оксиди і органічні домішки.

Прожарювання каоліну

Оскільки ворибництво складається з багатьох стадій закладемо 10% запасу глини +68.2

На данну стадію надходить 750 кг зваженої каолінової глини, яка складається з:

$\text{Al}_2\text{O}_3 = 330$ кг

$\text{SiO}_2 = 320$ кг

$\text{H}_2\text{O} = 90$ кг

Вміст Fe_2O_3 , % + TiO_2 , % = 10 кг

Інші компоненти: 1,5 кг

У процесі термічної обробки з каоліну виділяється 90 кг води, що міститься у вигляді гідроксильних груп у структурі мінералу.

Визначаємо масу каолінової глини без вмісту вологи за формулою

$m(\text{каолін.глини}) = 750 - 90 = 660$ кг

Крім втрати води, під час прожарювання відбувається вигорання орг домішок. 1.5 кг

Отримані дані розрахунків було внесено до таблиці 2.2.

Втрати глини $2\% = 15$ кг

Таблиця 2.2 – Матеріальний баланс прожарювання каоліну

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Каолінова глина	750	Прожарений каолін в тому числі:	645
		Al ₂ O ₃	330
		SiO ₂	305
		Fe ₂ O ₃ та TiO ₂	10
		Випарена вода	88,5
		Домішки	1,5
		втрати	15
Всього	750	Всього	750

Магнітна сепарація

Мета стадії вилучити з суміші, що утворилася при прожарюванні глини, оксиди заліза та титану, тобто магнітні домішки.

Таблиця 2.3 – Матеріальний баланс сепарації

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Прожарений каолін в тому числі:	645	Каолін	630
Al ₂ O ₃	330	Виокремленні домішки:	10
SiO ₂	305	Fe ₂ O ₃	
Fe ₂ O ₃ та TiO ₂	10	TiO ₂	

		Втрати	6,5
Всього	645	Всього	645

Синтез алюміній сульфату

У процесі виробництва частина сировини втрачається через налипання на стінки реактора або на перемішуючий пристрій, а також інші механічні втрати. Визначаємо ці втрати за формулами (2.1) – (2.3)

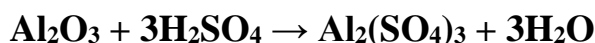
$$m_{\text{втрат.}}(\text{каоліну}) = 688,18 * 1\% = 6,88 \text{ кг} \quad (2.1)$$

$$m_{\text{втрат.}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 933,37 * 1\% = 9,24,13 \text{ кг} \quad (2.2)$$

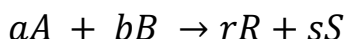
$$m_{\text{втрат.}}(\text{H}_2\text{O}) = 353,5 * 1\% = 3,50 \text{ кг} \quad (2.3)$$

Для того щоб сульфатна кислота не потрапляла в цільовий продукт, її додають у недостатній кількості, тобто менше за стехіометрично необхідну кількість. Це дозволяє запобігти вмісту кислоти в кінцевому продукті, що може мати негативний вплив на його якість та властивості. У випадку з реакцією алюміній оксиду з сульфатною кислотою, додається 94% від необхідної кількості кислоти концентрацією 75%.

Реакція для розрахунків:



1. Розраховуємо молярні маси учасників реакції за формулами (2.4) - (2.7):



$$aM_A \quad bM_b \quad rM_R \quad sM_S$$

$$aM_A = 1 * 102 \text{ кг/кмоль} = 102 \text{ кг/кмоль} \quad (2.4)$$

$$bM_B = 3 * 98 \text{ кг/кмоль} = 294 \text{ кг/кмоль} \quad (2.5)$$

$$rM_R = 1 * 342 \text{ кг/кмоль} = 342 \text{ кг/кмоль} \quad (2.6)$$

$$sM_S = 3 * 18 \text{ кг/кмоль} = 54 \text{ кг/кмоль} \quad (2.7)$$

Проводимо перевірку результатів за формулою 2.8:

$$102 \text{ кг/кмоль} + 294 \text{ кг/кмоль} = 342 \text{ кг/кмоль} + 54 \text{ кг/кмоль} \quad (2.8)$$

$$396 \text{ кг/кмоль} = 396 \text{ кг/кмоль}$$

Для виробництва 1000 кг алюмінію сульфату необхідно затратити 1018 кг розчину сульфатної кислоти та 750 кг каолінової глини.

У процесі використовується 750 кг прожареного каоліну, який складається з 330 кг алюміній оксиду (Al_2O_3), 320 кг силіцій оксиду та інших домішок.

2. Визначаємо кількість Al_2O_3 , що прореагує за формулою (2.9)

$$m_{\text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{m'_{\text{Al}_2\text{O}_3}}{1} = X_{\text{Al}_2\text{O}_3} * m'_{\text{Al}_2\text{O}_3} \quad (2.9)$$

$$m_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 327,97 * 0,94 = 310,2 \text{ кг}$$

Отримані дані розрахунків було внесено до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Матеріальний баланс стадії синтезу алюміній сульфату

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Суміш оксидів:	635	Суспензія алюміній сульфату, в т.ч:	
Al_2O_3	330	- алюміній сульфат	1070
SiO_2	305	- вода	174
		- кремнезем	305
Розчин кислоти :		Випарена вода	88
Сульфатна кислота	860		
води	158		
		Втрати	16
Всього	1653	Всього	1653

Промивання суспензії

Метою стадії є розчиняння у воді оксида алюмінію та виокремлення твердих домішок (оксид кремнію, оксид калію) у вигляді осаду.

Стадія промивання передбачає використання однооборотного розчину масою 1050 кг, який складається з 900 кг води, 150 кг алюміній оксиду та залишків силіцій оксиду. Цей розчин використовується для насичення суспензії алюміній сульфату.

Склад суспензії алюміній сульфату, що надійшов складається з:

$$m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 1070 \text{ кг}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 174 \text{ кг}$$

$$m(\text{SiO}_2) = 305 \text{ кг}$$

Усього 1549 кг

Також доданий однооборотний розчин 1050 кг.

Після промивання суспензія, насититься додатково 84 кг речовин із промивного розчину, зокрема 84 кг алюміній оксиду Отримані дані розрахунків було внесено до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Матеріальний баланс стадії промивання розчину

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Суспензія алюміній сульфату в тому числі: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ синтетичний $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ доданий Кремній	1070 84 305	Промита суспензія алюміній сульфату в тому числі: розчинений сульфат алюмінію розчинник	1154 1197,17
Вода	174	Осад Оксид кремнію	305
Однооборотний розчин	1050		

		Втрати	26.83
Всього	2683	Всього	2683

Відділення основного фільтрату

Після промивання – промита суспензія алюміній сульфату складатиметься з:

$$m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 1154 \text{ кг}$$

$$m(\text{SiO}_2) = 305 \text{ кг}$$

1197,17 розчинник

Разом 2 656

Промиту суспензію алюміній сульфату масою 2 656 кг подають на фільтраційну установку, де відбувається розділення на основний фільтрат й фільтраційний осад.

Втрати при фільтруванні становлять 2% від загальної маси суспензії = 54 кг.

Тоді визначаємо загальну масу основного фільтрату що надійде на випарювання за формулою:

$$m(\text{основного фільтрату}) = 1100 + 1097 = 2\ 197 \text{ кг} \quad (2.10)$$

У процесі фільтрування також отримують фільтраційний осад масою 405 кг.

Отримані дані розрахунків було внесено до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Матеріальний баланс стадії відділення основного фільтрату

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Промита суспензія алюміній сульфату	2351	Основний Фільтрат в тому числі	
Втому числі		$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	1100
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	1154	вода	1097
SiO_2	305		

		Фільтраційний Осад SiO ₂ на очистку	405
		Втрати	54
Всього	2 656	Всього	2 656

Випарювання води

Основний фільтрат масою 2 197 кг, з вмістом 1097 кг води та 1100 кг алюміній сульфату подається у випарник. З фільтрату видаляється 1087 кг водяної пари. У випарнику утворюється розплав масою 1070 кг. У процесі випарювання також відбуваються втрати, які складають 40 кг.

Визначаємо масу компонентів, що будуть передані на подальшу обробку:

$$m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 1100 - 30 = 1070 \text{ кг} \quad (2.11)$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1097 - 10 = 1087 \text{ кг} \quad (2.12)$$

Таблиця 2.7 – Матеріальний баланс стадії випарювання води

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Основний фільтрат	1 100	Розплав алюміній сульфату	1070
вода	1097	Випарена вода	1087
		Втрати	40
Всього	2197	Всього	2197

Кристалізація алюміній сульфату

На стадію кристалізації надійшов розплав масою 1081,66 кг, який містить 61,37 кг води.

У процесі кристалізації з розплаву видаляється 56 кг води.

Визначаємо залишкову масу води в кристалічному сульфаті алюмінію

$$m_{\text{залиш}}(\text{H}_2\text{O}) = 10 \text{ кг} \quad (2.13)$$

Втрата маси цільового продукту при кристалізації від його початкової маси.

$$m(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 40 \text{ кг (2.14)}$$

Визначаємо масу кристалічного сульфату алюмінію за формулою:

$$m_{(\text{крист. сульфат алюм.})} = 1070 - 40 - 10 = 1020 \text{ кг (2.15)}$$

Отримані дані розрахунків внесемо до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Матеріальний баланс стадії кристалізації алюміній сульфату

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Розплав	1070	Кристалічний сульфат алюмінію	1020
		Випарена вода	10
		Втрати	40
Всього	1070	Всього	1070

Подрібнення алюміній сульфату

На стадію надходить кристалічний сульфат алюмінію масою 1020 кг й подрібнюється до розміру 5 мм.

Втрати при подрібненні складають 10 кг.

Визначаємо масу подрібненого сульфату алюмінію, що надійде на пакування за формулою:

$$m_{\text{подр}}(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = 1020 - 10 = 1010 \text{ кг (2.16)}$$

Отримані дані розрахунків було внесено до таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Матеріальний баланс стадії подрібнення алюміній сульфату

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Кристалічний сульфат алюмінію	1020	Подрібнений сульфат алюмінію	1010
		Втрати	10
Всього	1020	Всього	1020

Просіювання алюміній сульфату

На стадію просіювання надходить 1010 кг цільового продукту. Втрати при просіюванні порошку становлять 1% і виникають через кілька факторів. Одним з основних є розлітання порошку під час виробничого процесу.

Врахувавши втрати які складають 10 кг, визначаємо масу готового продукту за формулою:

$$m(\text{готового продукту}) = 1010 - 10 = 1000 \text{ кг} \quad (2.17)$$

Отримані дані розрахунків було внесено до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Матеріальний баланс стадії просіювання алюміній сульфату

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Подрібнений сульфат алюмінію	1010	Готовий продукт	1000
		Втрати	10
Всього	1010	Всього	1010

Промивання та формування фільтраційного осаду

На стадію промивання та формування фільтраційного осаду надходить фільтраційний осад (дивитись таб 2.6), що складається з:

$$m(\text{SiO}_2) = 405 \text{ кг}$$

$$\text{Гаряча вода} = 1050 \text{ кг}$$

У другому циклі фільтрування фільтраційний осад, що залишився після першого циклу, потрібно промити гарячою водою. Таким методом отримують однооборотний розчин, який містить певну кількість залишкових компонентів, зокрема воду, алюміній оксид та силіцій оксид. Цей розчин повертається на стадію промивки, що дозволяє повторно використовувати розчинені речовини та мінімізувати втрати цінних компонентів.

При фільтрації також необхідно враховувати втрати, від загальної маси суспензії. Визначаємо масу втрат за формулою

$$m(\text{втрат}) = 5 \text{ кг} \quad (2.18)$$

Звідси визначаємо масу промитого розчину, що надійде на подальше фільтрування:

$$m(\text{промит.осаду}) = 1050 - 405 - 5 = 1050 \quad (2.19)$$

Отримані дані розрахунків було внесено до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Матеріальний баланс промивання фільтраційного осаду

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Фільтраційний осад	405	Промитий осад	400
Гаряча вода	1050	Однооборотний розчин	1050
		втрати	5
Всього	1455	Всього	1455

Сушіння осаду

На стадію сушіння надходить осад на сушіння, маса якого становить 400 кг і містить 20 кг вологи. Під час процесу сушіння відбувається видалення 80 кг води.

Отримані дані розрахунків було внесено до таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Матеріальний баланс сушіння осаду

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Промитий осад	400	Висушений осад	300
		Випарена вода	80
		Втрати	20
Всього	400	Всього	400

2.5 Тепловий баланс стадії випарювання плаву алюміній сульфату

Масова продуктивність по випареній воді $W = 50$ кг або $W = 0,014$ кг/с

Концентрація сухих речовин у фільтраті: $С_{Рп} 31,05\%$; $С_{Рк} 5,67\%$;

Температура фільтрату початкова $t_{п} 65^{\circ} C$;

Температура фільтрату кінцева $t_{к} 80^{\circ} C$;

Температура вторинної пари $t_{к} 95^{\circ} C$;

Маса фільтрату, що поступає в установку: $185,95$ кг/год = $0,052$ кг/с

Продуктивність випарної установки по згущеному продукту:

$$S_{к} = 185,95 - 50 = 135,95 \text{ кг} = 0,038 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Основне рівняння теплового балансу

$$S_{п} * c_{п} * t_{п} = S_{к} * c_{к} * t_{к} + W * i_{вп} * T + Q$$

де $i_{вп}$ - ентальпія вторинної пари, кДж/кг;

$c_{п}$ - теплоємність початкового розчину, кДж/кг·град;

$c_{к}$ - теплоємність кінцевого розчину, кДж/кг·град;

$t_{п}$ - температура початкового розчину, $^{\circ} C$;

t_k - температура кінцевого розчину, ° С;

Q – втрати тепла у навколишнє середовище

При температурі вторинної пари 75 °С ентальпія вторинної пари $i_{вп}$ 2,635 кДж/кг.

Щільність пари $\rho_T = 0,3531$ кг/м³. $C_{п} = 3,284$ кДж/°С $C_k = 1,603$ кДж/°С

З рівняння теплового балансу визначається теоретичні витрати

Визначаємо кількість теплоти, яка надходить з основним фільтратом

$$Q_{вх} = S_{п} \cdot c_{п} \cdot (t_{п} - t_k)$$

$$Q_{вх} = 185,95 \cdot 3,284 \cdot (80 - 65) = 9\,159,90 \text{ кДж/год}$$

Звідси визначаємо кількість теплоти, яка надійде за весь виробничий процес

$$Q_{вх} = 9\,159,90 \cdot 8 = 73\,279,2 \text{ кДж}$$

Тепер визначаємо кількість енергії яку необхідно затратити на виробництво

- Теплота, що витрачається на підвищення температури кінцевого продукту до температури 80 градусів за одну годину:

$$Q_{прод} = S_k \cdot c_k \cdot (t_{п} - t_k)$$

$$Q_{прод} = 135,95 \cdot 1,603 \cdot (80 - 65) = 3\,268,92 \text{ кДж/год}$$

Тоді витрата на підвищення за весь виробничий цикл.

$$Q_{прод} = 3\,268,92 \cdot 8 = 26\,151,36 \text{ кДж/год}$$

- Теплота для випареної води за годину і весь процес відповідно:

$$Q_{випар} = W \cdot i_{вп} \cdot T$$

$$Q_{випар} = 50 \cdot 2,635 \cdot 95 = 12\,561,25 \text{ кДж/год}$$

$$Q_{випар} = 12\,561,25 \cdot 8 = 100\,130 \text{ кДж}$$

- Додаткова кількість електроенергії необхідна на роботу апарату за весь виробничий цикл:

$$Q_{робоч} = P \cdot t$$

де: P — потужність електричного нагрівача (в ватах),

t — час, протягом якого нагрівається фільтрат (годинах).

$$Q_{робоч} = 2 \cdot 8 = 16 \text{ кВт}$$

Втрати під час випарювання

Втрачена теплота у навколишнє середовище

Для цього використовуємо основне рівняння теплового балансу

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{вихід}} + Q_{\text{втрат}}$$

Знаходимо загальну кількість теплоти, яка надходить у випарник:

$$Q_{\text{прих}} = 185,95 * 3,284 * 65 = 39\,692,89 \text{ кДж/год}$$

$$Q_{\text{прих}} = 39\,692,89 * 8 = 317\,543,12 \text{ кДж}$$

Знаходимо загальну кількість теплоти, яка виходить з випарника:

$$Q_{\text{вихід}} = 135,95 * 1,603 * 85 + 50 * 2,635 * 95 = 31\,040,12 \text{ кДж/год}$$

$$Q_{\text{вихід}} = 31\,040,12 * 8 = 248\,320,96 \text{ кДж}$$

Тепер визначаємо втрати у навколишнє середовище

$$Q_{\text{втрат}} = 317\,543,12 - 248\,320,96 = 69\,222,16 \text{ кДж}$$

Розраховуємо витрати електроенергії на роботу за весь процес

7,26 кВт – нагрівання фільтрату

16 кВт – робота апарату

27,81 кВт – енергія витрачення на нагрівання води

Загальні витрати за весь процес = 7,26 + 16 + 27,81 = 51,07 кВт

ЗВЕДЕНА ТАБЛИЦЯ МАТБАЛАНСУ

Таблиця 2.13

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Каолінова глина	750	Готовий продукт алюміній сульфат	1000
		Домішки	12
Al ₂ O ₃ в однооборотному розчині	84		
75% -вий Розчин Сульфатної кислоти	1018	Випарена вода	312
		Висушений Осад кремнезему SiO ₂	300
		Втрати	217
Всього	1852	Всього	1852

2.6 Підбір основного технологічного обладнання

Підприємство працює протягом 8 годин на день. З них 7 годин відведено на основний виробничий процес, та по 1 годині на запуск виробничої лінії, й в контроль якості продукції [34].

Таблиця 2.14 – Основне технологічне обладнання

Назва	Характеристика	Зображення
1	2	3
Обертова піч YDH350	Потужність нагрівача, кВт: 68 Продуктивність, кг/год: 120 Розміри, м: 0,35 × 9 Вага, т: 8	
Тришаровий стрічковий магнітний сепаратор FNS-QCPD-159	Напруга 380 В; Специфікація (мм) Ф159*700; Продуктивність (GS) 3000; Ширина стрічки (мм) 700*2; Ємність (Т) 1-3; Матеріал стійки – сталь; А (мм) 1500; В (мм) 850; С (мм) 1200	
Хімічний реактор S745439	Об'єм, л: 300; Тиск – 3.1 атм; Турбінна мішалка; Матеріал: 316L нержавіюча сталь; Кількість обертів за хвилину: 150 Потужність, кВт: 7	
Промивна установка 500L-CIP-ELE	Об'єм, л: 500 Матеріал: 316L Потужність, кВт: 9	

1	2	3
Фільтр прес ВМУ20/630-30U	Фільтраційна площа, м ² : 20; Розмір пластин, мм: 700×700; Об'єм фільтраційної камери, л: 297; Кількість пластин, шт: 24; Фільтраційний тиск, МПа : ≤0.6; Вага, кг: 1993 кг	
Ротаційний хімічний випарник Seprex 200	Об'єм, л: 200 Макс. температура, С: 250 Частота, Гц: 50 - 60	
Стрічковий конвеєр- кристалізатор	Габаритні розміри - 50000x500 мм; продуктивність – 2,4 т/год; потужність – 8т/год; Потужність двигуна, кВт: 9,5; Об'єм, л: 450	
Валкова дробарка	Напруга, В: 220; Розмір подрібненого матеріалу, мм: 3, 6, 10; Розмір частинок які надходять на подрібнення, мм: <80; Продуктивність, кг/год :100-150	
Автоматична машина для пакування порошку Rhino-Pak	Потужність, кВт: 2,2; Вага, кг: 280; Розміри машини (ДхШхВ), см: 100 x 100 x 180; Діапазон фасування, гр. 5 – 2000; Швидкість виробництва, пакетів на хвилину: 10 – 50; Матеріал: нержавіюча сталь 304.	

1	2	3
<p>Нутч фільтр BG-300</p>	<p>Ємність для фільтрації, л: 300 Тиск: від -1,0 (FV) до +0,5 бар Температура, °C : від -60 до +150 Фільтрувальна тканина: Розмір комірок від 8 до 115 мікрон Матеріал: Боросилкатне скло, PTFE, PFA, ETFE</p>	
<p>Розпилювальна сушарка HT-LXP25</p>	<p>Кількість видаленої вологи, кг/год: 25; Температура на виході, °C: 80-90; Габаритний Розмір, м: 1.8×0.93×2.2; Швидкість розпилення, об/хв: до 25 000; Діаметр розпилювального диска, мм: 50; Потужність, кВт: 36</p>	

2.7 Апаратурно-технологічна схема виробництва

На рисунку 2.3 наведена апаратурно -технологічна схема виробництва

Вода за допомогою насоса надходить двома потоками: одна частина подається до електричного водяного котла для нагрівання, а інша частина же насосом транспортується безпосередньо до реактора. Нагріта в котлі вода насосами подається до фільтрів.

Каолінова глина зі складу транспортером надходить до обертової печі (1), де піддається прожарці. Після чого прожарена маса подається на магнітний сепаратор (2), для відділення магнітних домішок. Очищений прожарений каолін стрічковим конвеєром (3) та розбавлена сульфатна кислота (вода та сульфатна кислота змішуються до концентрації кислоти 75%) подаються в реактор(4), де відбувається хімічна реакція, що утворює суспензію сульфату алюмінію.

Суспензія сульфату алюмінію гвинтовим насосом (5) надходить до промивної установки (6), куди також надходить однооборотний розчин. Однооборотний розчин проходить через суспензію, збагачуючи її. Промита суспензія сульфату алюмінію гвинтовим насосом (7) надходить до фільтр-преса (8), де відділяється основний фільтрат.

Основний фільтрат відцентровим насосом (9) надходить до випарника (10). Після випаровування води концентрований розчин гвинтовим насосом (11) подається у конвеєр-кристалізатор (12), куди подається гаряче повітря через газодувку (20). Під час кристалізації сульфату алюмінію в кристалізаторі додатково випаровується невелика кількість води. Кристалізований сульфат алюмінію стрічковим транспортером (13) надходить до валкової дробарки (14). Подрібнений сульфат транспортером (15) подається до сит, де відділяються великі фракції і пил (16). Кристали потрібних розмірів йдуть на упакування, а великі фракції повертаються до валкової драбарки.

Фільтраційний осад подається до нутч-фільтра (17), де осад промивається гарячою водою. У процесі фільтрування відділяється однооборотний розчин, який повертається до промивної установки. Осад із водою відцентровим насосом (18) надходить до сушарки (19), де висушується, і потім може бути використаний у виробництві будівельних матеріалів [7].

2.8 Розрахунок хімічного реактору

Для розрахунку основного технологічного обладнання було обрано реактор з турбінною мішалкою закритого типу, який застосовується на стадії синтезу, для змішування компонентів: каолінова глина та розведена кислота.

Даний реактор представляє собою резервуар, який оснащений закритою турбінною мішалкою і сорочкою для охолодження чи підігріву суміші компонентів. Технічна характеристика реактора представлена в таб. 2.15

Таблиця 2.15

Робочий об'єм реактора	0,25 м ³
Теплоносій	Пара
Робоча температура	До 170° С
Тип мішалки	Турбінна закритого типу
Діаметр апарату	700 мм
Діаметр мішалки	320 мм
Кількість обертів за хвилину	8,15 с ⁻¹
Потужність електродвигуна	0,75 кВт

Розрахунок реактора з турбінною мішалкою закритого типу

Вхідні дані: Робочий об'єм $V_p = 0,25 \text{ м}^3$

Повний об'єм $V_{\text{пов}} = 0,28 \text{ м}^3$

Коефіцієнт заповнення: $\varphi_{\text{зап}} = 0,25/0,28 = 0,893$

Згідно за стандартом ГОСТ 6533-78 для $V_{\text{пов}} = 0,28 \text{ м}^3$ приймаємо:

діаметр апарату $D = 700 \text{ мм}$ (оскільки об'єм схожий до $0,25 \text{ м}^3$)

$D/d_m = 2,2$. Приймаємо, що $D/d_m = 2,4$, щоб відповідало стандарту.

Тоді діаметр турбінної мішалки розраховуємо за:

$d_m = 700/2,4 = 291,6 \text{ мм}$.

Відповідно до стандартного ряду приймаємо діаметр мішалки $d_m = 320 \text{ мм}$.

Співвідношення стандартних розмірів закритої турбінної мішалки за якими проводиться розрахунок:

$$H_p = d_m * 1,75 = 560 \text{ mm}$$

$$h_1 = d_m * 0,7 = 224 \text{ mm}$$

$$h = d_m * 0,25 = 80 \text{ mm}$$

Діаметри:

$$d_1 = d_m * 1.1 = 352 \text{ mm}$$

$$d_2 = d_m * 1.6 = 512 \text{ mm}$$

Розраховуємо розміри закритої турбінної мішалки згідно з співвідношеннями: Висота рідини в апараті H_p

$$H_p = 320 \times 1.75 = 560 \text{ мм}$$

$$h_1 = 320 \times 0.7 = 224 \text{ мм}$$

Висота лопаті h

$$h = 320 \times 0.25 = 80 \text{ мм}$$

$$d_1 = 320 \times 1.1 = 352 \text{ мм}$$

$$d_2 = 320 \times 1.6 = 512 \text{ мм}$$

Ширина лопаті

$$b = 0.2 \times 320 = 64 \text{ мм}$$

Визначення частоти вала мішалки, якщо швидкість мішалки становить $w = 30 - 80$ м/с. Приймаємо $w = 80$ м/с. Тоді розраховуємо за формулою :

$$n = \frac{w}{\pi} \times d = \frac{80 * 0,32}{3,14} = 8,15 \text{ с}^{-1}$$

Обчислюємо критерій Рейнольдса згідно формули:

$$Re = \frac{n \times d^2 \times \rho}{\mu}$$

$$\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$$

$$\mu = 0.01 \text{ Н} \times \text{с/м}^2$$

$$\mu = 0.001 \text{ Н} \times \text{с/м}^2$$

$$Re = \frac{8.15 \times 0.32^2 \times 1300}{0.001} = 10849,3$$

Для закритої турбінної мішалки критерій потужності розраховуємо за формулою:

$$Kn = 1.95 \times Re = 1.95 \times 108493 = 21156,1 \text{ Вт}$$

Потужність, що витрачається турбінною мішалкою на перемішування:

$$N = Kn \times \mu \times n^3 \times d^3$$

$$N = 21156,1 \times 0,001 \times 8.152 \times 0.323 = 460,4 \text{ В}$$

Потужність, яка витрачається на тертя у сальнику:

$$N_c = 9.84 \times (p + 0.98 \times 105) \times fm \times lc \times n_b \times d^2$$

$$N_c = 9.84 \times (10824,1 + 0.98 \times 105) \times 0.2 \times 0.38 \times 8.15 \times 0.042 = 106 \text{ Вт}$$

Розраховуємо потужність електродвигуна:

$$N_{ед} = \frac{k_1 \times k_2 \times N + N_c}{\eta}$$

$$k_1 = \frac{H_p}{D} = \frac{0.56}{0.7} = 0.8$$

k_2 – приймаємо за 1

$$N_{ед} = \frac{0.8 \times 1 \times 460,4 + 106}{0.9} = 503 \text{ Вт} = 0,503 \text{ кВт}$$

Приймаємо електродвигун по каталогу з врахування коефіцієнта запуску про заповненій ємності

$$N_{дв} = 1,2 \times N_{ед} = 603 \text{ Вт} = 0,6 \text{ кВт}$$

Тоді електродвигун матиме потужність 0,75 кВт

Підсумок параметрів реактора зображено у таблиці 2.16

Таблиця 2.16 – Параметри реактора

Параметр	Значення
Робочий об'єм	0.25 м ³
Повний об'єм	0.28 м ³
Коефіцієнт заповнення	0.893
Діаметр апарату (D)	700 мм
Діаметр мішалки (dm)	320 мм
Потужність електродвигуна	0,75 кВт

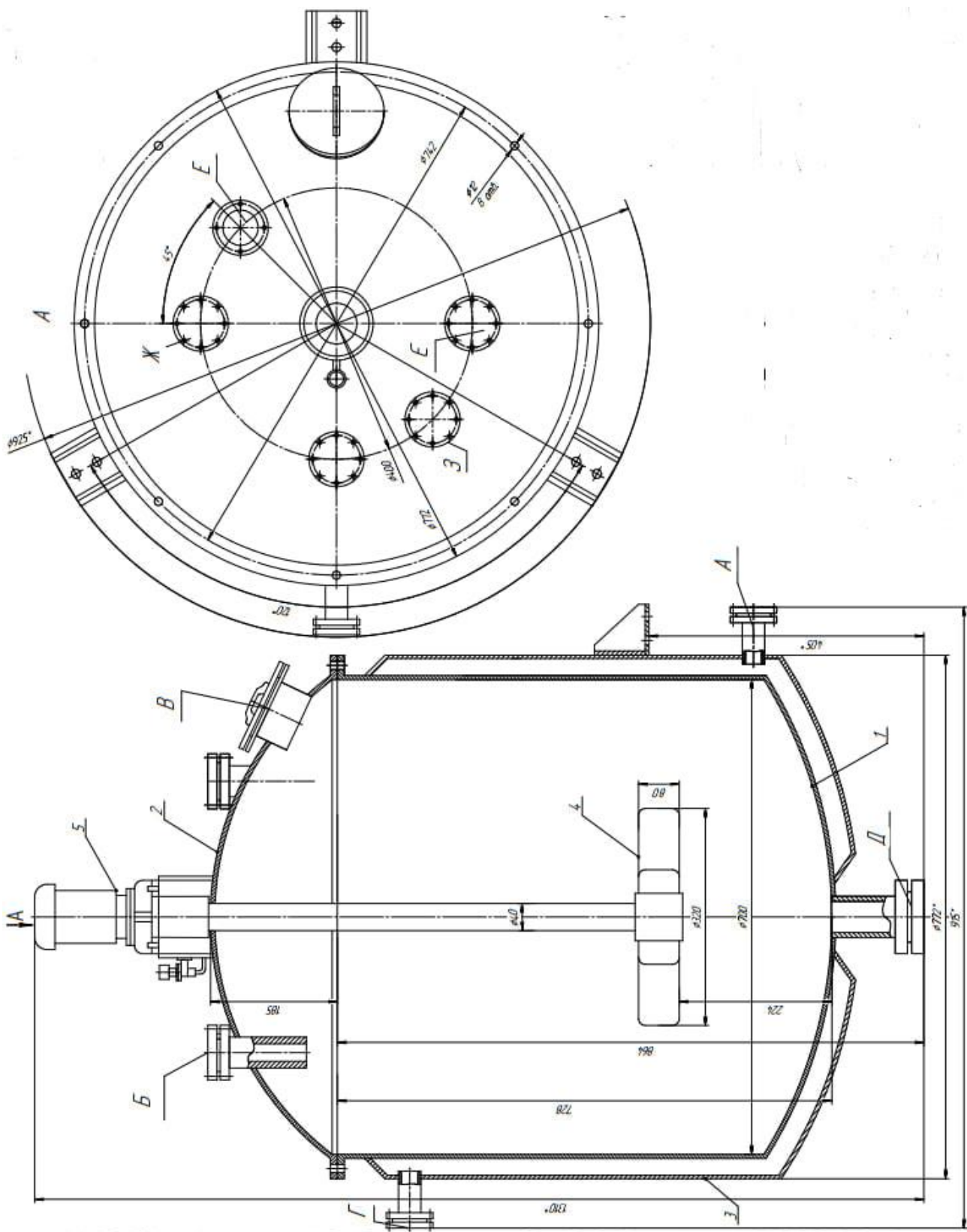


Рисунок 2.4 – Креслення реактора – турбінної мішалки

РОЗДІЛ ІІІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Економічна оцінка виробництва алюміній сульфату

Дохід

Для визначення доходу від виробництва сульфату алюмінію необхідно врахувати його вартість на ринку та обсяг виробництва. Вартість 1 кг сульфату алюмінію становить 145 грн, а щоденний обсяг виробництва складає 1000 кг. Таким чином, загальний дохід від продажу сульфату алюмінію можна обчислити за формулою:

$$\text{Дохід від алюміній сульфату} = 1000 * 140 = 140\ 000 \text{ грн} \quad (2.20)$$

Окрім основного продукту — сульфату алюмінію, в процесі виробництва утворюється осад, який також може бути використаний для отримання додаткового доходу. Цей осад складається переважно з силіцію та деякої кількості алюміній оксиду. Такий осад можна продати на ринку як сировину для інших виробничих процесів, наприклад, для виробництва будівельних матеріалів:

$$\text{Дохід від осаду} = 300 * 25 = 7500 \text{ грн}$$

Тоді загальний дохід визначаємо за формулою

$$\text{Загальний дохід} = 140\ 000 + 7500 = 147\ 500 \text{ грн} \quad (2.21)$$

Витрати на сировину

Для виробництва сульфату алюмінію необхідно використовувати кілька основних видів сировини, серед яких каолін, сульфатна кислота та вода. Витрати на сировину включають вартість кожного компонента, зокрема каоліну, який є джерелом алюмінію, сульфатної кислоти, що взаємодіє з алюмінієм, та воду, що використовується для реакцій.

Каолін закупається з Обозновського родовища. А саме марки КО – 0. Ціна складає 250 грн за тонну. Витрати на сировину наведено в таблиці 3.1.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Бойчук Т. М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Мошак Н. А.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ ІІІ ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	ННІХТ.ХТ-4-14.025.161.060.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 01.05.2025	Мова ua	Аркуш 60/82

Таблиця 3.1 – Витрати сировини на виробництво сульфату алюмінію

Назва сировини	Кількість сировини, кг	Вартість за кілограм, грн	Загальна вартість, грн
Каолінова глина	750	0,25	187,5
Сульфатна кислота	934	85	79 390
Дистильована вода	1 280	12	15 360
Сума			94 937,5

Заробітні плати

На виробництві працює 11 працівників, кожен з яких відповідає за конкретний етап процесу: зважування матеріалів, прожарку каоліну, роботу реактора, фільтрацію, сушіння, кристалізацію, подрібнення, пакування, контроль якості та нагляд за технічним станом апаратів і транспортерів. Чітке розподілення обов'язків забезпечує ефективність і стабільність виробництва сульфату алюмінію.

Зарплата кожного працівника на виробництві становить 27 000 грн на місяць, а загальна сума заробітних плат для всіх працівників складає 286 000 грн. Визначаємо суму заробітних плат за один день, враховуючи, що виробництво працює 20 днів на місяць, використавши формулу (2.31):

$$\text{Заробітні плати} = \frac{297\,000}{20} = 14\,850 \text{ гривень}$$

Податки

Податки на підприємстві включають кілька складових. Єдиний соціальний внесок (ЄСВ) для 11 працівників становить 22% від мінімальної заробітної плати, що в 2024 році складає 1760 грн на кожного працівника. Загальна сума ЄСВ для 11 працівників на місяць дорівнює 19 360 грн. Для обчислення цього податку за день, враховуючи 20 робочих днів на місяць, використовуємо формулу:

$$\text{ЄСВ на день} = \frac{19\,360}{20} = 968 \text{ грн} \quad (2.32)$$

Крім того, підприємство сплачує єдиний податок, який становить 5% від доходу.

Ця сума складає 7 375 грн. Додатково, сплачується військовий збір, що становить 1% від доходу, який дорівнює 1 475 грн.

Загальна сума податків, що підлягає сплаті за місяць, розраховується за формулою:

$$\text{Загальні податки} = 7\,375 + 968 + 1475 = 9\,818 \text{ грн. (2.33)}$$

Витрати на пакування

Витрати на пакування складаються з витрат на пакувальні матеріали, зокрема мішки по 1 кг. Якщо ціна одного пакета (мішочка) складає 3,4 грн, то для 1000 кг продукції витрати на пакування будуть обчислюватися так:

$$\text{Витрати на пакування} = 1000 * 3,4 = 3\,400 \text{ грн.}$$

Витрати на комунальні послуги

Витрати на виробництві є ключовим фактором для оцінки ефективності виробничого процесу. Вони на комунальні послуги включають витрати електроенергію, воду та інші супутні витрати. Детальні витрати електроенергії наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Витрати електроенергії на роботу апаратів

Назва апарату	Кількість використаної енергії – за годину (кВт)	Кількість використаної енергії - весь процес (кВт)	Загальна вартість
Обертова піч	68	476	2056,32
Магнітний сепаратор	2,2	15,4	66,5
Хімічний реактор	7	49	211,68
Промивна установка	4	28	120,96
Електричний водяний котел	3	21	90,72
Розпилювальна сушарка	36	252	1 088,64
Випарник	6,4	44,8	193,54

Кристаліза тор	9,5	66,5	287,28
Пакувальн а машина	2,2	15,4	66,5
Сума			4182,14

Враховавши додаткове обладнання – таке як насоси, конвеєри та фільтри приймаємо витрати на комунальні послуги рівними 4600 грн.

Загальні витрати на день:

Загальні витрати на день можна обчислити, підсумувавши витрати на сировину, пакування, заробітні плати, податки та комунальні послуги за наступною формулою:

$$\text{Витрати} = 94\,937,5 + 14\,850 + 9\,818 + 3\,400 + 4600 = 127\,605,5 \text{ грн (2.34)}$$

Прибутковість

За формулами (2.35) - (2.36) визначаємо прибуток та рентабельність.

$$\text{Прибуток} = \text{Дохід} - \text{Витрати} = 147\,500 - 127\,605,5 = 19\,894,5 \text{ грн}$$

$$\text{Рентабельність} = \frac{\text{Прибуток}}{\text{Дохід}} * 100\% = \frac{19\,894,5}{147\,500} * 100 = 13,5\%$$

Виробництво включає такі структурні компоненти:

1. Сировинне відділення – прийом та підготовка каолінових глин, бокситів.
2. Реакторна дільниця – хімічна реакція з сірчаною кислотою.
3. Фільтраційне обладнання – видалення нерозчинних домішок.
4. Випарювальний блок – концентрування розчину.
5. Кристалізатор – отримання твердого продукту.
6. Сушильна установка – доведення до готового стану.
7. Упаковка та склад – фасування, маркування та зберігання.

Висновок до розділу III

Здійснено техніко-економічний аналіз виробництва сульфату алюмінію. Розраховано такі економічні показники: прибуток, рентабельність, загальні витрати, витрати на електроенергію та інші.

РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Відповідно до визначення поняття «якість продукції», сформульованого Європейською організацією з контролю якості, продукція вважається належною якості, якщо при мінімальних витратах протягом усього її життєвого циклу вона найбільше сприяє здоров'ю та задоволенню технічних потреб людей, котрі залучені до її проектування і відновлення (повторного використання) за умови мінімальних витрат енергії та інших ресурсів і за прийнятної екологічної дії на навколишнє середовище та суспільство [29,17].

Систему оцінювання якості товару варто розглядати за чотирма напрямками:

- 1) відповідність товару вимогам стандартів. У літературі є поради як визначати реальні показники за допомогою статистичних методів контролю якості;
- 2) відповідність умовам використання – товар задовольняє експлуатаційні вимоги;
- 3) відповідність фактичним умовам ринку. Зазвичай, ця відповідність потребує високої якості і низької ціни товару;
- 4) відповідність прихованим потребам споживача.

Якість товару перш за все пов'язана зі статистичними вибірковими методами контролю якості, які дають можливість визначати якість товару за доволі простими вибірковими методами.

Під якістю продукції розуміють сукупність властивостей, що зумовлюють її здатність задовольняти певні потреби споживачів відповідно до свого призначення. Кожний виріб має свої конкретні властивості, які відображають його корисність і здатність задовольняти потреби людини. Корисність того чи іншого виробу відображає його споживчу вартість, тобто має бути оціненою за її якісними показниками. Таким чином, споживча вартість і якість виробів тісно пов'язані між собою [29].

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХТ	<i>Технічне узгодження</i> Бойчук Т. М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Мошак Н. А.	<i>Назва, додаткова назва</i> РОЗДІЛ IV ОРАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	<i>ННІХТ.ХТ-4-14.025.161.064.КР.ПЗ</i>			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 01.05.2025	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 64/82

Підвищення якості продукції, це як і підвищення інших економічних категорій – підвищення ефективності людської праці, розвитку науки і техніки, є відображенням історичного процесу.

За технічними, фізичними та хімічними показниками сульфат алюмінію розділяють на три вида сортів: вищий, I-го та II-го, що мають відповідати вимогам та нормам, вказаним у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Фізико-хімічні показники сульфату алюмінію в залежності від сорту

Назва показника	Норма сорту		
	вищого	1-го	2-го
1	2	3	4
Зовнішній вигляд	Однорідний сипучий матеріал з розміром частинок не більше 20 мм білого кольору	Не слезувальні пластинки, брикети, шматки невизначеної форми і різного розміру масою більше 10 кг білого кольору	
		Дозволяються блідні відтінки сірого, блакитного або рожевого кольорів	
Масова частка оксиду алюмінію, %, не менше	16	16	15
Масова частка нерозчинного у воді осаду, %, не більше	0,3	0,3	0,7
Масова частка заліза у перерахунку на оксид заліза (III), %, не більше	0,02	0,02	0,3
Масова частка вільної сірчаної кислоти (H ₂ SO ₄), %, не більше	Витримує випробування за п.4.8		0,1

1	2	3	4
Масова частка арсену у перерахунку на оксид арсену (III), %, не більше	0,001	0,001	0,003

Додаткові вимоги:

Розчинність: Для водних розчинів – мінімум 267 г/л при +20°C.

Щільність: 1.62 г/см³ (для кристалічного продукту).

Підвищення якості продукції повинно базуватися на основі розробки комплексної, взаємопов'язаної системи технічних, організаційних, економічних і соціальних та мотиваційних заходів, що забезпечують необхідний рівень якості на всіх стадіях виробництва і споживання продукції. Важливою умовою при їх формуванні є досягнення “господарського ефекту” за рахунок зменшення вартості виробів [21,23].

Невід'ємною складовою формування продовольчої безпеки є забезпечення належної якості та безпеки продуктів. Адже продовольча безпека має гарантувати не лише наявність, різноманітність та економічну доступність продовольства, а й його високу якість та безпечність споживання для людського організму та технічного використання. Тому безпечність продуктів харчування має стати пріоритетним напрямом державної політики у сфері продовольчої безпеки [21,23].

Однією зі складової безпеки продукції є її безпечні умови зберігання, таблиця 4.2 – для алюміній сульфату.

Таблиця 4.2 – Умови безпечного складування, включаючи несумісність

Технічні заходи та умови зберігання	Зберігати окремо від несумісних продуктів. Уникати зберігання при високих температурах
Пакувальні матеріали	Упаковка повинна захищати від проникнення вологи і гарантувати безпеку продукту під час транспортування та зберігання. Поліпропіленові контейнери об'ємом до 1000 кг.

Вимоги до складських приміщень і ємностей	Зберігати у закритих, сухих, прохолодних складських приміщеннях на площадках з твердим покриттям насипом або в упаковці виробника, що виключає потрапляння атмосферних опадів та ґрунтових вод. Викликає корозію металів у присутності вологи.
---	--

Методи аналізу якості:

Визначення масової частки оксиду алюмінію

7,5 г сульфату алюмінію зважують (результат зважування записують з точністю до четвертого десяткового знака), поміщають в мірну колбу місткістю 250 см³ і приливають туди ж 150 см³ води, нагрітої до 60-70 °С. Розчин охолоджують, доводять до мітки водою, перемішують і фільтрують через два складчастих фільтр у суху колбу, відкидаючи перші 10-15 см³ фільтрату. Фільтрат зберігають для визначення заліза, миш'яку та вільної сірчаної кислоти. 10 см³ фільтрату поміщають у конічну колбу місткістю 250 см³ і підкислюють сірчаною кислотою по метиловому оранжевому. В колбу доливають 25 см³ розчину трилона Б і нейтралізують аміаком до зміни кольору розчину на жовтий. Розчин кип'ятять 2-3 хв, охолоджують до кімнатної температури, доливають 10 см³ буферного розчину, 4 краплі розчину ксиленолового оранжевого і титрують розчином азотнокислого або сірчаноокислого цинку до переходу лимонно-жовтого забарвлення аналізованого розчину в рожево-фіолетове.

Визначення масової частки нерозчинного у воді осаду

2,5 г сульфату алюмінію зважують (результат зважування записують з точністю до четвертого десяткового знака), поміщають в стакан місткістю 250 см³ і доливають 100 см³ води, нагрітої до 60-70 °С. Після перемішування розчину нерозчинний залишок фільтрують і промивають його водою, нагрітою до 60-70 °С, до відсутності сульфат-іона в промивних водах (проба з хлоридом барію). Фільтр спалюють у муфельній печі при 950-100 °С.

Визначення масової частки вільної сірчаної кислоти

20 см³ розчину поміщають в конічну колбу місткістю 250 см³, додають 4-5 крапель пероксиду водню і дають постояти 3-4 хв.

Потім піпеткою доливають 5 см³ розчину сірчаної кислоти, 25 см³ розчину щавлевокислого калію, 6 крапель розчину метилового червоного, 25 см³ розчину хлористого магнію і повільно, при інтенсивному збовтуванні, титрують розчином гідроксиду натрію до переходу рожевого забарвлення розчину в жовту. Одночасно проводять контрольний досвід в тих же умовах і з тією ж кількістю реактивів, але без аналізованого розчину.

Визначення масової частки заліза у перерахунку на оксид заліза (III)

5 см³ розчину поміщають в мірну колбу місткістю 100 см³ додають 1 см³ розчину сірчаної кислоти концентрації 1 моль/дм³, 4 см³ розчину гідрохлориду гідроксиламіну, 4 см³ розчину оцтовокислого натрію, 4 см³ розчину о-фенантроліну або 2,2'-дипіридилу і доводять до мітки водою. Після додавання кожного реактиву вміст колби перемішують.

Одночасно проводять контрольний досвід в тих же умовах, з тією ж кількістю реактивів, але без аналізованого розчину. Оптичну щільність аналізованого розчину вимірюють на фотоелектричні колориметрі [21,22,23,17].

Висновок до розділу IV

В даному розділі наведені вимоги, яким має відповідати готовий продукт, та деякі методи аналізу якості продукції

РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Охорона праці

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності [31].

Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах:

- пріоритету життя і здоров'я працівників, повної відповідальності роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці;
- підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці;
- комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки і техніки та охорони довкілля;
- соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;
- встановлення єдиних вимог з охорони праці для всіх підприємств та суб'єктів підприємницької діяльності незалежно від форм власності та видів діяльності;
- адаптації трудових процесів до можливостей працівника з урахуванням його здоров'я та психологічного стану;
- використання економічних методів управління охороною праці, участі держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці,

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХТ	<i>Технічне узгодження</i> Бойчук Т.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Мошак Н.А.	<i>Назва, додаткова назва</i> РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ		<i>ННІХТ.ХТ-4-14.025.161.069.КР.ПЗ</i>			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.			<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 01.05.2025	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 69/82

- залучення добровільних внесків та інших надходжень на ці цілі, отримання яких не суперечить законодавству;
- інформування населення, проведення навчання, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;
- забезпечення координації діяльності органів державної влади, установ, організацій, об'єднань громадян, що розв'язують проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці, а також співробітництва і проведення консультацій між роботодавцями та працівниками (їх представниками), між усіма соціальними групами під час прийняття рішень з охорони праці на місцевому та державному рівнях;
- використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці на основі міжнародного співробітництва [31].

Охорона праці на підприємстві з виробництва сульфату алюмінію ($Al_2(SO_4)_3$) регулюється суворими нормами, спрямованими на мінімізацію ризиків, пов'язаних із токсичними речовинами, хімічними реакціями та фізичними факторами.

Під час роботи та зберігання сульфату алюмінію слід дотримуватися загальних правил безпеки. До них належать:

- Всі хімічні продукти повинні зберігатися та маркуватися відповідно до інструкцій у листі безпеки. Зазвичай хімічні речовини повинні зберігатися в оригінальній упаковці. Якщо вам потрібна менша кількість хімічної речовини, нова упаковка має відповідати цій речовині.
- Хімікати не можна зберігати разом із легкозаймистими матеріалами та газовими балонами.
- Тару з хімікатами необхідно зберігати із закритими кришками, коли вона не використовується.
- Обладнання для обробки та очищення розливів має бути готове та придатне для зберігання хімікатів. Доцільно розташувати обладнання за межами хімічного складу.
- Для протипожежної класифікації камер і приміщень для зберігання важливо відповідати типам і кількості хімікатів, які в них зберігаються.

- Горючі матеріали необхідно зберігати у вогнетривких шафах або в окремих приміщеннях.
- За необхідності використовуйте засоби індивідуального захисту (наприклад, рукавички, маску).
- З надлишковими хімікатами та небезпечними відходами слід поводитись відповідно до інформації в паспорті безпеки.
- Необхідно мати в наявності обладнання для надання першої допомоги.
- Робочі місця необхідно регулярно прибирати. На підлозі не повинно бути розливів хімікатів [21].

Хоча сульфат алюмінію є універсальною хімічною речовиною, він не позбавлений ризиків. Він позначений як небезпечна речовина відповідно до Закону про комплексне реагування на навколишнє середовище, компенсацію та відповідальність (CERCLA).

Заходи і засоби забезпечення пожежної безпеки:

Пожежовибухобезпечність - Пожежовибухобезпечна речовина.

Засоби пожежогасіння - Адекватні типу горючих речовин, які знаходяться в зоні горіння. Непридатні засоби пожежогасіння – Немає.

Небезпечні продукти згоряння - Оксиди алюмінію, оксиди сірки.

Спеціальне захисне обладнання для персоналу з боротьби з вогнем - Цілісний захисний костюм і ізолюючі протигази, схвалені Національним інститутом з охорони праці та промислової гігієни (NIOSH), у разі великої пожежі.

Рекомендації для персоналу по боротьбі з вогнем - У випадку пожежі, зберігати тару із продуктом, охолоджуючі її струменем води, не лити воду у нагріті контейнери [21,23,8,32].

Засоби індивідуального захисту:

Захист дихання: Респіратор, що відповідає стандарту EN149, оснащений фільтромпиловловлювачем, відповідним стандарту EN 143.

Захист очей/обличчя: Пилонепроникні окуляри, що відповідають стандарту EN166, або щільно прилягаючі захисні окуляри з бічними щитками. Не носіть контактні лінзи при поводженні з продуктом. Рекомендується мати при собі

індивідуальний кишеньковий пристрій для промивання очей.

Захист шкіри: Одягайте захисний одяг, що повністю закриває шкіру. Взуття має бути стійким до впливу кислот і виключати проникнення пилу. Одягайте рукавички з відповідного матеріалу, як ПВХ, неопрен або натуральний каучук.

Рекомендації загальної гігієни: Мити руки і обличчя після поводження з продуктом, перед їжею, курінням і відвідуванням туалету, а також у кінці робочої зміни. Прати забруднений одяг перед повторним її використанням.

Токсикологічні дані, отримані шляхом дослідження (не на людин): Алюміній накопичується в різних тканинах, особливо в скелеті, печінки і сім'яниках. Високий рівень споживання алюмінію викликав дисбаланс фосфору у щурів з підвищеним виділенням фосфору в екскрементах

Середній рівень оральної абсорбції становив 0.037% для самців і 0.001% для самок. Це вказує на дуже низький рівень абсорбції. Є можливість статевої відмінності в абсорбції сульфату алюмінію, у самців - вище. Рівень виділення алюмінію з сечею - дуже низький.

Безпечне зберігання та поводження:

У складських приміщеннях не рекомендується палити та/або вживати їжу. Рекомендується резервуари з нержавіючої сталі або скловолокна. Тримайте продукт подалі від джерел тепла та прямих сонячних променів. Не використовуйте контейнери для зберігання повторно, якщо вони не відремонтовані належним чином. Належним чином ізолювати від хімічних речовин, де низький рН може створити небезпечний побічний продукт; наприклад, поєднання з гіпохлоритом може призвести до виділення газоподібного хлору [21,23,8,27].

5.2 Екологічна частина

Виробництво сульфату алюмінію ($Al_2(SO_4)_3$) пов'язане з низкою екологічних ризиків. Екологічна безпека поряд з політичною, воєнною, економічною, інформаційною та іншими видами безпеки нині розглядається як один із важливих складових елементів національної безпеки держави [27,24,21,23].

Необхідність цілеспрямованого та ефективного вирішення екологічних проблем зумовлена внутрішніми та зовнішніми чинниками. До внутрішніх чинників слід віднести в першу чергу нераціональне природокористування, надмірне забруднення навколишнього природного середовища, особливо водних, земельних ресурсів та атмосферного повітря, деградацію довкілля в цілому.

Джерела забруднення навколишнього середовища на підприємстві:

Промислові стоки:

- Залишки алюмінію та сульфатів у стічних водах виникають під час промивання сировини та готової продукції. Концентрація алюмінію часто перевищує ГДК (0,2 мг/л в Україні), особливо поблизу алюмінієвих комбінатів (наприклад, у Запорізькій та Дніпропетровській областях).
- Важкі метали (свинець, залізо) потрапляють у воду через сировину (боксити, глини), що містить домішки.

Атмосферні викиди:

- SO_2 та SO_3 утворюються під час обробки сульфатної кислоти або прожарювання сировини (наприклад, сланців або бокситів). Ці гази спричиняють кислотні дощі та пошкодження дихальних шляхів.
- Фториди (HF) та тверді частки вивільняються при високотемпературному нагріванні (наприклад, під час дегідратації гіпсу або випалювання руди).

Тверді відходи:

- Гіпсовий шлам ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) та червоний шлам (відходи переробки бокситів) накопичуються у відстійниках, забруднюючи ґрунти [21,8,7].

Так як в процесі гідролізу змінюється хімічна форма, але не розкладається алюміній, а також з причини того, що визначення характеристик загального алюмінію враховує всі хімічні форми, концепт розкладання алюмінію за допомогою гідролізу не застосовують при обліку трансформації алюмінію в навколишньому середовищі.

Існує мало свідчень того, що алюміній є гостро токсичним при пероральному потрапленні, незважаючи на те, що він широко міститься в продуктах харчування, питній воді та багатьох антацидних препаратах.

У 1988 році близько 20 000 мешканців міста Камелфорд, Англія, протягом 5 днів зазнали впливу підвищених рівнів алюмінію. Алюміній випадково потрапив до організму населення з водопроводу, який використовував сульфат алюмінію для очищення води [35,21].

Спостерігалися такі побічні ефекти, як нудота, блювота, діарея, виразки в роті, виразки на шкірі, висипання на шкірі та біль за типом артриту. В одному з досліджень було зроблено висновок, що несприятливий вплив сульфату алюмінію був переважно легким і тимчасовим. Довготривалих наслідків для здоров'я від впливу алюмінію в питній воді в цей період не було виявлено.

Причиною надлишку алюмінію часто стає підвищений його вміст у питній воді, повітрі або продуктах, та при нирковій недостатності, тривалому прийомі деяких лікарських препаратів [30,19].

Вміст алюмінію в рослинній їжі в десятки разів вищий, ніж у продуктах тваринного походження. Сучасне харчування не часто включає в себе натуральні або сирі продукти.

Харчові барвники, дріжджі і добавки (літери Е на етикетках) – включають в себе алюміній. Е520, Е521, Е522 або Е523 – вони ж солі алюмінію або сульфати, добре всмоктуються кишківником. У сирі та кухонній солі містяться фосфати і силікати алюмінію Е541, Е554, Е555, Е556, Е559 (ковбаса, цукерки, білий хліб, консерви, печиво і тд.). Правда, вони менш небезпечні, тому що гірше засвоюються в кишківнику [6].

Дані Всесвітньої організації охорони здоров'я від 1997 року говорять про те, що концентрація алюмінію в поверхневих водах досягає зазвичай не більше 0,05 мг/л для нейтральних і лужних вод, але може бути вище для кислих вод (до 90 мг/л).

Згідно з дослідженнями, які проводилися в США вже у 21 столітті, вміст алюмінію в ґрунтових водах може варіюватися в межах 14 - 290 мг/л, а в поверхневих - 16-1170 мг/л. Системного огляду інформації стосовно алюмінію в природних водах України немає.

Згідно з екологічними паспортами регіонів його вміст у природних водах підвищено в:

Запорізькій області в частині проб Дніпровської води вже після її спуску з алюмінієвого комбінату;

Луганській області, багатій промисловими підприємствами насичені алюмінієм води річки Сіверський Донець.

Одними з найбільш широко застосовуваних коагулянтів є якраз солі алюмінію, вони допомагають очистити воду від зважених часток, які містять гумінові та фульвокислоти, бактерії та ін. Зустріти алюміній в українській водопровідній воді можна там, де джерелом водозабору є поверхневі водойми (річки та водосховища), а ось для очищення підземних вод коагулянти у нас не застосовують [35,21,17,10,9].

Токсичність в водному середовищу:

Таблиця 5.1 – Токсичність у водному середовищі

Токсичність в водному середовищу	Ефективна доза	Час дії	Види
1	2	3	4
Гостра токсичність для риб	LC50 = 1 мг/л (розчиненого Al)	96 годин	Danio rerio OECD настанова 203
Довгострокова токсичність для риб	NOEC = 13 мг /л (розчиненого Al)	60 діб	Salvelinus fontinalis
Гостра токсичність для водних безхребетних	EC50 = 0.33 мг/л (розчиненого Al)	48 годин	Daphnia magna OECD настанова 202
Токсичність для водоростей та ціанобактерій	EC50 = 14 мг/л	72 години	P. subcapitata OECD настанова 201

Екологічну безпеку необхідно поєднати з процесом реструктуризації підприємств хімічної промисловості. Під екологічною безпекою розуміється стан навколишнього природного середовища, який за допомогою технічних та організаційно-економічних заходів приводить до відтворення природно-ресурсного потенціалу, попередження техногенного навантаження на довкілля [21].

Заходи із запобігання та ліквідації аварійних і надзвичайних ситуацій та їх наслідків:

Індивідуальні запобіжні заходи: Одягати належні захисні засоби. Уникати пилоутворення. Уникати вдихання пилу. Встановити відповідну вентиляцію.

Порядок дій в аварійних ситуаціях: Зібрати просипи способом, що запобігає утворенню пилу, і помістити в належний контейнер для рекламації або утилізації, поверхню протирати. Провітрити зону розсипів. Запобігти доступ стороннього персоналу.

Засоби захисту навколишнього середовища: Закривати дренажні отвори з метою запобігання потрапляння продукту в навколишнє середовище. У разі потрапляння продукту в річки, озера або в дренажну систему, повідомити відповідні органи.

Методи і матеріали для локалізації та очистки: Підмести або зібрати пилососом і помістити в належний закритий контейнер. Сильні розсипи порошку накрити пластмасовим листом або брезентовим полотном з метою мінімізації поширення. Очистити від залишків продукту, промивши ділянку водою з миючим засобом. Для водних розчинів: обмежити поширення розливів застосуванням інертного абсорбуючого матеріалу (пісок, гравій) [21,23,26,29,30].

ВИСНОВКИ

1. Під час виконання роботи було проведено дослідження щодо властивостей, застосування та промислового виробництва алюміній сульфату, в ході якого були опрацьовані літературні джерела. Визначено основні відомості про сульфат алюмінію $Al_2(SO_4)_3$ та добавку Е 520. Описано фізико-хімічні властивості сполуки, та зазначено сфери та способи використання.

2. Кваліфікаційна робота містить огляд різних технологій виробництва алюміній сульфату, також опис його сировинної бази. Особлива увага приділена методу отримання алюміній сульфату з сирих глини методом спікання із сірчаною кислотою, його перевагою є більш високим вмістом Al_2O_3 . Для цієї технології розроблено удосконалення виробництва, шляхом розведення сульфатної кислоти, за рахунок додавання води в кислоту, до утворення 75% розчину, та додаванням магнітного сепаратору після печі для відділення магнітних домішок.

3. Створено принципову технологічну та апаратно технологічну схеми виготовлення алюміній сульфату. Прораховано матеріальний баланс для даної технології, враховуючи проведені розрахунки виробництва із продуктивністю 1000 кг/добу, використовують 1852 кг вихідної сировини. Також технологія має супутній продукт у вигляді кремнезему, маса якого становить 300 кг/добу.

4. Було проведено економічних розрахунків виробництва, результати свідчать про вартість виготовлення 1т продукту, яка становить 127 605,5 грн. Рентабельність виробництва становить 13,5%. Для впровадження даної технології було обрано відповідне обладнання, яке відповідає усім вимогам продуктивності.

5. Також розраховано реаткор із турбінною мішалкою закритого типу, номінальний об'єм 0,28 м³, а робочий 0,25 м³. Відповідно до розрахунків розроблено креслення апарату, із зазначенням його технічної характеристики.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ, каф. ТЖХТ	<i>Технічне узгодження</i> Бойчук Т. М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Мошак Н. А.	<i>Назва, додаткова назва</i> ВИСНОВКИ	<i>ННІХТ.ХТ-4-14.025.161.077.КР.ПЗ</i>			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т.Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 01.05.2025	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 77/82

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Макаренко О.Г. Фармацевтична розробка лікарських засобів: курс лекцій для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» освітньо-професійної програми «Промислова та фармацевтична біотехнологія» денної та заочної форм здобуття освіти. Київ: НУХТ, 2024. 178 с.

2. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи [Електронний ресурс]: на здобуття освіт. ступ. "Бакалавр" спец. 161 "Хімічні технології та інженерія" освіт.-проф. програми "Хімічна технологія" ден. та заоч. форм здобуття освіти / уклад.: О. В. Подобій, Т. М. Бойчук ; Нац. ун-т харч. технол. - Київ: НУХТ, 2025. - 75 с. - каф. технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів.

3. Ємцева Г.Ф. Економіка підприємства. Конспект лекцій для здобувачів освітнього ступеня бакалавр спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» освітньо-професійної програми «Хімічна технологія» денної форми навчання. Київ: НУХТ. 2023. 170 с.

4. Воробйова В. І., Чигиринець О. Е., Пилипенко Т. М., Хрокало Л. А., Єфімова В. Г. Технічний аналіз харчових добавок та косметичних продуктів. Підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», освітньо-професійної програми «Хімічні технології косметичних засобів та харчових добавок». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 345 с.

5. Мошак Н.А, Бойчук Т.М. *Сульфат алюмінію E520: характеристика та сфери використання*. Матеріали 91-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 7–11 квітня 2025 р. – Київ: НУХТ, 2025. – Ч.2. – 313 с.

6. Ластухін, Ю.О. Харчові добавки. Е-коди. Будова. Одержання. Властивості: навч.посіб. / Ю.О.Ластухін: Львів: Центр Європи, 2009. - 836 с.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Бойчук Т. М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Мошак Н. А.	Назва, додаткова назва СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	ННІХТ.ХТ-4-14.025.161.078.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т.Т.		Інд. змін.	Дата видання 01.05.2025	Мова ua	Аркуш 78/82

7. Shamshidinov Israiljon Mamadjanov Zokir Nematjanovich Nishonov Azamjon Abdullajonovich Sayfidinov Odiljon. Technology of Production of Aluminum Sulphate from Secondary Kaolin in Industrial Environments. Vol. 37 No. 3 (2022): Volume 37 Number 3 Year 2022.
8. LIQUID ALUMINUM SULFATE Material handling & physical properties handbook. Ecovyst.URL: <https://www.ecovyst.com/wpcontent/uploads/2023/09/EcoServices-Liquid-Aluminum-Sulfate-Brochure-2023.pdf>
(Дата звернення: 12.02.2025).
9. Cecilia R. China., Askwar Hilonga., Mihayo M. Maguta., Stephen S. Nyandoro., Swarna V. Kanth1., Gladstone C. Jayakumar., Karoli N. Njau., Preparation of aluminium sulphate from kaolin and its performance in combination tanning. *Springer nature switzerland AG*. 2019.
10. Saisa., Dewi Mulyati & Irhamni., *Production Aluminium Sulphate [(Al₂(SO₄)₃] from Kaolin Jaboi Sabang by Crystallization Step Using a Dry Process.*, Department of Chemical Engineering, Universitas Serambi Mekkah, Aceh, Indonesia.
11. Матеріали XXII Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (м. Київ, Україна, 2021 р.), В.С. Жукова., Л.А. Саблій., Л.Д. Єпішова., *Проблеми водовідведення та очищення стічних вод міст та промислових підприємств України*.
12. Каолін. Генезис, властивості та сфера застосувань. *Інститут геології*. URL: <https://insgeo.com.ua/kaolin/> (Дата звернення: 19.05.2025).
13. E520 (СУЛЬФАТ АЛЮМІНІЯ) - Ataman Kimya. *Ataman Kimya*. URL: https://www.atamanchemicals.com/e520-aluminium-sulphate_u28192/?lang=RU#: (дата звернення: 18.05.2025)
14. *eNUFTIR.Головна*.URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/b5800911-4de5-49ad-b70c-8af8496986fd/content> (дата звернення: 07.03.2025).
15. National Center for Biotechnology Information (2025). PubChem Compound Summary for CID 24850, Aluminum Sulfate. Retrieved June 13, 2025 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Aluminum-Sulfate>.

16. Primary Aluminum Reduction Industry - National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants (NESHAP) | US EPA. *US EPA*. URL: <https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/primary-aluminum-reduction-industry-national-emission-standards> (Дати звернення: 22.05.2025).
17. *MINISTRY OF ECOLOGY AND ENVIRONMENT THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA*. GB 25465-2010. Emission standard of pollutants for a aluminium industry. URL: https://english.mee.gov.cn/Resources/standards/water_environment/Discharge_standard/201010/W020101009500248218698.pdf (дата звернення: 18.05.2025).
18. Небезпечний алюміній | Блоги БДМУ. *БДМУ* | *Головна сторінка*. URL: <https://www.bsmu.edu.ua/blog/nebezpechnij-alyuminij> (дата звернення: 25.04.2025).
19. Aluminum Sulfate. [Medically reviewed](#) by Drugs.com. Last updated on Oct 28, 2024. *Excipient (pharmacologically inactive substance)*.
20. Гелета О.Л., Кічняєв А.М., Ляшок В.І. Характеристика глин, огляд їх запасів і галузей використання // Мінеральні ресурси України: Глини. Частина2 – 2011.-№4 – С. 16-26.
21. ПАСПОРТ БЕЗПЕЧНОСТІ. Алюмінію сульфату згідно з ДСТУ ГОСТ 30333:2009. Дата видання: 20.10.2020.
22. Фармакопейні методи аналізу [Електронний ресурс] : електрон. метод. посібник для студентів ф-ту хімії та фармації / уклад.: Д. В. Снігур, О. М. Гузенко, Т. М. Щербакова, О. М. Жуковецька. – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2023. – 102 с. – 1,3 МБ.
23. Technical purified aluminium sulphate. Technical conditions (with Amendments No. 1, 2): GOST 12966-85 - [Entered into force on 01.01.1987]. - State Committee for Standards, 1987.
24. Запольський, А.К., Виробництво сірчаноокислотного алюмінію і коагулянтів на його основі: Хімія і технологія води. / А. К. Запольський. - №5, 1979. С.15-16.

25. ПОЛУЧЕНИЕ СУЛЬФАТА АЛЮМИНИЯ ИЗ МЕСТНЫХ ГЛИН И КАОЛИНОВ. *Білім және ғылым жаңалықтары*. URL: <https://edunews.kz/articiles/2660-poluchenie-sulfata-alyuminiya-iz-mestnyh-glin-i-kaolinov.html> (дата звернення: 13.04.2025).
26. Journal (American Water Works Association), Vol. 28, No. 1 (JANUARY, 1936), pp. 74-96. PREPARATION AND CONDITIONING OF ALUMINUM SULPHATE SOLUTION BEFORE APPLYING TO WATER. Carl Leipold. Mon, 27 Jun 2016.
27. *Official kvic Main*. URL: <https://www.kviconline.gov.in/pmegp/pmegpweb/docs/commonprojectprofile/AlumPhitkariManufacturing.pdf> (дата звернення: 17.05.2025).
28. China, C.R., Hilonga, A., Maguta, M.M. *et al.* Preparation of aluminium sulphate from kaolin and its performance in combination tanning. *SN Appl. Sci.* **1**, 920 (2019). <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0979-1>
29. Пчелянська Г.О к.е.н доцент Вінницький нац. аграрний ун-т. БЕЗПЕКА ТА ЯКІСТЬ ПРОДОВОЛЬЧИХ ТОВАРІВ: МІЖНАРОДНИЙ АСПЕКТ. *Збірник наукових праць ВНАУ*. Серія: Екон. науки, № 3 (69) Т. 2 2012.
30. Андрусина І. М. - Київ, 2018-38 с. АЛЮМІНІЙ У ПИТНІЙ ВОДІ І ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ
31. Про охорону праці. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення: 08.05.2025).
32. Патент на корисну модель №32399. Спосіб отримання основних сульфатів алюмінію. 12 травня 2008 р.
33. Сульфат алюмінію, E520. *Дюкан Меню - Корисні статті для тих, хто на дієті Дюкан | Dukan Menu | UA*. URL: <https://ua.dukan-menu.com/acidity-regulators-supplements/sulfat-alyum-n-yu-e520> (дата звернення: 18.03.2025).

34. Процеси і апарати харчових виробництв. Курсове проектування: Навч. посіб. / За ред. проф. І.Ф. Малежика. К.: НУХТ, 2012.

35. Aluminum sulfate. <https://go.drugbank.com/drugs/DB11239> (Дата звернення: 03.05.2025р.)