

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

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

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

«__» червня 2024 р.

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

«__» червня 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**
зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми Хімічна технологія
на тему: Удосконалення технології отримання кальцій хлориду

Виконав: здобувачка 4 курсу, групи ХТ-4-13
_____ Гірний Богдан Ярославович _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Керівник Бойчук Тетяна Михайлівна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
_____ (підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент _____
(підпис) _____ Тетяна ПЕТРЕНКО _____
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Здобувач (ка) _____
(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Хімічна технологія

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГЖХТ

Тамара НОСЕНКО

“ ” 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Гірний Богдан Ярославович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології отримання кальцій хлориду

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

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

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

2. Строк подання здобувачем роботи 01.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи потужність виробництва кальцій хлориду становить 1000 кг/добу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ, аналітичний огляд науково-технічної літератури, технологічна частина, техніко-економічне обґрунтування, організація контролю якості продукції, екологічна безпека, охорона праці, висновки, список використаної літератури, додаток

5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1. Принципова-технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 2. Апаратурно-технологічна схема, формат аркушу А1

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

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 15 квітня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП	13.05.2024	
2	РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	14.05.2024-16.05.2024	
3	РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	17.05.2024-20.05.2024	
4	РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	21.05.2024-23.05.2024	
5	РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	24.05.2024-25.05.2024	
6	РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	24.05.2024-27.05.2024	
7	РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ	25.05.2024-29.05.2024	
8	ВИСНОВКИ	30.05.2024-31.05.2024	
9	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	02.05.2024-30.05.2024	
10	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. ПРИНЦИПОВА-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	13.05.2024-19.05.2024	
11	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	20.05.2024-28.05.2024	
12	ДОДАТОК	31.05.2024	
13	ПЕРЕДЗАХИСТ, ПЕРЕВІРКА НА АКАДЕМПЛАГІАТ, РЕЦЕНЗУВАННЯ КР	03.06.2024-07.06.2024	

Здобувач _____
(підпис)

Богдан ГІРНИЙ _____
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи _____
(підпис)

Тетяна БОЙЧУК _____
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Гірний Б. Удосконалення технології отримання кальцій хлориду

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА: 64С., 7 РИС., 18 ТАБЛ., 22
ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.

В даній кваліфікаційній роботі описано удосконалення технології рідкого кальцію хлориду з продуктивністю 1000кг/добу. Проаналізовано сучасні методи отримання рідкого кальцій хлориду, описано її застосування в різних галузях. Розроблено удосконалення технології виробництва рідкого кальцій хлориду, як побічної речовини на виробництві кальцинованої соди методом Сольве. Розраховано матеріальний баланс продуктивність 1000 кг на добу, по кожній стадії. Здійснено підбір основного обладнання на основі якого було складено апаратурно-технологічну схему. Розраховано реактор змішування з якірною мішалкою. Також проведено аналіз економічної ефективності. Наведено методи контролю якості кальцій хлориду. Розглянуто нормативні-правові акти з питань охорони праці.

КЛЮЧОВІ СЛОВА:РІДКИЙ КАЛЬЦІЙ ХЛОРИД, ХАРЧОВА ДОБАВКА, ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, КОНСЕРВАНТ, РЕАКТОР ЗМІШУВАННЯ ЗЯКІРНОЮ МІШАЛКОЮ.

ABSTRACT

Girnyi B. Improvement of the technology of calcium chloride production

EXPLANATORY NOTE: 66 P., 7 FIGURES, 18 TABLES, 22 REFERENCES.

This qualification work describes the improvement of the technology of liquid calcium chloride with a capacity of 1000 kg/day. Modern methods of producing liquid calcium chloride are analyzed, its application in various industries is described. Improvements in the technology of production of liquid calcium chloride as a by-product in the production of soda ash by the Solvay method have been developed. The material balance of the production capacity of 1000 kg per day for each stage is calculated. The selection of the main equipment was carried out, on the basis of which the hardware and technological scheme was drawn up. A mixing reactor with an anchor stirrer was designed. An analysis of economic efficiency was also carried out. Methods of quality control of calcium chloride are presented. Regulatory and legal acts on labor protection are considered.

KEYWORDS: LIQUID CALCIUM CHLORIDE, FOOD ADDITIVE, PRODUCTION TECHNOLOGY, PRODUCTIVITY, PRESERVATIVE, MIXING REACTOR WITH ANCHOR STIRRER.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ... 9	9
1.1 Характеристика кальцій хлориду	9
1.2 Галузі використання.....	9
1.3 Аналіз існуючих технологій виробництва	16
1.4 Ринок збуту хлориду кальцію.....	18
1.5 Вплив кальцій хлориду на здоров'я людини.....	18
РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	20
2.1 Характеристика сировин.....	20
2.2 Опис принципово-технологічної схеми отримання CaCl ₂	21
2.3 Розрахунок матеріального балансу	24
2.4 Розрахунок та підбір основного обладнання	33
2.5 Розрахунок реактора змішування з якірною мішалкою.....	35
2.6 Опис апаратурно технологічної схеми.....	39
РОЗДІЛ III ТЕХНІКО ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	41
3.1. Розрахунок капітальних витрат	41
3.2 Розрахунок випуску продукції	42
3.3 Розрахунок чисельності працівників та фонду оплати праці	43
3.4 Розрахунок вартості сировини, основних та допоміжних матеріалів на річний обсяг виробництва продукції	44
3.5 Розрахунок амортизаційних нарахувань та витрат на поточний та капітальний ремонт.....	45
3.6 Показники економічної ефективності.....	47
РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	48
РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	51
5.1 Охорона праці на підприємств	51
XI. Охорона праці.....	52
XII. Праця жінок.....	52
XIII. Праця молоді.....	52
5.2 Заходи безпеки навколишнього середовища на виробництві.....	58
ВИСНОВКИ	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	62

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Бойчук Т. М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Гірний Б. Я.	Назва, додаткова назва ЗМІСТ	ННІХТ.ХТ-4-13.024.161.006.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т. Т.		Інд. змін.	Дата видання 15.04.2024	Мова ua	Аркуш 6/64

ВСТУП

Кальцій хлорид харчовий (E509) - це неорганічна сполука, яка широко використовується в харчовій промисловості як консервант, регулятор кислотності та загусник. Його властивості, такі як висока розчинність, гігроскопічність та здатність зв'язувати воду, роблять його цінним реагентом у багатьох процесах виробництва харчових продуктів. Крім того, кальцій хлорид відіграє важливу роль у біологічних системах, будучи важливим елементом для функціонування м'язів і нервів.

Кальцій хлорид використовують у виробництві картопляного борошна, сухого картопляного пюре, бринзи, мармеладу, джему, молочних продуктів, хлібних виробів та консервованих продуктах. Він є безпечним до вживання, але при передозуванні може викликати подразнення шлунка, також не рекомендується людям з порушенням роботи нирок.

У фармакології кальцій хлорид використовується як допоміжна і діюча речовина. Кальцію хлорид, 10% розчин для ін'єкцій застосовують при різних патологічних станах: при недостатній функції паращитоподібних залоз, посиленому виділенні кальцію з організму, при алергічних захворюваннях і алергічних ускладненнях, пов'язаних з прийомом ліків, для зменшення проникності судин, при геморагічному васкуліті, явищах променевої хвороби, при запальних і ексудативних процесах, при шкірних захворюваннях, при паренхіматозному гепатиті, токсичному ураженні печінки, нефриті.

Також кальцій хлорид застосовують як допоміжну речовину, завдяки його корисним властивостям. У виробництві альгінатних гранул його використовують для формування гранул. Розчин натрію альгінату з ДР (діючі речовини) додають у водний розчин кальцію хлориду, внаслідок чого відбувається утворення осаду кальцію альгінату, що формує гранули. У протиглаукомних очних крапель кальцій хлорид застосовується як регулятор осмотичного тиску.

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Бойчук Т. М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Гірний Б. Я.	Назва, додаткова назва ВСТУП	ННІХТ.ХТ-3-14.024.161.007.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т. Т.		Інд. змін.	Дата видання 15.04.2024	Мова ua	Аркуш 7/65

Метою роботи є удосконалення технології виробництва кальцій хлориду .

Об'єктом кваліфікаційної роботи є технологія виробництва кальцій хлориду

Предметом дослідження є харчова добавка кальцій хлорид (Е 509)(рідка форма).

Завдання :

- 1.Підібрати та проаналізувати літературні джерела щодо промислового виробництва кальцій хлориду
2. Аналіз можливих методів отримання рідкого кальцій хлориду та вибір найбільш доцільного способу його отримання, за даною технологією скласти принципово-технологічну схему.
- 3.Удосконалення технології виробництва харчової добавки кальцій хлориду.
- 4.У відповідності до принципово-технологічної схеми розрахувати матеріальний баланс до кожної стадії.
- 5.Розрахувати техніко-економічні показники, такі як: рентабельність підприємства, собівартість продукції.
- 6.Розробити її апаратурно-технологічну схеми, здійснити підбір основного технологічного обладнання

РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Характеристика кальцій хлориду

Хлорид кальцію (CaCl_2) - це неорганічна біла кристалічна речовина, кальцієва сіль хлоридної кислоти, яка має індекс E509. Він має високу розчинність у воді, легко поглинає вологу з повітря і має гігроскопічні властивості. Кальцій хлорид, не є дуже поширеною речовиною, на відміну від інших сполук кальцію. В природі він знаходиться в морській воді, або в земних надрах у вигляді мінералів. Хлорид кальцію існує в безводній формі, а також у вигляді гідратів ($\text{CaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), найпоширенішим з яких є дигідрат ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) [1-3].

Кальцій хлориду володіє широким спектром хімічних і фізичних властивостей:

- зовнішній вигляд (білі кристали або гранули);
- молекулярна маса (111 г/моль);
- температура плавлення (772 °C);
- температура кипіння (1600°C);
- розчинність у воді (74,5 г/ 100 г води при 20 °C) [4].

1.2 Галузі використання

Кальцій хлорид має широкий спектр застосування в різних галузях: харчова, нафтопереробна, металургія, виробництво пластмас та паперу, виробництво гуми, та барвників, як холодо агент та реагент в процесах водоочисник стічних вод промисловості та народного господарства, як осушувач газів, у виробництві вогнезахисних тканин. Основною формою продукції є порошок, пластівці та гранули, або рідка форма. За сортністю ринок поділяє на два основні сорти: хлористий кальцій промислового сорту (технічний); харчовий хлорид кальцію. Також кальцій хлорид поділяють за

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Бойчук Т. М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Гірний Б. Я.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ І АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	ННІХТ.ХТ-3-14.024.161.009.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т. Т.		Інд. змін.	Дата видання 15.04.2024	Мова ua	Аркуш 9/64

його концентрацією. У таблиці 1.1 наведено технічні характеристики та галузі застосування CaCl₂ [5,6].

Таблиця 1.1

Технічні характеристики CaCl₂

Застосування	Форма випуску
Підготовка/обслуговування доріг; Затвердіння бетону;	Розчин: не визначенні концентрації; Сухий : Три сорти на основі 77%, 90%, 94%.
Очищення комунальних та промислових вод;	Сухі: у вигляді пластівців, гранул або гранульований порошок, брикет.
Секвестрант у харчових продуктах, консервант, багатоцільова харчова добавка.	Сухий: Дигідрат 99-107% від формульної маси; безводний: мінімум 93,0% CaCl ₂ . Рідкий : 33% CaCl ₂
Вологопоглинач	дигідрат: 74-78% CaCl ₂ не менше 96% CaCl ₂
для осушування	Використовувати специфікації ACS для дигідрат і безводний
Загальний	дигідрат:99-107% CaCl ₂ ·2H ₂ O; Кальцію хлорид для ін'єкцій, стерильний розчин у воді, 95-105% мічений CaCl ₂ - 2H ₂ O

Хлорид кальцію промислового сорту має характеризується виділенням тепла при контакті з водою та має низьку точку замерзання. Завдяки цим параметрам його використовують для танення та прибирання снігу: як реагент який вступає в екзотермічну реакцію зі снігом з виділенням тепла. Для запобігання ожеледиць та більшого зчеплення автомобільних шин з поверхнею

дорожнього покриття, кальцій хлорид посипають на дорожню ділянку. Частіше всього його використовують у суміші з натрій хлоридом (наприклад в США така суміш готується 2:1). На рисунку 1.1 здатність до плавлення хлористих солей [7].

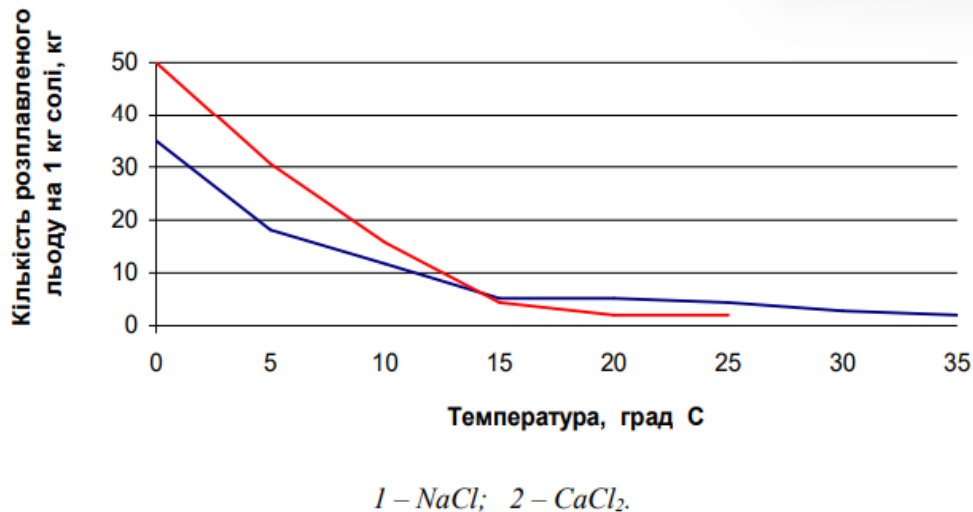


Рис. 1.1 Здатність до плавлення хлористих солей

Харківським національним автомобільно-дорожнім університетом (ХНАДУ), Українським державним виробничо-технологічним підприємством „Укрдортехнологія” та Державним дорожнім науково-дослідним інститутом ім. Шульгіна (ДерждорНДІ) розроблені „Єдині правила зимового утримання автомобільних доріг” (П.Г.1-218-118:2005), які затверджено наказом Державної служби автомобільних доріг України (Укравтодор) № 525 від 15.11.2005 року. В них визначено основні вимоги щодо технологій та організації робіт з зимового утримання доріг, охорони довкілля та вимоги безпеки під час зимового утримання автомобільних доріг, а також наведено вимоги до протижеледних матеріалів (фракційних, хімічних) та усереднені норми розподілення чистих хлоридів. Ці норми наведено і в „Методичних вказівках з організації експлуатаційного утримання магістральних доріг в зимових умовах” (МВ 218-03449261-419:2005). У додатку А наведено усереднені норми розподілу чистих хлоридів [7]

Також промисловий кальцій хлорид володіє вологопоглинаючою функцією. Завдяки цьому його використовують для усунення туману в корабельних портах, збору пилу, для вогнезахисних тканин, та як осушувач

газів (азоту, кисню, водню, хлористого водню, діоксиду сірки та інших газів)[5].

З 1885 року кальцій хлорид почали використовувати у виробництві бетону, та знаходить застосування в основному в холодну пору року, завдяки його можливості наблизити міцність бетону, до твердого при нормальному стані температури затвердіння. У звичайних умовах хлорид кальцію використовується для прискорення процесу схоплювання і твердіння для більш ранньої фінішної обробки або розпалубки форми. Крім впливу на час схоплювання, хлорид кальцію має незначний вплив на властивості свіжого бетону. Було помічено що додавання CaCl_2 дещо підвищує оброблюваність і зменшує кількість води, необхідної для отримання заданої усадки [8].

У фармакології кальцій хлорид використовується як допоміжна і діюча речовина. Кальцію хлорид, 10% розчин для ін'єкцій застосовують при різних патологічних станах: при недостатній функції паращитоподібних залоз, посиленому виділенні кальцію з організму, при алергічних захворюваннях і алергічних ускладненнях, пов'язаних з прийомом ліків, для зменшення проникності судин, при геморагічному васкуліті, явищах променевої хвороби, при запальних і ексудативних процесах, при шкірних захворюваннях, при паренхіматозному гепатиті, токсичному ураженні печінки, нефриті. Застосовують також кальцію хлорид як кровоспинний засіб при легеневих, шлунково-кишкових, носових, маткових кровотечах, у хірургічній практиці для підсилення згортання крові, як протиотруту при отруєнні солями магнію та ін. На рисунку 1.2 зображено кальцію хлорид, 10% розчин для ін'єкцій [9]

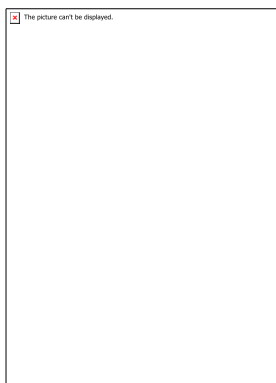


Рис. 1.2 Кальцію хлорид, 10% розчин для ін'єкцій

Також кальцій хлорид застосовують як допоміжну речовину, завдяки його корисним властивостям. У виробництві альгінатних гранул його використовують для формування гранул. Розчин натрію альгінату з ДР (діючі речовини) додають у водний розчин кальцію хлориду, внаслідок чого відбувається утворення осаду кальцію альгінату, що формує гранули. У протиглаукомних очних крапель кальцій хлорид застосовується як регулятор осмотичного тиску. Також як допоміжну речовину його використовують як :

- Антимікробний консервант;
- Десикант;
- В'язучий агент;
- Регулятор вивільнення[10,11].

У харчовій промисловості використовується як добавка Е50 у вигляді розчину, порошку, гранул та в рідкій формі. Кальцій хлорид виконує такі функції харчової добавки: агент твердіння; стабілізатор; регулятор дозрівання; стабілізатор консистенції; консервант. На рисунку 1.3 зображено харчову добавку Е 509 (гранули) [12].

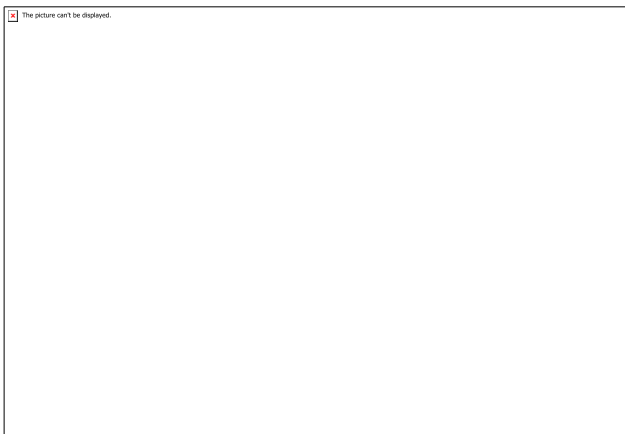


Рис. 1.3 Харчова добавка Е 509 (гранули)

Кальцій хлорид (Е 509) додається в картопляне борошно, сухе картопляне пюре, бринзу, мармелад, джеми в якості агента твердіння та стабілізатора. Як агент твердіння його застосовують більше у виробництві у мармеладу та джему. У таблиці 1.2 вказано максимально допустимий рівень (МДР) застосування добавки у виробництві продуктів.

МДР застосування кальцій хлориду у виробництві продуктів

Застосування у виробництві продукту	МДР (мг/кг або л/кг)
Картопляне борошно, картопляне пюре сухе	1500
Зелений горіх консервований,	700
сири, бринза	500
Мармелад, желе, джеми	200
Драже лікерне	300
Хліб (активація ферментів)	5 мг/кг борошна

Також кальцій хлорид прискорює процес твердіння продукту завдяки таким характеристикам:

- Збільшення іонної сили;
- Зневоднення [13].

Збільшення іонної сили: кальцій хлорид при розчиненні у воді дисоціює на іони кальцію та хлориду. Ці іони нейтралізують негативні заряди на поверхні частинок матеріалу, що дозволяє їм зближуватися і утворювати більш міцні зв'язки [14].

Зневоднення: завдяки властивості кальцій хлориду поглинати вологу, продукт зневоднюється та стає більш твердим. Також це може сприяти кристалізації продукту.

Також використовується у сироварні для сприяння коагуляції сичужного ферменту (пектин, альгінат або каррагенан) та кальцію, втраченого під час пастеризації. Додавання хлориду кальцію в пастеризоване і гомогенізоване молоко відновлює втрати кальцію (частина солей кальцію може переходити із розчинного стану в нерозчинний) молоком під час теплового оброблення молока в процесі термізації та пастеризації, що супроводжується погіршенням

сичужного зсідання молока й отриманням надто ніжного за консистенцією згустку. Тому у нормалізовану суміш додають 40 %-й розчин хлориду кальцію із розрахунку 10...40 г зневодненої солі на 100 кг молока. Найоптимальнішою для сировини високої якості є дозування 15...20 г солі на 100 кг молока. Зменшення дози солі до 10...15 г на 100 кг молока можливе в процесі використання зрілого молока. Наявність хлориду кальцію скорочує тривалість коагуляції білка, сприяє зміцненню згустку та зменшенню втрат казеїну. Сіль не тільки покращує смак сиру, вона також є регулятором мікробіологічних й біохімічних процесів, впливає на колоїдно-фізичні властивості сирної маси, сприяє утворенню кірки. В середину сиру сіль дифундує повільно; в центрі головок твердих сирів вона з'являється лише на 30-й день після засолювання не перешкоджаючи інтенсивному розвитку молочнокислих бактерій. Сировари також додають його для компенсації сезонних змін складу молока (використовують $\frac{1}{4}$ чайної ложки хлориду кальцію на 3,5 літра молока). Попередньо кальцій розводять в $\frac{1}{4}$ склянки чистої води і додають в нагріте молоко [15]. На рисунку 1.4 зображено рідкий кальцій хлорид для отримання сиру.



Рис. 1.4 Рідкий кальцій хлорид для отримання сиру

1.3 Аналіз існуючих технологій виробництва

Хлорид кальцію виробляють у промислових кількостях різними способами:

1. Очищення природних розсолів;
2. Взаємодія гідроксиду кальцію з хлоридом амонію в виробництві кальцинованої соди методом Сольве;
3. Взаємодія соляної кислоти з карбонатом кальцію.

На перші два процеси припадає 90 % загального виробництва хлориду кальцію [6].

Перший метод використовують більш для отримання рідкого кальцій хлориду (з вмістом 30-35% CaCl_2), також в цій технології можна включити отримання безводного, додавши стадії сушіння та кристалізації.

Рідкий має такі переваги над безводним:

- Рідкий як харчова добавка можна додавати у будь якій стадії виробництва, а безводний тільки у стадії змішування інгредієнтів;

- Рідкий кальцій хлорид дешевший;

За даною технологією виробництва кальцій хлориду, його видобувають як розсіл з підземних джерел. Добування розсолу поділяється на два способи:

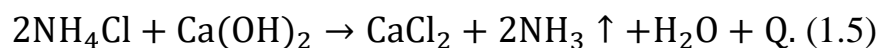
- Фонтанний - за допомогою пластового тиску.
- Насосний - за допомогою спеціального обладнання.

Далі розсіл очищують від домішків(розчинних, нерозчинних). Для видалення розчинних використовують випаровування або осадження, а для нерозчинних фільтрування, відстоювання. На промисловому виробництві дають перевагу більш фільтруванню та випаровуванню, із за швидкості та легкості проведення процесів. На наступному етапі кальцій хлорид концентрують за допомогою вакуум-випарних установок, багатоступеневим випарювання. Це робиться для видалення води з очищеного розчину, та для отримання певної концентрації кальцій хлориду. Далі розчин кристалізують, спочатку концентрований розчин охолоджують, та потім відділяють кристали за допомогою гідроциклону. Отриманні кристали осушують для видалення

залишків вологи, та подрібнюють до певного розміру (гранули або порошок).

Цей спосіб є доступним, так як в багатьох регіонах є природні родовища з вмістом кальцій хлориду. Також і економічним, завдяки дешевості сировини, та очищення розсолу. Але недоліками цього способу є його сезонність, та залежність від наявності природних підземних родовищ [6,17]

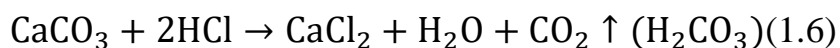
Другий спосіб встановлено на очищенні розчину CaCl_2 , який є відходом з виробництва кальцинованої соди аміачним способом методом Сольве. Розчин утворюється на стадії регенерації аміаку в колоні регенерації (дистиляційна колона). На рисунку 1.5 зображено екзотермічну реакцію амоній хлориду з вапняним молоком з утворенням кальцій хлориду [16].



Далі розчин кальцій хлориду іде на подальше очищення, або скидається як відхід у шлаковий басейн. Очищення розчину проводиться стадіями які вказані у першому способі [17].

Цей спосіб має перевагу над іншими: так як він не залежний від обмеженого ресурсу природних джерел; тому що не потребує закупівлі декількох речовин для отримання розчину, бо закупається на заводах по виробництву кальцинованої соди; екологічний так як може виключити відходи кальцій хлориду, у шлаковий басейни з виробництва кальцинованої соди методом Сольве.

Третій спосіб встановлено на реакції соляної кислоти з карбонатом кальцію. На рисунку 1.6 зображено реакцію соляної кислоти з карбонатом кальцію.



Такий метод отримання є більш лабораторний із за виділення вуглекислого газу. Він є менш поширений ніж попередні, бо має багато недоліків. По перше, він є не дешевим, так як потребує закупівлю двох речовин для створення розчину. По друге він не екологічний з точки зору виділення вуглекислого газу, тому потребує способу утилізації із за своєї шкідливості.

1.4 Ринок збуту хлориду кальцію

За сортністю ринок поділяється на харчовий і промисловий. Протягом прогнозованого періоду сегмент промислового сорту, ймовірно, буде домінувати на світовому ринку хлориду кальцію. Оскільки він використовується в багатьох промислових аспектах, таких як нафта та газ, гірнична справа тощо. Крім того, застосування промислового хлориду кальцію можна описати як затверджувач у виробництві фарби, коагулянт у виробництві гуми, хлоридний агент і добавку в металургії, добавку в паперовій промисловості, включаючи видалення фарби з переробленого паперу, виробництво барвників і друк. , коагулянт для альгінату натрію в хімічній промисловості та як допоміжний засіб для охолодження [18].

Очікується, що сукупний середньорічний темп зростання глобального ринку хлориду кальцію становитиме близько 5% протягом прогнозованого періоду (2022–2028). Як очікується, ринок стане свідком завдяки зростанню нафтопереробних заводів і заводів. Наприклад, дорожні органи Північної Америки щорічно висипають на дороги близько 15 мільйонів тонн солі хлориду кальцію, щоб забезпечити достатнє зчеплення та зчеплення шин транспортних засобів із льодом на дорозі. Завдяки фактам екологічно чистого навколишнього середовища без вуглецю та швидкому розвитку житлових, комерційних і промислових сегментів сприяють зростанню ринку хлориду кальцію в усьому світі [18].

1.5 Вплив кальцій хлориду на здоров'я людини

Загалом, хлорид кальцію не вважається токсичним. Оскільки хлорид кальцію гігроскопічний, слід дотримуватися загальних заходів безпеки: носити рукавички, одяг з довгими рукавами, взуття та захисні окуляри. Контакт зі шкірою може викликати легке подразнення на сухій шкірі. Міцні розчини або тверді речовини при контакті з вологою шкірою можуть викликати сильне подразнення і, можливо, опіки . Хлорид кальцію може викликати подразнення та опік очей через тепло гідролізу та подразнення хлоридом. Вдихання може подразнювати легені, ніс і горло з симптомами кашлю та задишки.

Проковтування може спричинити подразнення слизової оболонки через високу температуру гідролізу. Велика кількість може спричинити шлунково-кишкові розлади, блювання та біль у животі. [6]

Сухий хлористий кальцій можна зберігати в будівельних контейнерах. Слід подбати про те, щоб мінімізувати вологу. Його слід тримати в щільно закритій тарі, зберігати в прохолодному, сухому, провітрюваному приміщенні. [6].

РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика сировин

Амоній хлорид (NH_4Cl)- це білі кристали, що мають вигляд сипучого порошку. Запаху не має, смак -солонуватий. Він має здатність добре розчинятися в воді та рідкому аміаку, але погано розчиняється в органічних розчинниках. У харчовій промисловості застосовується, як харчова добавка Е 510, у ролі агента твердіння (за технологічної необхідності).

Властивості амоній хлориду:

- Молекулярна маса: 53,50 г/моль
- Щільність: 1,54 г/см³
- Точка плавлення: 337,7 °С (637,9 °F)
- Точка кипіння: 570 °С (1058 °F)
- Розчинність у воді: 31,6 г/100 мл при 20 °С (68 °F)

Гашене вапно ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)- білий дрібнокристалічний порошок, який утворюється при реакції негашеного вапна (оксиду кальцію) з водою. У харчовій промисловості застосовується, як харчова добавка Е 526, у ролі агента твердіння, регулятор кислотності та стабілізатора.

Фізичні властивості: Білий порошок, малорозчинний у воді. За температури 20 °С у 100 г води розчиняється 0,185 г кальцій гідроксиду, також, на відміну від багатьох твердих речовин, із підвищенням температури його розчинність знижується: майже у два рази менша у киплячій воді.

- Запах: Слабкий лужний.
- Щільність: 2,08-2,34 г/см³.
- Температура плавлення: 580 °С.
- Температура кипіння: 1580 °С.

Рідкий кальцій хлорид - це розчин CaCl_2 у воді, допускається не менше 32 % вмісту (CaCl_2), який використовується як харчова добавка. Як харчова

Відповідальна організація НУХТ, каф. ТЖХТ	Технічне узгодження Бойчук Т. М.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Гірний Б. Я.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	ННІХТ.ХТ-3-14.024.161.020.КР.ПЗ			
	Документ затверджено Носенко Т. Т.		Інд. змін.	Дата видання 15.04.2024	Мова ua	Аркуш 20/64

добавка він себе зарекомендував як : агент твердіння; стабілізатор; регулятор дозрівання; стабілізатор консистенції; консервант. Також є сухий кальцій хлорид, але перевага залишається за рідким. Для отримання сухого кальцій хлориду, у принципову-технологічну схему вводять стадію сушіння, в ній вода випаровується, після чого утворюється CaCl_2 вмістом понад 90% [12-13].

Отриманий кальцій хлорид використовують у виробництві картопляного борошна, сухого картопляного пюре, бринзи, мармеладу, джему, молочних продуктів, хлібних виробів та консервованих продуктах. Він є безпечним до вживання, але при передозуванні може викликати подразнення шлунка, також не рекомендується людям з порушенням роботи нирок [6].

В Україні харчову добавку E 509 використовують в таких продуктах: сир «Розумний вибір» (як ущільнювач); зелений горошок «Верес» (як ущільнювач); сир сулугуні «Яготинський» (як закріплювач); сир м'який камамбер «President» (як стабілізатор); сир з пліснявою Lazur blue «Lazur» (як стабілізатор) [19].

2.2 Опис принципово-технологічної схеми отримання CaCl_2

На рисунку 2.1 зображено принципово-технологічну схему отримання кальцій хлориду .

Регенерація аміаку

Отримання кальцій хлориду починається на виробництві кальцинованої соди на стадії регенерації аміаку. Стадія проходить у відділенні дистиляції, де проходить реакція амоній хлориду з кальцій гідроксидом. При цьому утворюється аміак який транспортується на подальше виробництво кальцинованої соди, а CaCl_2 подається у збірник накопичувач.

Фільтрування I.

Стадія фільтрування проводять за тиском 30 кПа (кіло Паскаль), у барабанному вакуум-фільтрі з зовнішньою фільтрувальною поверхнею. Мета цієї стадії видалити нерозчинні домішки які можуть в подальшому зашкодити проходженню процесу або пошкодити обладнання.

Осадження.

У розчині кальцій хлориду з виробництва кальцинованої соди присутні кислотні залишки, тому для виготовлення чистої харчової добавки кислоти нейтралізують завдяки $\text{Ca}(\text{OH})_2$, у реакторі змішування з якірною мішалкою.

Фільтрування II.

Після осадження кальцій хлорид очищують від домішків для подальшої нанофільтрації, з рейтингом фільтрації 200 мкм.

Нанофільтрація.

Очищений розчин кальцій хлорид подається в мембранний апарат, де проходить нанофільтрація при тиску 0,8-1,3 МПа, для видалення осаджувальних кислотних залишків сульфатної кислоти.

Випаровування

Стадія випаровування проводиться з метою досягнення потрібної концентрації 33% кальцій хлориду, за допомогою випаровування води з розчину.

Охолодження

На стадії охолодження, концентрований кальцій хлориду охолоджується при температурі 20-25 °С. Отриманий продукт подається в збірник на зберігання сировини

.

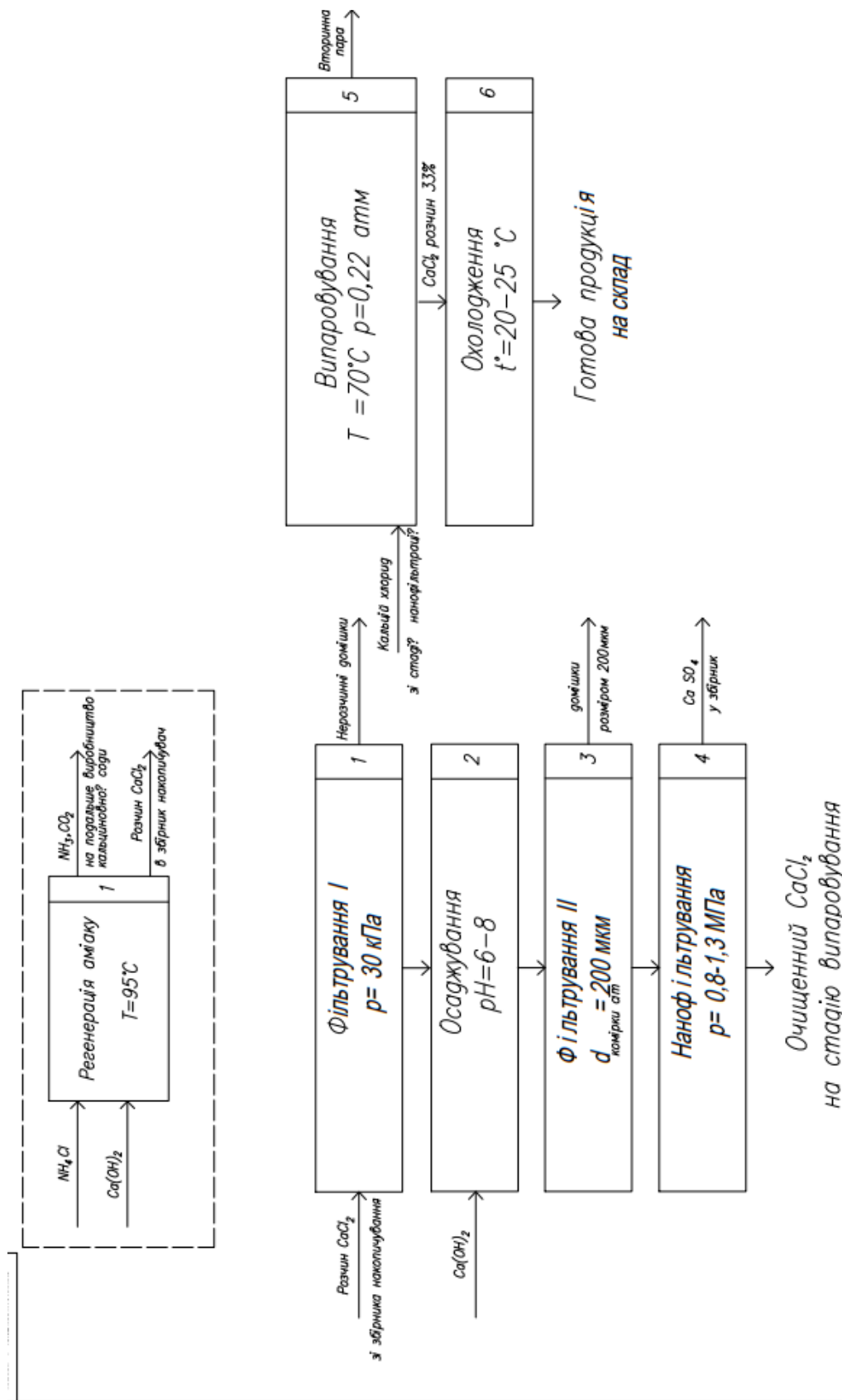
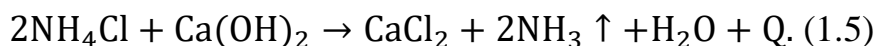


Рис.2.1 Принципово-технологічна схема отримання кальцій хлориду

2.3 Розрахунок матеріального балансу

Розроблена технологія базується на очищенні розчину CaCl_2 , який є відходом з виробництва кальцинованої соди аміачним способом методом Сольве. Розчин утворюється на стадії регенерації аміаку в колоні регенерації (дистиляційна колона). [16]



Далі розчин кальцій хлориду іде на подальше очищення.

Вихідні дані

Продуктивність реактора за цільовим продуктом

за цільовим продуктом CaCl_2 , *т/доба* $P_{\text{CaCl}_2} = 1000 \text{ кг/добу}$ або 1т/добу

Вміст домішок у складі технічного реагенту NH_4OH , % мас..... $\omega_{\text{дом.}} = 3 \%$

Вміст домішок у складі технічного реагенту $\text{Ca}(\text{OH})_2$, % мас..... $\omega_{\text{дом.}} = 0,7 \%$

Конверсія реагенту NH_4OH $X_{\text{NH}_4\text{OH}} = 0,5$

Конверсія реагенту $\text{Ca}(\text{OH})_2$ $X_{\text{Ca}(\text{OH})_2} = 0,33$

Конверсія реагенту H_2O $X_{\text{H}_2\text{O}} = 1$

Реакція утворення цільового продукту :



Розрахунок матеріального балансу стадії регенерації аміаку.

1. Розраховуємо молярні маси всіх учасників реакції:



$$2M_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 2 \cdot 53,5 \text{ кг/кмоль} = 107 \text{ кг/кмоль}$$

$$1M_{\text{Ca}(\text{OH})_2} = 1 \cdot 74 \text{ кг/кмоль} = 74 \text{ кг/кмоль}$$

$$1M_{\text{CaCl}_2} = 1 \cdot 111 \text{ кг/кмоль} = 111 \text{ кг/кмоль}$$

$$2M_{\text{NH}_3} = 2 \cdot 17 \text{ кг/кмоль} = 34 \text{ кг/кмоль}$$

$$2M_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \cdot 18 \text{ кг/кмоль} = 36 \text{ кг/кмоль}$$

Перевірка результатів:

$$06,5 \text{ кг/кмоль} + 74 \text{ кг/кмоль} = 111 \text{ кг/кмоль} + 34 \text{ кг/кмоль} + 36 \text{ кг/кмоль}$$

$$181 \text{ кг/кмоль} = 181 \text{ кг/кмоль}$$

2. Перераховуємо продуктивність виробничої лінії у кг/год:

$$m_{CaCl_2} = \frac{P_{CaCl_2} \cdot 1000}{24} = \frac{1 \text{ т/доба} \cdot 1000}{24} = 41,70 \text{ кг/год}$$

3. Розраховуємо стехіометричну кількість реагенту NH_4OH необхідного для утворення 41,7 кг/год цільового продукту:

$$m_{2NH_4OH} = \frac{aM_{2NH_4OH} \cdot m_{CaCl_2}}{rM_{CaCl_2}} = \frac{107 \text{ кг/кмоль} \cdot 41,7 \text{ кг/год}}{111 \text{ кг/кмоль}} \\ = 40,20 \text{ кг/год}$$

4. Знаходимо масу чистого NH_4OH з урахуванням його конверсії:

$$m'_{2NH_4OH} = m_{2NH_4OH} \cdot \frac{1}{X_{2NH_4OH}} = 40,20 \text{ кг/год} \cdot \frac{1}{0,5} = 80,4 \text{ кг/год}$$

5. Розраховуємо масу непрореагованого залишку реагента NH_4OH :

$$\Delta m'_{2NH_4OH} = m'_{2NH_4OH} - m_{2NH_4OH} = 80,4 \text{ кг/год} - 40,20 \text{ кг/год} \\ = 40,2 \text{ кг/год}$$

6. Маса технічного реагенту NH_4OH з урахуванням складу :

$$m''_{2NH_4OH} = m'_{2NH_4OH} \cdot \frac{100\%}{100\% - \omega_{\text{дом.}2NH_4OH} \%} = 80,4 \text{ кг/год} \cdot \frac{100\%}{100\% - 3\%} \\ = 82,9 \text{ кг/год}$$

7. Маса домішок технічного реагенту NH_4OH :

$$\Delta m''_{2NH_4OH} = m''_{2NH_4OH} - m'_{2NH_4OH} = 82,9 \text{ кг/год} - 80,4 \text{ кг/год} \\ = 2,5 \text{ кг/год}$$

Розрахунки стосовно реагенту $Ca(OH)_2$

8. Розраховуємо стехіометричну кількість реагенту $Ca(OH)_2$, необхідного для утворення 41,7 кг/год цільового продукту:

$$m_{Ca(OH)_2} = \frac{bM_{Ca(OH)_2} \cdot m_{CaCl_2}}{rM_{CaCl_2}} = \frac{74 \text{ кг/кмоль} \cdot 41,7 \text{ кг/год}}{111 \text{ кг/кмоль}} = 27,8 \text{ кг/год}$$

Знаходимо масу чистого $Ca(OH)_2$ з урахуванням його конверсії

$$m'_{Ca(OH)_2} = m_{Ca(OH)_2} \cdot \frac{1}{X_{Ca(OH)_2}} = 27,8 \text{ кг/год} \cdot \frac{1}{0,33} = 84,24 \text{ кг/год}$$

9. Розраховуємо масу непрореагованого залишку реагента $Ca(OH)_2$:

$$\Delta m'_{Ca(OH)_2} = m'_{Ca(OH)_2} - m_{Ca(OH)_2} = 84,24 \text{ кг/год} - 27,8 \text{ кг/год} \\ = 56,44 \text{ кг/год}$$

10. Маса технічного реагенту $Ca(OH)_2$ з урахуванням складу :

$$m''_{Ca(OH)_2} = m'_{Ca(OH)_2} \cdot \frac{100\%}{100\% - \omega_{\text{дом.}Ca(OH)_2} \%} = 84,24 \text{ кг/год} \cdot \frac{100\%}{100\% - 0,7\%} \\ = 84,83 \text{ кг/год}$$

11. Маса домішок технічного реагенту $Ca(OH)_2$:

$$\Delta m''_{Ca(OH)_2} = m''_{Ca(OH)_2} - m'_{Ca(OH)_2} = 84,83 \text{ кг/год} - 84,24 \text{ кг/год} \\ = 0,59 \text{ кг/год}$$

Розрахунки стосовно побічного продукту реакції NH_3

12. Розраховуємо стехіометричну кількість побічного продукту NH_3 :

$$m_{NH_3} = \frac{sM_{NH_3} \cdot m_{CaCl_2}}{rM_{CaCl_2}} = \frac{34 \text{ кг/кмоль} \cdot 41,7 \text{ кг/год}}{111 \text{ кг/год}} = 12,77 \text{ кг/год}$$

Розрахунки стосовно побічного продукту реакції H_2O

$$m_{H_2O} = \frac{sM_{H_2O} \cdot m_{CaCl_2}}{rM_{CaCl_2}} = \frac{36 \text{ кг/кмоль} \cdot 41,7 \text{ кг/год}}{111 \text{ кг/год}} = 13,52 \text{ кг/год}$$

13. Складаємо рівняння матеріального балансу для даної стадії:

$$40,20 \text{ кг/год} + 27,8 \text{ кг/год} = 41,70 \text{ кг/год} + 12,77 \text{ кг/год} + 13,52 \text{ кг/год}$$

$$68 \text{ кг/год} = 67,99 \text{ кг/год}$$

Отримані дані зводимо у таблицю 2,1

Табл.2.1 Матеріальний баланс стадії регенерації аміаку

Прихід		Витрата	
Компонент	кг/год	Компонент	кг/год
1. Технічний реагент NH_4OH :	82,9	Цільовий продукт CaCl_2 :	41,70
У тому числі :		Побічний продукт NH_3 :	12,77
Чистий NH_4OH	80,4	Побічний продукт H_2O :	13,52
Домішки NH_4OH	2,5	Непрореагований залишок NH_4OH :	40,2
2. Технічний реагент $\text{Ca}(\text{OH})_2$:	84,83	Домішки реагенту NH_4OH	2,5
У тому числі :	84,24	Непрореагований залишок $\text{Ca}(\text{OH})_2$:	56,44
Чистий $\text{Ca}(\text{OH})_2$:	0,59	Домішки реагенту $\text{Ca}(\text{OH})_2$:	0,59
Домішки $\text{Ca}(\text{OH})_2$:	167,73	Усього:	167,72
Усього:			

Розрахунок стадії фільтрування.

З урахуванням продуктивності отримання чистого продукту масою 1 тонна сировину.

Таблиця 2.2 Матеріальний баланс стадії фільтрування

Прихід		Витрата	
Компонент	т/добу	Компонент	т/добу
Розчин CaCl ₂ , в тому числі:		Фільтрат: Розчин CaCl ₂ , в тому числі:	
CaCl ₂ :	0,33	CaCl ₂ :	0,33
Домішки :	0,21	Домішки:	0,11
Вода:	0,88	Вода:	0,88
		Нерозчинні домішки фільтрат :	0,1
		Технологічні втрати	0,01
Разом	1,42	Разом	1,42

Розрахунок стадії осаджування

Задано технологічні втрати 1%. Для нейтралізації розчинних домішок вводиться кальцій гідроксид.

Таблиця 2.3 Матеріальний баланс стадії осаджування

Прихід		Витрата	
Компонент	т/добу	Компонент	т/добу
Фільтрат: Розчин CaCl ₂ , в тому числі:		Чистий розчин CaCl ₂	1,2
CaCl ₂	0,33	Осадженні домішки	0,2
		Технологічні	

Продовження таблиці 2.3

Розчинні домішки	0,1	втрати	0,01
Вода	0,88		
Ca(OH) ₂	0,1		
Разом	1,41	Разом	1,41

Стадія нанофільтрація.

Таблиця 2.4 Матеріальний баланс стадії нанофільтрація .

Прихід		Витрата	
Компонент	т/добу	Компонент	т/добу
Чистий розчин CaCl ₂	1,21	Фільтрат:	
Осадженні домішки	0,12	Чистий розчин з вмістом CaCl ₂ ,	0,33
		Вода	0,87
		Осадженні домішки	0,12
		Технологічні втрати	0,01
Разом	1,33	Разом	1,33

Стадія випаровування

Зі збірника накопичувача надходить розчин з концентрацією 14 % кальцій хлориду де випарюється до концентрації розчину 33 %.

Таблиця 2.5 Матеріальний баланс стадії випаровування

Прихід		Витрата	
Компонент	т/добу	Компонент	т/добу
1. Розчин CaCl ₂ :		2. Розчин CaCl ₂ :	
CaCl ₂	0,33	CaCl ₂	0,33
Вода	0,87	Вода	0,68
		Вторинна пара :	0,09
		Технологічні втрати	0,1
Разом	1,2	Разом	1,2

Стадія охолодження

Задано технологічні втрати 1%

Таблиця 2.6 Матеріальний баланс стадії охолодження.

Прихід		Витрата	
Компонент	т/добу	Компонент	т/добу
3. Розчин CaCl ₂ :		4. Розчин CaCl ₂ :	
CaCl ₂	0,33	CaCl ₂	0,33
Вода	0,68	Вода	0,67
		Технологічні втрати	0,01
Разом	1,01	Разом	1,01

Підсумуємо всі данні матеріального балансу отримання кальцій хлориду в таблицю 2.7.

Матеріальний баланс виробництва кальцій хлориду

Таблиця 2.7 Матеріальний баланс виробництва кальцій хлориду

Прихід		Витрати	
Сировина	Тонна /добу	Сировина	Тонна /добу
Стадія регенерація аміаку			
Чистий NH ₄ OH	1,929	Цільовий продукт CaCl ₂ :	1
Домішки NH ₄ OH	0,06	Побічний продукт NH ₃ :	0,3
Чистий Ca(OH) ₂	2,02	Побічний продукт H ₂ O :	0,32
Домішки Ca(OH) ₂	0,14	Домішки реагенту Ca(OH) ₂ :	0,14
		Непрореагований залишок Ca(OH) ₂ :	1,354
		Домішки реагенту NH ₄ OH	0,06
		Непрореагований залишок NH ₄ OH:	0,96
Разом	4,149	Разом	4,134
Матеріальний баланс стадії фільтрування I			
CaCl ₂ :	0,33	CaCl ₂	0,33
Домішки:	0,21	Домішки	0,11
Вода:	0,88	Вода	0,88
		Нерозчинні домішки фільтрат	0,1
		Технологічні втрати	0,01
Разом	1,42	Разом	1,42

Прихід		Витрати	
Сировина	Тонна /добу	Сировина	Тонна /добу
Матеріальний баланс стадії осаджування			
CaCl ₂	0,33	Чистий розчин CaCl ₂	1,2
Вода	0,88	Осадженні домішки	0,2
Розчинні домішки	0,1	Технологічні втрати	0,01
Ca(OH) ₂	0,1		
Разом	1,41	Разом	1,41
Матеріальний баланс стадії нанофільтрація			
Чистий розчин CaCl ₂	1,21	CaCl ₂	0,33
Осадженні домішки	0,12	Вода	0,87
		Осадженні домішки	0,12
		Технологічні втрати	0,01
Разом	1,33	Разом	1,33
Матеріальний баланс стадії випаровування I			
CaCl ₂ ,	0,33	CaCl ₂	0,33
Вода	0,87	Вода	0,68
		Вторинна Пара	0,09
		Технологічні втрати	0,1
Разом	1,4	Разом	1,4

Матеріальний баланс стадії охолодження			
CaCl ₂	0,33	CaCl ₂	0,33
Вода	0,68	Вода	0,67
		Технологічні втрати	0,01
Разом	1,01	Разом	1,01

2.4 Розрахунок та підбір основного обладнання

Для виробництва харчової добавки рідкого кальцій хлориду, треба здійснити аналітично-логічний підбір основного обладнання, для ефективного, екологічного, та економічно вигідного виробництва. Технологія отримання кальцій хлориду ґрунтується на очищенні та концентрації розчину, отриманих на виробництві кальцинованої соди методом Сольве.

Основне обладнання для отримання CaCl₂ :

1. Дистиляційна колона;
2. Збірник накопичувач
3. Барабанний вакуум-фільтр з зовнішньою фільтрувальною поверхнею;
4. Реактор змішувача з якірною мішалкою;
5. Фільтр механічного очищення (200 мкм)
6. Мембранний апарат
7. Вакуум-випарна установка;
8. Кожухотрубний теплообмінник;
9. Резервуар.

Технологія складається із декількох етапів: Отримання розчину кальцій хлориду, очищення, випаровування води з розчину, охолодження та пакування.

Отримання розчину кальцій хлориду - завданням цього етапу є регенерація аміаку, для подальшого його застосування, у виробництві кальцинованої соди методом Сольве, а розчин кальцій хлориду подається у збірник накопичувач для подальшого очищення. Етап проходить в дистиляційній колоні, при температурі 95 °С.

Очищення - завданням цього етапу є фільтрування розчину кальцій хлориду від розчинних та нерозчинних домішок, які могли потрапити до розчину на виробництві кальцинованої соди методом Сольве. Технологія очищення починається зі збірника накопичувача, з якого розчин подають до кулачковим насосом до барабанного фільтра з зовнішньою фільтрувальною поверхнею для видалення нерозчинних домішків. Далі кулачковим насосом очищена речовина подається до реактору з якірною мішалкою, куди додають кальцій гідроксид для нейтралізації кислотних залишків. Далі розчин попередньо очищують у фільтрі механічного очищення, та подають до мембранного апарата для проведення нанофільтрації, та видалення осаджених кислотних залишків з розчину.

Випаровування води з розчину - на цьому етапі очищений розчин концентрують до 30 -33 % кальцій хлориду, за допомогою вакуум-випарної установки з примусовою циркуляцією.

Охолодження - на цьому етапі отриманий концентрований розчин охолоджується до кімнатної температури за допомогою кожухотрубного теплообмінника, та подається кулачковим насосом до резервуару. Підбір основного обладнання наведено у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 підбір основного обладнання

№, поз.	Назва обладнання	Основні параметри	Кількість
1.	Дистиляційна колона	Матеріал: Нержавіюча сталь Робочий тиск: 0,1 МПа Робоча температура: 95°C	1
2.	Збірник накопичувач	Матеріал: Нержавіюча сталь	2
3.	Барабанні вакуум-фільтри з зовнішньою фільтрувальною поверхнею	Вакуум: 30 кПа Матеріал: Нержавіюча сталь	1

4.	Реактор змішувача з якірною мішалкою	Матеріал: Нержавіюча сталь Швидкість обертання мішалки: 50 об/хв.	1
5.	Фільтр дисковий	Рейтинг фільтрації: 200 мкм	1
6.	Мембранний апарат	Тиск: 0,8 -1,3 МПа Рейтинг фільтрації: 0,001	1
7.	Вакуум-випарна установка	Тиск : 0,22 атм Температура: 70°C	1
8.	Кожухотрубний теплообмінник	Площа теплообміну: 10 м ² Матеріал: Нержавіюча сталь	1
9	Резервуар	Об'єм: 20 м ³ Матеріал: Нержавіюча сталь	1

2.5 Розрахунок реактора змішування з якірною мішалкою

На рисунку 2.2 зображено реактор змішувач з якірною мішалкою.

Вхідні дані:

Номинальний об'єм реактора: 2000л = 2 м³;

Робочий об'єм середовища: $V_p = 1,6$ м³;

Діаметр ємності: $D = 1200$ мм

Густина середовища в апараті: $\rho = 1324$ кг/м³

Швидкість обертання мішалки: $n=50$ об/хв $0,833$ с⁻¹ ;

Температура в апараті: 25°C;

Розрахунок:

Спочатку знайдемо висоту рідини в ємності H_p :

$$H_p = 0.8 \cdot H = 0.8 \cdot 1700 = 1360$$

Загальна висота робочого органу

$$h = H - h_2 - \delta = 1700 - 135 - 25 = 1540 \text{ мм.}$$

Де H - загальна висота всього апарату. δ - відстань між мішалкою та внутрішньою стороною корпусу.

Діаметр робочого органа:

$$d = D - 2\delta = 1200 - 2 \cdot 25 = 1150 \text{ мм.}$$

Ширина лопаті:

$$b = 0.07 \cdot d = 0.07 \cdot 1150 = 80,5 \text{ мм.}$$

Радіуси еліпсного елемента лопаті у напрямку малої півосі:

$$R_M = h_0 - \delta = 300 - 25 = 275 \text{ мм.}$$

$$r_m = R_M - b = 275 - 80,5 = 194,5 \text{ мм.}$$

Де $h_0 = 300$ мм - висота еліпсного днища ємності без врахування відбортовки.

Висота прямокутного елемента мішалки:

$$h_i = h - R_M = 1540 - 275 = 1265 \text{ мм.}$$

Радіус мішалки

$$R_i = d/2 = 1200/2 = 600 \text{ мм.}$$

$$r_i = R_i - b = 600 - 80,5 = 519,5 \text{ мм.}$$

Кутова швидкість обертання лопаті:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 50}{30} = 5,23 \text{ 1/с.}$$

Загальний коефіцієнт знаменника А:

$$\begin{aligned} A &= \frac{h_i(R_i^4 - r_i^4)}{4} + \frac{2(R_i^4 R_m - r_i^4 r_m)}{15} \\ &= \frac{1,265(0,6^4 - 0,519^4)}{4} + \frac{2(0,6^4 \cdot 0,275 - 0,519^4 \cdot 0,194)}{15} \\ &= 0,020 \text{ м}^5 \end{aligned}$$

Зусилля, що діє на прямокутний елемент лопаті :

$$P_1 = \frac{N \cdot h_l \cdot (R_l^3 - r_l^3)}{3 \cdot z \omega A} = \frac{3,3 \cdot 1,265(0,6^3 - 0,519^3)}{3 \cdot 2 \cdot 5,23 \cdot 0,020} = 0,506 \text{ Н}$$

Зусилля що діє на еліпсний елемент лопаті:

$$\begin{aligned} P_2 &= \frac{N \cdot \pi \cdot (R_l^3 \cdot R_m - r_l^3 \cdot r_m)}{16 \cdot z \omega A} = \frac{3,3 \cdot 3,14 \cdot (0,6^3 \cdot 0,275 - 0,519^3 \cdot 0,194)}{16 \cdot 2 \cdot 5,23 \cdot 0,020} \\ &= 0,1 \text{ Н} \end{aligned}$$

Відстань від осі мішалки до точок прикладання сил:

$$x_1 = \frac{3(R_l^4 - r_l^4)}{4(R_l^3 - r_l^3)} = \frac{3(0,6^4 - 0,519^4)}{4(0,6^3 - 0,519^3)} = 0,561x_2 = \frac{32(R_l^4 \cdot R_m - r_l^4 \cdot r_m)}{15\pi \cdot (R_l^3 \cdot R_m - r_l^3 \cdot r_m)}$$
$$= \frac{32(0,6^4 \cdot 0,275 - 0,519^4 \cdot 0,194)}{15 \cdot 3,14(0,6^3 \cdot 0,275 - 0,519^3 \cdot 0,194)} = 0,453 \text{ м}$$

Вістань від великої пів осі еліпса до точки прикладання сили P_2 :

$$y_2 = \frac{16(R_l^3 \cdot R_m - r_l^3 \cdot r_m)}{15\pi \cdot (R_l^3 \cdot R_m - r_l^3 \cdot r_m)} = \frac{16(0,6^3 \cdot 0,275 - 0,519^3 \cdot 0,194)}{15 \cdot 3,14(0,6^3 \cdot 0,275 - 0,519^3 \cdot 0,194)}$$
$$= 0,34 \text{ м}$$

Відстань від місця закріплення лопаті до точки P_1 по вертикалі:

$$l = \frac{h}{2} + y_2 = \frac{1540}{2} + 0,34 = 770,34 \text{ м}$$

Згинаючи момент в перерізі закріплення лопаті:

$$M_l = P_1 x_1 + P_2 x_2 = 0,506 \cdot 0,561 + 0,1 \cdot 0,453 = 0,33 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

В даному випадку, при одному місці закріплення лопаті, згинаючий момент дорівнює крутному моменту на валу мішалки:

$$M_l = M_{кр}' = \frac{N}{z\omega} = \frac{3,3}{2 \cdot 5,23} = 0,32 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Крутний момент в перерізі закріплення лопаті:

$$M_{кр} = P_1 \cdot l = 0,506 \cdot 770,34 = 389,79$$

Момент опору перерізу лопаті:

$$W = \frac{\sqrt{M_{кр}^2 + M_l^2}}{[\sigma]} = \frac{\sqrt{389,79^2 + 0,32^2}}{1,08 \cdot 10^8} = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Товщина лопаті:

$$\delta = \sqrt{\frac{6W}{b}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 3,6 \cdot 10^{-6}}{80,5}} = 0,0051 \text{ м}$$

Знайдемо критерій потужності для якірної мішалки:

$$Re_B = 0,3 \cdot 10^3$$

$$K_N = C \cdot Re_B^{0.77} \cdot \left(\frac{h}{d}\right) = 7,9 \cdot 0,3 \cdot 10^{3 \cdot 0.77} \cdot \left(\frac{1540}{1150}\right) = 648$$

Де $C = 7,9$ (так як мішалка з однією горизонтальною лопаттю)

Розрахуємо в'язкість перемішувального середовища :

$$\mu = \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{Re_B} = \frac{0,833 \cdot 1,15^2 \cdot 1324}{0,3 \cdot 10^3} = 4,86 \text{ Н} \cdot \text{с/м}^2$$

Потужність, що затрачується на перемішування:

$$N = K_N \cdot \mu \cdot n^2 \cdot d^3 = 648 \cdot 4,86 \cdot 0,833^2 \cdot 1,15^3 = 3323,5 \text{ Вт} = 3,3 \text{ кВт}$$

Потужність що втрачається в сальниках:

$$\begin{aligned} N_c &= 9,84(p + 0,98 \cdot 10^5) \cdot f_m \cdot l_c \cdot n \cdot d_B \\ &= 9,84(3 \cdot 10^5 + 0,98 \cdot 10^5) \cdot 0,002 \cdot 0,1 \cdot 0,833 \cdot 0,05 = 39,16 \text{ Вт} \\ &= 0,39 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Знайдемо потужність електродвигуна для приводу робочого органу мішалки :

$$N_{\text{ГД}} = \frac{k_1 k_2 N + N_c}{\eta} = \frac{1,13 \cdot 1 \cdot 3,3 + 0,39}{0,94} = 4,38 \text{ кВт}$$

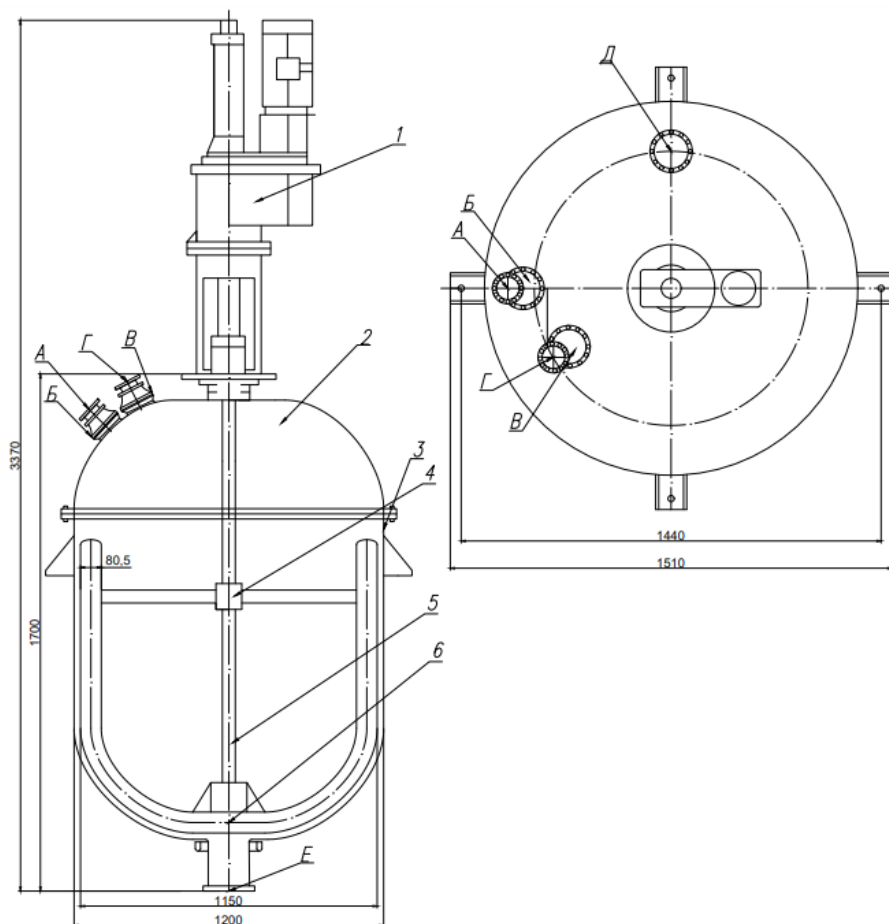


Рис.2.2 Реактор змішувач з якірною мішалкою

2.6 Опис апаратурно технологічної схеми

На рисунку 2.3 зображено удосконалену технологію отримання кальцій хлориду з урахуванням що він побічним продуктом на виробництві кальцинованої соди методом Сольве з продуктивність 1 т / добу.

Амоній хлорид та гашене вапно транспортують з верхньої частини до дистиляційної колони **1** , а пар подається знизу, утворений аміак подають на подальше виробництво кальцинованої соди, а утворений розчин кальцій хлориду транспортують кулачковим насосом **2** до **3** збірника накопичувача. Далі кулачковим насосом **4** розчин подається в барабанний вакуум фільтр з зовнішньою фільтрувальною поверхнею **5** для видалення нерозчинних домішків з продукту. Очищений кальцій хлорид подається кулачковим насосом **6** в **7** реактор змішувача з якірною мішалкою, куди додається кальцій гідроксид для нейтралізації кислотних залишків сульфатної кислоти. Далі очищений розчин кальцій хлориду, подається у фільтр механічного очищення **9**, де додатково проводиться фільтрування 250 мкм, для подальшої нанофільтрації. Нанофільтрація проходить в мембранному апараті **11**, для видалення осаджених залишків сульфатної кислоти. Очищений кальцій хлорид подають до збірника накопичувач, для досягнення точної концентрації кальцій хлориду за допомогою партійної подачі. Далі очищений кальцій хлорид, подають до вакуум-випарної установки **14**, де випаровуванням води концентрується до 33% CaCl_2 . Гарячий рідкий кальцій хлорид подається до кожухотрубного теплообмінника **15**, для охолодження до кімнатної температури, та подається на зберігання у резервуар **17**.

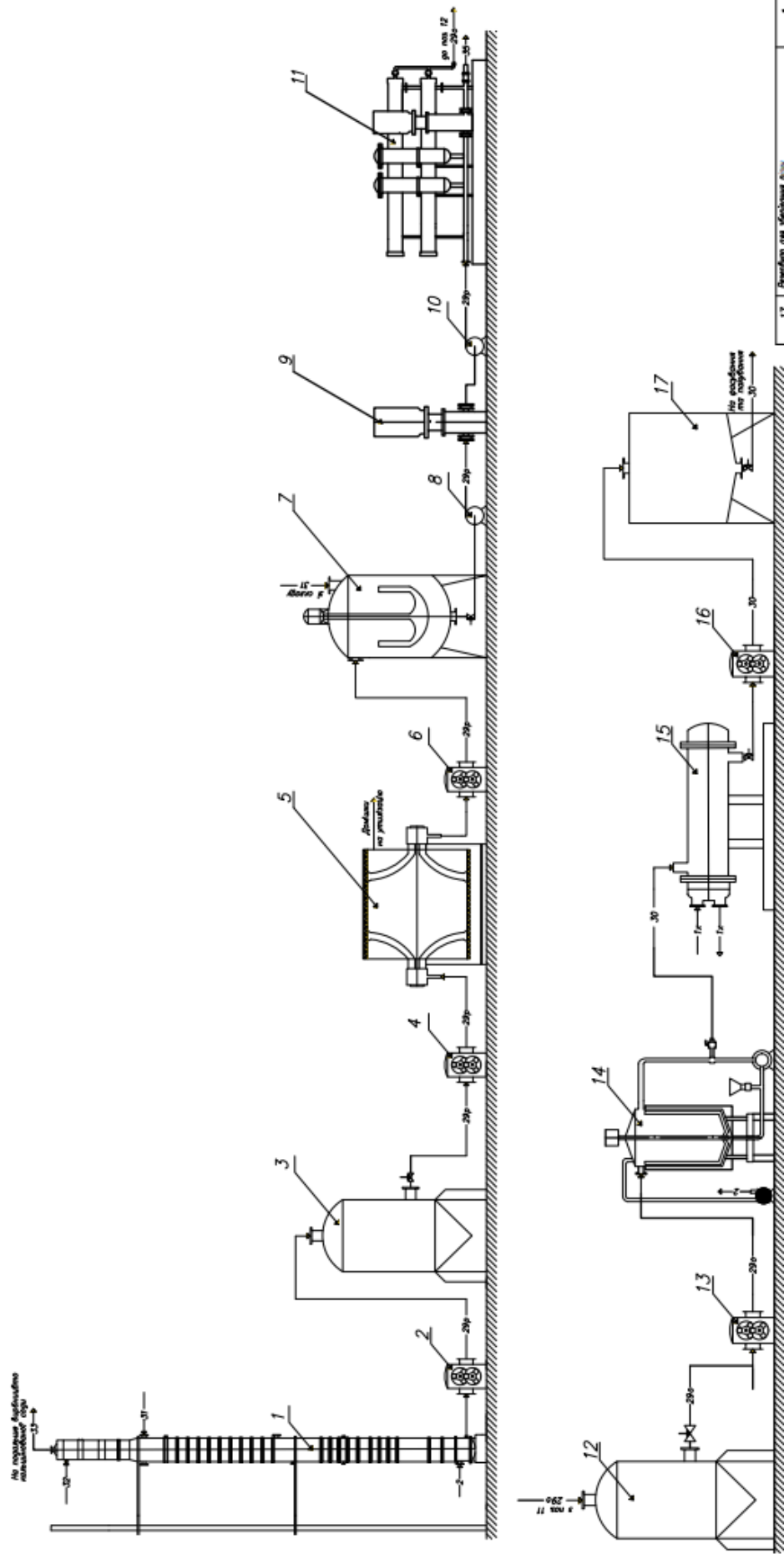


Рис.2.3 Апаратурно-технологічна схема отримання кальцій хлориду

РОЗДІЛ III ТЕХНІКО ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

3.1. Розрахунок капітальних витрат

Первинна вартість устаткування

Таблиця 3.1

№	Назва устаткування	Кількість, шт.	Оптова ціна за 1 шт., тис. грн.	Витрати на придбання устаткування, тис. грн.	Транспортні витрати, тис. грн.	Витрати на монтаж, тис. грн.	Первісна вартість, тис. грн.
	Збірник накопичувач	2	75.000	150.000	4.500	2.800	157.300
	Барабанний вакуум фільтр з зовнішньою фільтрувальною поверхнею	1	200.000	200.000	2.000	2.000	204.000
	Реактор змішування з якірною мішалкою	1	250.000	250.000	5.500	3.300	250.800
	Фільтр дисковий	1	48.000	48.000	2.000	1.000	51.000
	Мембранний апарат	1	350.000	350.000	6.000	4.200	360.200

Вакуум- випарна установка	1	200.00 0	200.000	5.400	4.600	210.000
Кулачковий насос	5	25.000	125.000	3.200	4.000	132.200
Відцентровий насос	2	9.800	19.600	0.900	0.700	21.200
Разом						1386,500

Кошторис на придбання устаткування

Також до витрат відноситься засоби автоматизації, трубопроводи та інше.

Тому приймаємо 15% як витрати на устаткування :

$$1386,500 \cdot 0.15 = 207,975 \text{ (тис. грн.)}$$

Сума первинної вартості і капітальних витрат:

$$K_{\text{заг}} = 1386,500 + 207,975 = 1594,475 \text{ (тис. грн.)}$$

$$K_{\text{заг}} = 1594,475 \text{ (тис. грн.)}$$

3.2 Розрахунок випуску продукції

Потужність цеху по виробництву кальцій хлориду на добу становить 1000кг.

Кількість днів роботи на рік – 350

Потужність виробництва цеху на рік: $350 \cdot 1 = 350 \text{ т}$

Коефіцієнт виробництва приймаємо за 0,95.

Обсяг виробництва за рік: $350 \cdot 0,95 = 332,5 \text{ т.}$

План виробництва в об'ємному та грошовому виразі

Обсяг виробництва кальцій хлориду дорівнює 332,5 т. за рік, знайдемо план в грошовому виразі, ціну візьмемо 100 грн за 1 кг, тобто одна тонна $\text{CaCl}_2 = 100 \text{ тис. грн.}$

$$P_{\text{гр}} = 332,5 \cdot 100 = 33250 \text{ (тис. грн.)}$$

3.3 Розрахунок чисельності працівників та фонду оплати праці

Баланс робочого часу одного робітника

Таблиця 3.2

№	Елементи часу	Кількість днів
1	2	3
1	Календарний фонд роботи на рік	350
2	Святкові та вихідні дні	104
3	Номінальний фонд роботи на рік	246
4	Невиходи на роботу	35
5	Ефективний фонд часу одного робітника на рік, днів	211
6	Середня тривалість робочого дня, год	8
7	Ефективний фонд часу одного робітника на рік, год	1688

Середня чисельність робітників з погодинною оплатою праці розраховується за формулою:

$$Ч_{\text{пог}} = (K_{\text{зм}} * K) / Б$$

де $Ч_{\text{пог}}$ – чисельність робітників, які працюють погодинно; $K_{\text{зм}}$ – загальна чисельність робітників за зміну; K – кількість змін роботи підприємства на сезон рік; $Б$ – баланс робочого часу одного робітника на рік в днях.

$$Ч_{\text{пог}} = (34 * 246) / 211 = 30 \text{ чоловік}$$

План з чисельності і фонду оплати праці

Таблиця 3.3

План з чисельності і фонду оплати праці Стан	Чисельність, (чол.)	Фонд оплати праці, (тис. грн.)
1	2	3
Робітники	30	6480
Службовці	9	2376
Разом	39	8856

Продуктивність праці по цеху виробництва кальцій хлориду :
в об'ємі : $332,5/39 = 8,52\text{т}$

У вартості праці: $33250000/39 = 852,564$ тис. грн.

Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи приймаємо 20% від загального фонду заробітної плати: $8856 \cdot 0,2 = 1771,2$ тис. грн.

Загальний фонд заробітної плати із соціальним відрахуванням:

$8856 + 1771,2 = 10627,2$ тис. грн.

3.4 Розрахунок вартості сировини, основних та допоміжних матеріалів на річний обсяг виробництва продукції

Таблиця 3.4

Найменування сировини	Норми витрат на річний обсяг виробництва, т (1шт., 1м)	Вартість 1 тони (1 шт., 1м) сировини або основних матеріалів, тис. грн.	Витрати на річний обсяг виробництва, тис. грн.
Сировина та основні матеріали			
Амоній хлорид	164,5	50	8225
Гашене вапно	206,5	7,2	1486,8

Допоміжні матеріали			
Флакони (50 мл)	2000 шт.	0,0095	19
Етикетки	2000 шт.	0,0004	0,8
Разом: 9 730,8 тис.грн.			

Враховуючи потреби на енерговитрати був проведений розрахунок витрат на рік наведений у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 Розрахунок потреби та вартості енерговитрат

Вид енергії	Одиниця виміру	Норма витрат енергоресурсів на 1 т	Витрати на річний обсяг	Вартість, тис. грн.	
				одиниці ресурсу	на річний обсяг
Електроенергія	кВт	31,43	11000,5	0,083	29,041
Вода	м ³ ·год	0,4	140	0,015	5.511
Разом	34,552 тис.грн				

3.5 Розрахунок амортизаційних нарахувань та витрат на поточний та капітальний ремонт

Таблиця 3.6

Вид основних фондів	Амортизація		Витрати на капітальні і поточні ремонти		Витрати разом, тис. грн.
	%	Сума, тис. грн.	%	Сума, тис. грн.	
Машини і обладнання	15	208	5	69,32	277,32
Всього 277.32 тис.грн					

Зведені витрати на виробництво та реалізацію продукції

Таблиця 3.7

№	Витрати	Сума тис. грн
1	Сировина, основні та допоміжні матеріали	9 730,8
2	Транспортно-заготівельні витрати (5% сировини)	486,54
3	Енерговитрати	34,552
4	Заробітна плата	8856
5	Відрахування на соціальні заходи	1771,2
6	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання (5% від вартості обладнання)	69,324
7	Амортизація та витрати на ремонти	277.32
Виробнича собівартість		21156,412

Позавиробничі витрати (0,2% до виробничої собівартості):

$$21156,412 \cdot 0,002 = 42,313 \text{ тис. грн.}$$

Загальновиробничі витрати (2% до виробничої собівартості):

$$21156,412 \cdot 0,02 = 423,13 \text{ тис. грн.}$$

Економічна ефективність проекту

Витрати на вироблення продукції за рік:

$$21156,412 + 42,313 + 423,13 = 21\,621,855 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на 1 т продукції: $21156,412 / 332,5 = 63,63 \text{ тис. грн.}$

Ціна 1 т продукції: $63,63 + 63,63 \cdot 40\% = 89,082 \text{ тис. грн.}$

Прибуток = (ціна – собівартість) · обсяг

$$\text{Прибуток} = (89,082 - 63,63) \cdot 332,5 = 8462,79 \text{ тис. грн.}$$

3.6 Показники економічної ефективності

Таблиця 3.8

Показники	Одиниці виміру	Значення показника
Обсяг виробництва	т	332,5
Капітальні витрати	Тис. грн.	1594,475
Ціна за 1 тону продукції	Тис. грн.	89,082
Вартість продукції	Тис. грн.	33250
Собівартість 1 тонни продукції	Тис. грн.	63,63
Прибуток	Тис. грн.	8462,79

На основі проведених розрахунків, проект демонструє значний економічний потенціал. Очікується, що підприємство буде генерувати прибуток у розмірі 8 462 790 гривень, що свідчить про його рентабельність

РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Контроль якості є невід'ємною частиною виробництва рідкого хлориду кальцію. Він гарантує, що продукт відповідає всім вимогам щодо чистоти, безпеки та ефективності.

Контроль якості продукції – це комплексна система заходів, спрямованих на забезпечення відповідності продукції та виробничих процесів всім вимогам нормативної документації, технічних стандартів та зразкам-еталонам, збір та аналіз інформації про перебіг виробничого процесу, виявлення та усунення відхилень від встановлених норм, захист підприємства від постачання неякісної сировини, матеріалів, енергоносіїв та інших ресурсів, запобігання випуску та реалізації неякісної продукції та виявлення дефектної продукції на ранніх етапах виробництва.

Система контролю якості для рідкого хлориду кальцію складається з таких етапів:

- Вхідний контроль: сировина та допоміжні матеріали перевіряються на відповідність специфікаціям. До такої сировини можна віднести гашене вапно, яке додають на стадії осаджування з метою нейтралізації та осаджування кислотних залишків.
- Контроль процесу: виробничий процес контролюється на всіх стадіях, щоб гарантувати дотримання технологічних параметрів. Дуже важливими технологічними параметрами є на стадії фільтрування випаровування та нанофільтрації. Їх важливість в чистоті та концентрації продукту які досягаються завдяки точним технологічним параметрам.
- Вихідний контроль: готовий продукт тестується на відповідність всім вимогам якості. До таких вимог відноситься фізико-хімічні показники, зовнішній вигляд та інші.

<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> Гірний Б.Я.	<i>Назва, додаткова назва</i> РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ		<i>ННІХТ.ХТ-4-14.024.161.048.КР.ПЗ</i>			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т. Т.			<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 15.04.2024	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 48/64

Фізико-хімічні показники CaCl₂:

1. Концентрація CaCl₂:

Технічний гатунок: не менше 30% (мас/об'єм).

Хімічний гатунок: не менше 35% (мас/об'єм).

2. Щільність: залежно від концентрації (1,2-1,3 г/см³).

3. рН водного розчину: 5,0-8,0.

4. Вміст вільних кислот: не більше 0,01%.

5. Вміст важких металів (свинець, кадмій, ртуть): не більше допустимих норм.

6. Вміст сульфатів (SO₄²⁻): не більше 0,1%.

7. Вміст магнію (Mg²⁺): не більше 0,5%.

8. Вміст заліза (Fe³⁺): не більше 0,005%.

9. Вміст сторонніх домішок: не допускається.

Зовнішній вигляд :

1. Прозора рідина без сторонніх включень.

2. Без осаду.

3. Без стороннього запаху.

Для визначення ряду показників використовують такі методи контролю якості:

- Хімічні методи: для визначення концентрації кальцій хлориду, а також домішків. Частіше в промислових масштабах концентрацію перевіряють методом спектрофотометрії, метод ґрунтується на вимірюванні поглинання світла розчином кальцію хлориду при певній довжині хвилі, далі за допомогою калібрувального графіка який пов'язує поглинання з концентрацією, визначають концентрацію кальцію хлориду в досліджуваному зразку. В лабораторних умовах при відсутності спец. обладнання перевагу надають аргентометричному методу, цей метод ґрунтується на осадженні іонів хлору (хлорид аргентуму): До розчину кальцію хлориду додають титрований розчин нітрату срібла до моменту випадання в осад всіх іонів хлору, за об'ємом витраченого титрованого розчину нітрату срібла розраховують концентрацію кальцію хлориду.

- Фізичні методи : для визначення в'язкості, щільності та температури плавлення. В'язкість кальцій хлориду перевіряють віскозиметром його дія ґрунтується на вимірюванні часу, протягом якого певна кількість рідини витікає через капіляр під дією сили тяжіння, та потім розраховується за формулою закону Пуазейла. Для вимірювання щільності використовують ареометр (за допомогою градуйованого поплавка, де щільність вимірюється по шкалі ареометра) або пікнометр (вимірюється за допомогою маси та певного об'єму рідини, та потім розраховується по формулі: щільність = маса/об'єм.
- Органолептичний метод: візуальний огляд продукту на відсутність осаджень, прозорості речовини, та інше.

Потрібність контролю якості.

Контроль якості допомагає визначити чистоту отриманого продукту та відповідність його до стандартів та вимог. Це допомагає визначити дефект та усунути його до виготовлення нової партії продукту, так як партія в якій знайшли дефект підлягає списуванню або утилізації. Також контроль якості дає змогу не втрачати довіру своїх клієнтів, які очікують отримати чистий продукт з визначними властивостями.

РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Охорона праці на підприємств

Охорона праці на підприємстві покладається на роботодавця. Роботодавець зобов'язаний створити безпечні та здорові умови праці для своїх працівників, а також забезпечити їх дотримання. Це робиться відповідно до вимог нормативно-правових актів з питань охорони праці.

Конституція України гарантує громадянам право на належні, безпечні і здорові умови праці, забороняє використання праці жінок і неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров'я роботах, надає право на скорочений робочий день щодо окремих професій і виробництв, на соціальний захист громадян у разі повної, часткової або тимчасової втрати працездатності [20].

Мета державної політики забезпечити для працівників безпечних здорових умов праці, для запобігання нещасних випадків на виробництві та професійним захворюванням.

Основні положення у сфері охорони праці для забезпечення зазначених конституційних прав сформульовані в Законі України “Про охорону праці”. Він включає такі розділи:

- I. Загальні положення.
- II. Гарантії прав на охорону праці.
- III. Організація охорони праці.
- IV. Стимулювання охорони праці.
- V. Нормативно-правові акти з охорони праці.
- VI. Державне управління охороною праці.
- VII. Державний нагляд і громадський контроль за охороною праці.
- VIII. Відповідальність за порушення законодавства про охорону 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> Гірний Б.Я..	<i>Назва, додаткова назва</i> РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	ННІХТ.ХТ-4-14.024.161.051.КР.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т. Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 15.04.2024	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 51/64

IX. Прикінцеві положення. У Кодексі законів про працю України питання охорони

праці регулюються у главах:

XI. Охорона праці.

XII. Праця жінок.

XIII. Праця молоді.

XVIII. Нагляд і контроль за додержанням законодавства про працю [20].

Для забезпечення безпечних умов створенні засоби захисту працівника.

Вони поділяються на засоби колективного захисту та засоби індивідуального захисту.

Засоби колективного захисту - це засоби конструктивно або функціонально пов'язані з виробництвом, його обладнанням, процесами виробництва, приміщенням, та будинком. Тобто застосовується для одночасного захисту умов праці двох або більше працівників.

Засоби індивідуального захисту - це спорядження, яке спрямоване на захист працівника від небезпек для життя на виробництві.

Засоби які відносяться для забезпечення умов праці на виробництві кальцій хлориду:

Нормалізація повітряного середовища

Нормалізація повітряного середовища це комплекс заходів, спрямованих на створення сприятливих для людини мікрокліматичних умов у приміщеннях. Мета якої забезпечити оптимальні значення температури, вологості, чистоти та швидкості руху повітря. Для нормалізації повітряного середовища застосовують ряд заходів та засобів :

- удосконалення технологічних процесів та устаткування. Впровадження нових технологій та устаткування, які не пов'язані необхідністю проведення робіт, в умовах інтенсивного нагріву дасть можливість зменшити виділення тепла у виробничі приміщення. Наприклад, заміна гарячого способу обробки металу холодним, нагрів полум'ям – індуктивним, горнових печей – тунельними тощо;

- раціональне розміщення технологічного устаткування. Основні джерела теплоти бажано розміщувати безпосередньо під аераційним ліхтарем, біля зовнішніх стін будівлі й в один ряд на такій відстані один від одного, щоб
- теплові потоки від них не перехрещувались на робочих місцях. Для охолодження гарячих виробів необхідно передбачити окремі приміщення. Найкращим рішенням є розміщення обладнання, що виділяє тепло, в ізольованих приміщеннях або на відкритих майданчиках;
- автоматизація та дистанційне керування технологічними процесами. Цей захід дозволяє в багатьох випадках вивести людину із виробничих зон, де діють несприятливі чинники (наприклад, автоматизоване завантаження печей у металургії, управління розливом сталі тощо);
- раціональна вентиляція, опалення та кондиціонування повітря. Вони є найбільш поширеними способами нормалізації мікроклімату у виробничих приміщеннях. Забезпечити нормальні теплові умови в холодний період року, в надто габаритних та полегшених промислових будівлях дуже важко і економічно недоцільно. Найбільш раціональним варіантом у цьому випадку є застосування променистого нагрівання постійних робочих місць та окремих дільниць. Захист від протягів досягається шляхом щільного закривання вікон, дверей та інших отворів, а також влаштування повітряних і повітряно-теплових завіс на дверях і воротах;
- раціоналізація режимів праці та відпочинку, яка досягається скороченням тривалості робочої зміни, введенням додаткових перерв, створенням умов для ефективного відпочинку в приміщеннях з нормальними метеорологічними умовами. Якщо організувати окреме приміщення важко, то в гарячих цехах створюють зони відпочинку – охолоджувальні альтанки, де засобами вентиляції забезпечують нормальні температурні умови. Для робітників, що працюють на відкритому повітрі взимку, обладнують приміщення для зігрівання, в яких температуру підтримують дещо вищою за комфортну;

- застосування теплоізоляції устаткування та захисних екранів. Як теплоізоляційні матеріали широко використовуються: азбест, азбоцемент, мінеральна вата, склотканина, керамзит, пінопласт та ін. На виробництві застосовують також захисні екрани з метою огороження джерел теплового випромінювання від робочих місць. За принципом дії теплозахисні екрани поділяються на тепловідбивні, теплопоглинальні, тепловідвідні, комбіновані;
- використання засобів індивідуального захисту. Важливе значення для профілактики перегрівання мають індивідуальні засоби захисту. Спецодяг повинен бути повітро- та вологопроникним (бавовняним, з льону, грубововняного сукна), мати зручний крій. Для роботи в екстремальних умовах (наприклад, при пожежі) застосовують спеціальні костюми з металізованої тканини. Для захисту голови від теплового опромінення застосовують дюралеві, фіброві каски, повстяні капелюхи; очей – окуляри (темні або з прозорим шаром металу); обличчя – маски з відкидним прозорим екраном. Захист від дії зниженої температури досягається використанням теплового спецодягу, а під час опадів – плащів та гумових чобіт. [21]

Нормалізації освітлення

Нормалізація освітлення – це комплекс заходів, спрямованих на створення оптимальних умов освітлення у приміщеннях. Мета якої забезпечити чітку видимість предметів, комфортну робочу атмосферу та зберегти здоров'я очей.

Нормалізація освітлення досягається штучним освітленням, яке поділяється на робоче, аварійне, евакуаційне та охоронне. Також є системи штучного освітлення :загальні, комбіновані та місцеві.

- Загальне освітлення призначене для створення рівномірного освітлення всього приміщення. Воно дає фонове освітлення, яке використовується як основа для інших видів освітлення. Підходить для загальних зон, таких як коридори, холи.

- Місцеве освітлення призначене для концентрації світлового потоку на робочому місці. Поділяється на стаціонарне або переносне. Вимогами для місцевого освітлення це: зручність; рухомість; та безпечність у використанні. Також забороняється використання одного лише місцевого освітлення, бо створює нерівномірність освітлення, що в свою чергу підвищує втомленість зору.
- Комбіноване освітлення призначене для робочого місця яке має потребу в точному зоровому контакту з об'єктом праці, або для утворення освітлення без різких тіней.

Нормалізація шуму та вібрацій

Нормалізація шуму та вібрацій – це комплекс заходів, спрямованих на створення сприятливих для людини акустичних умов у приміщеннях та на робочих місцях. Мета якої забезпечити допустимий рівень шуму та вібрацій, який не негативно впливає на здоров'я та працездатність людей.

Шум поділяють на два розділи з підрозділами:

1. За спектром:

- Широкозмуговий сигнал з безперервним спектром – це сигнал, який має широкий спектр частот і не має розривів у цьому спектрі;
- Тональний сигнал – це тип сигналу, який має фіксовану частоту. На відміну від широкозмугового сигналу, який має широкий спектр частот, тональний сигнал має лише одну частоту;

2. За часом :

- Постійний рівень - це шум який за повний робочий день (8 годин) , змінюється не більше ніж на 5 дБА(акустичний децибел);
- Непостійний рівень - це шум який за повний робочий день (8 годин) , змінюється більше ніж на 5 дБА(акустичний децибел).

Заходи нормалізації шуму та вібрацій:

1. Технічні:

- Застосування малошумних технологій та обладнання.
- Використання звукопоглинаючих та віброізоляційних матеріалів.

- Встановлення звукоізоляційних огорож та екранів.
 - Автоматизація та дистанційне керування виробничими процесами.
2. Організаційні: Регламентація режиму роботи шумних та віброактивних машин та установок.
- Чергування працівників на робочих місцях з високим рівнем шуму та вібрацій.
 - Застосування засобів індивідуального захисту (шумозахисні навушники, віброзахисні рукавиці).
 - Проведення регулярних інструктажів з питань охорони праці щодо шуму та вібрацій.
3. Санітарно-гігієнічні:
- Регулярне проведення медичних оглядів працівників, які піддаються впливу шуму та вібрацій.
 - Забезпечення працівників питною водою, вітамінами та іншими загально зміцнюючими засобами.

Захист від підвищеного рівня електромагнітних випромінювань

Електромагнітні випромінювання (ЕМВ) – це форма енергії, що поширюється у просторі у вигляді електромагнітних хвиль. Джерелом яких можуть бути як природні явища (блискавки, сонячна активність), так і штучні джерела (лінії електропередач, мобільні телефони, побутові прилади). Вплив ЕМВ на організм людини може призвести до негативних наслідків : головний біль, стомленість, дратівливість, порушення сну; зниження імунітету; негативний вплив на репродуктивну систему; та збільшення ризику розвитку деяких видів раку.

Для запобігання таких наслідків створили засоби безпеки праці з приладами ЕМВ:

- Нормативний час перебування біля приладів ЕМВ;
- Захисне спорядження;
- Проведення регулярних інструктажів з питань охорони праці стосовно роботи з приладами ЕМВ;

- Регулярне проведення медичних оглядів працівників, які піддаються електро магнітному впливу.

Створення безпечних технологічних процесів та обладнання

Створення безпечних технологічних процесів та обладнання є важливою складовою частиною у створенні охорони праці та захисту здоров'я працівників. Забезпечення безпеки має здійснюватися комплексно, з урахуванням всіх факторів, які можуть вплинути на неї, таких як конструктивні особливості обладнання, технологічні процеси, умови праці, санітарно-гігієнічні норми, психофізіологічні характеристики людини тощо. Також при розробці та вдосконаленні технологічних процесів та обладнання необхідно використовувати найсучасніші досягнення науки і техніки, які сприяють підвищенню їх безпеки. Заходи які використовуються для створення безпечних технологічних процесів та обладнання.:

1. Технічні заходи:

- Використання безпечних технологій та обладнання.
- Застосування засобів колективного захисту працівників (огорожі, захисні пристрої, сигналізація тощо).
- Впровадження систем автоматизації та дистанційного керування технологічними процесами.

2. Організаційні заходи:

- Розробка та впровадження інструкцій з охорони праці.
- Проведення навчання та інструктажів з питань охорони праці.
- Забезпечення медичного контролю за станом здоров'я працівників.
- Проведення розслідування та аналізу нещасних випадків та профзахворювань.

3. Санітарно-гігієнічні заходи:

- Забезпечення сприятливих санітарно-гігієнічних умов праці.
- Застосування засобів індивідуального захисту працівників (спецодяг, спецвзуття, респіратори тощо).
- Проведення санітарно-гігієнічних досліджень умов праці.

Заходи з пожежної безпеки

Пожежна безпека підприємства - це такий стан промислового об'єкта, при якому виключається можливість пожежі, а у разі її виникнення запобігається вплив на людей небезпечних факторів та забезпечується захист матеріальних цінностей.

Заходи пожежної безпеки на підприємствах за призначенням поділяються на чотири групи:

1. Заходи, які забезпечують пожежну безпеку технологічного процесу і обладнання, зберігання сировини і готової продукції.
2. Будівельно-технічні заходи, які направлені на виключення причин виникнення пожеж і на створення стійкості огорожуючих конструкцій і будівель; на запобігання можливості поширення пожеж і вибуху.
3. Організаційні заходи, які забезпечують організацію пожежної охорони, навчання працюючих методам щодо запобігання пожежам і щодо застосування первинних засобів гасіння пожеж.
4. Заходи до ефективного вибору засобів гасіння пожеж, обладнання пожежного водопостачання, пожежної сигналізації, створення запасу засобів гасіння[22].

5.2 Заходи безпеки навколишнього середовища на виробництві

Екологічні стандарти безпеки

Стандартизація екологічної безпеки - це комплекс заходів, спрямованих на встановлення та впровадження єдиних норм і правил щодо поводження з відходами, що утворюються в процесі виробничої діяльності.

Законодавчі та нормативно-правові документи України:

- Конституція України від 28.06.96 р.
- Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища” від 25.06.91 р.
- Закон України “Про охорону атмосферного повітря” від 16.10.92 р.
- Земельний кодекс України від 13.03.92 р.
- Водний кодекс України від 06.06.95 р. Лісовий кодекс України від 26.01.94 р.

- Кодекс України про надра від 27.07.94 р.
- Правила охорони внутрішнього моря і територіальних вод від забруднення і засмічення (Постанова КМУ від 29.02.96 р. № 269).
- Положення про порядок встановлення рівнів шкідливого впливу на атмосферне повітря (Постанова Кабінету Міністрів України від 31 грудня 1993 року № 1092).
- Перелік видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку (Постанова КМУ від 27.07.95 р. № 554).

Впровадження заходів безпеки навколишнього середовища на виробництві є необхідною умовою для сталого розвитку та відповідального ведення бізнесу. Це дозволяє не лише мінімізувати негативний вплив виробничої діяльності на довкілля, але й покращити імідж підприємства, підвищити його інвестиційну привабливість та зменшити ризики виникнення штрафних санкцій та судових позовів.

Запропоноване удосконалення технології отримання кальцій хлориду з виробництва кальцинованої соди методом Сольве, було спрямоване на екологічно чисту технологію.

Виробництво соди аміачним способом має багато переваг, але головним недоліком є низька ступінь використання відходів що призводить до побудови шлакових басейнів, які не мають повної ізоляції шлаків, тому вони можуть просочуватись в ґрунт і воду, завдаючи шкоди довкіллю та здоров'ю людей. Кальцій хлорид є одною із вихідної сировини виробництва кальцинованої соди. Удосконаленням технології отримання, є те що ми, отриманий розчин CaCl_2 в дистиляційній колоні на стадії регенерації аміаку, подаємо одразу на цех по очищенню розчина, без участі шлакових басейнів. На початку розчин подається в збірник накопичувач звідки далі іде на барабанний фільтр з зовнішньою фільтрувальною поверхнею, де очищується розчин від нерозчинних домішків. Далі розчин подають у реактор змішувач з якірною мішалкою куди подають кальцій гідроксид, для осаджування кислотних залишків. Потім розчин подають на фільтр механічної очистки з рейтингом фільтрації 200 мкм. Очищений

попередньо розчин транспортують до мембранного апарату, де утворений Ca_2SO_4 видаляється з розчину. Очищений розчин зі збірника накопичувач подається до вакуум випарної установки де концентрується до 33% CaCl_2 . Далі розчин охолоджують до кімнатної температури в кожухотрубному теплообміннику, і транспортується до резервуар для зберігання рідин.

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз науково-технічної літератури та наведено інформацію про властивості та галузі використання харчової добавки.
2. Запропоновано удосконалення технології виробництво рідкого кальцій хлориду, який є побічним продуктом на виробництві кальцинованої соди методом Сольве
3. Розроблено принципово-технологічну схему технології виробництва кальцій хлориду.
4. Розраховано матеріальний баланс продуктивність 1000 кг на добу.
5. Проведено розрахунок матеріального балансу по кожній стадії виробництва
6. Здійснено підбір основного обладнання на основі якого було складено апаратурно-технологічну схему.
7. Розраховано реактор для змішування з якірною мішалкою, робочий об'єм якого 1,6 м³, та потужність електро двигуна 4,38 кВт.
8. Проведено економічний розрахунок за рік : Обсяг виробництва: 332,5 т; капітальні витрати :1594,475 тис.грн.; собівартість: 63,63 тис. грн.; прибуток: 8462,79 тис.грн..
9. Наведено методи контролю якості кальцій хлориду.
10. Розглянуто нормативно - правові акти охорони праці
11. Аналізовано екологічність виробництва

<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> Гірний Б. Я.	<i>Назва, додаткова назва</i> ВИСНОВКИ	<i>ННІХТ.ХТ-4-14.024.161.061.КР.ПЗ</i>			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т. Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 15.04.2024	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 61/64

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1.Rege P.R. Chitinosan-drug complexes: effect of electrolyte on naproxen release in vitro Int. J. Pharm. — 2003. — № 250; Wei X.
- 2.Sigmoidal release of indomethacin from pectin matrix tablets: effect of in situ crosslinking by calcium cations Int. J. Pharm.2006. № 318.
- 3.Морська вода: солоність і деякі фізичні властивості. Реферат. Електронний ресурс Режим доступу: [<https://osvita.ua/vnz/reports/geograf/26237/>]
- 4.Електронний ресурс Режим доступу: [<https://www.inchem.org/documents/icsc/icsc/eics1184.htm>]
- 5.Li Ning, Wang Shuxuan, Wang Shoujiang, Li Bo, Overview of Calcium Chloride Production and Application, Journal of Salt and Chemical Industry, Qinghai, China, 2009, Tom 38, № 6, 42-46 p.
- 6.Vrana, L. M., Calcium chloride, Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 2014, № 5, vol. 4, p. 557–570.
- 7.Вирожемський В. К., Кожушко В. В, Краюшкіна К. В., Хімерик Т. Ю..Деякі особливості використання хлоридів при зимовому утриманні автомобільних доріг. Дороги і мости. - 2008. - Вип. 8. С. 48-53.
- 8.Odeyemi S. O. , Anifowose M. A., Oyeleke M. O., Adeyemi A. O., Bakare S. B., Effect of Calcium Chloride on the Compressive Strength of Concrete Produced from Three Brands of Nigerian Cement. American Journal of Civil Engineering. Special Issue: Predictive Estimation by ANSYS for Laminated Wood Deep Beam. Vol. 3, No. 2-3, 2015, pp. 1-5.
9. Алмакаєва Л.Г., Науменок Л.Г., Бегунова Н.В., Доля В.Г., Алмакаєв М.С., Удосконалення технології виробництва кальцію хлориду, 10% розчин для ін'єкцій, ВІСНИК ФАРМАЦІЇ, 2013, №3, С. 8-11.

<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> Гірний Б. Я.	<i>Назва, додаткова назва</i> СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	ННІХТ.ХТ-4-14.024.161.062.КР.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Носенко Т. Т.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i> 15.04.2024	<i>Мова</i> ua	<i>Аркуш</i> 62/64

10.Макаренко О. В., Кривов'яз О. В., Томашевська Ю. О., Вплив допоміжних речовин у протиглаукомних очних краплях на показник якості життя за критерієм частоти побічних ефектів, Фармацевтичний журнал, 2015, № 3, С. 39-44.

11.Белей Н. М., Марценюк В. П., Белей С. Я., Грошовий Т. А., Сучасний стан створення, виробництва та дослідження таблетованих лікарських препаратів, Фармацевтичний часопис, 2014, № 2. С. 123-129.

12.Електронний ресурс Режим доступу:
[<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0715-96#Text>]

13.Максимов О.С., Шевчук Т.О., Арабаджи Л.І., Формування здоров'язбережувальної компетентності учнів у курсі хімія основної школи, Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна та екологічна освіта: стан та перспективи розвитку», Вінниця, 2015, с. 311-314.

14.Горальчук А. Б., Трощій Т. В., Пивоваров П. П., Дослідження процесу комплексоутворення білків і карагінанів та вплив на нього кількісного та якісного іонного складу, Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі, 2012, №1. С. 10-18.

15.Ярема М. В., Гирка О. І., Бодак М. П., Харчові добавки у виробництві сирів, Актуальні научні досліджування у сучасному світі, Переяслав, 2021, Вип. 12 (80), С. 191-195.

16.В.Т. Яворський Т.В. Перекупко, З.О. Знак та ін. Загальна хімічна технологія: Підручник, Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2005. 552 с.

17.Магеря Я. О. Михайличенко С. А. Гринь, Застосування випарних апаратів при отриманні хлориду кальцію з відходів содового виробництва, Східно-Європейський журнал передових технологій, 2013, № 1/6, С. 10-13.

8.Ринок хлориду кальцію: поточний аналіз і прогноз (2022-2028) Електронний ресурс Режим доступу: [<https://univdatos.com/uk/доповідь/Ринок-хлориду-кальцію/>]

19. Е 509 – Хлорид кальцію Електронний ресурс Режим доступу: [<https://uk.dobavkam.net/additives/e-509>]

20. І. В. Шудренко,Правові та організаційні основи охорони праці,*Основи охорони праці* : навч. посіб.,Житомир : Видавець, О. О. Євенок, 2016. –16 с.

21. Загальні заходи та засоби нормалізації параметрів мікроклімату. Електронний ресурс. URL: [<https://oppb.com.ua/news/zagalni-zahody-ta-zasobynormalizaciyi-parametriv-mikroklimatu>]

22.Бессонова О. Д. Кравцов М. М. Пожежна безпека технологічних процесів, *Матеріали VIII-ї студентської наукової інтернет-конференції*, Національного юридичного університету імені Ярослава Мудрого «Безпека людини і реалізація права на працю в сучасних умовахт життєдіяльності», 20 – 21 квітня 2017 р. 624 с.