

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

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

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ О.В. Кочубей-Литвиненко
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 2020 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Т.Т.Носенко
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 2020 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 карбонату калію

Виконав: здобувач __4__ курсу, групи __15__

Фецич Марта Андріївна
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник Бахмач Володимир Олександрович
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультанти Житнецький І.В.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент Пухляк А.Г.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень із праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2020 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 161 «Хімічні технології та інженерія»

Освітньо-професійна програма Хімічна технологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЖХТ

Носенко Т.Т.

“05” травня 2020 року

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) ЗДОБУВАЧУ

Фецич Марти Андріївни

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення технології виробництва карбонату калію
керівник проекту (роботи) Бахмач Володимир Олександрович
доцент, кандидат технічних наук

затверджені наказом вищого навчального закладу від 16 березня 2020 р. № 231 КС

2. Строк подання здобувачем проекту (роботи) 2 червня 2020р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) потужність підприємства 1000 кг за добу.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) зміст; вступ; опис властивостей об'єктів дослідження; аналіз існуючих технологій виробництва і їх вплив на навколишнє середовище; особливості технологічних, організаційних, економічних або інших систем; стан сировинної бази, характеристики продукції, техніко-економічні показники; характеристика вихідної сировини і опис технології; матеріальні розрахунки; підбір технологічного обладнання та розрахунок основного обладнання (конструктивний, енергетичний, тепловий); опис апаратурно-технологічної схеми; розрахунок теплового балансу; енергозбереження, автоматизації, економічні обґрунтування, економічні розрахунки; показники якості та безпечності отриманих продуктів та організація системи контролю якості на запроектованому виробництві; система екологічного управління (охорона довкілля); безпека життєдіяльності (охорона праці); висновки; список використаної літератури

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

Лист 1. Апаратурно-технологічна схема виробництва — формат аркушу А1;

Лист 2. Принципово-технологічна схема виробництва — формат аркушу А1;

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічна частина	Житнецький І.В. к.т.н., доцент кафедри МАХтаФВ	06.05.2020р.	01.06.2020р.

7. Дата видачі завдання 5 травня 2020р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	05.05.2020р.	
2	Аналітичний огляд науково-технічної літератури	06.05-11.05.2020р.	
3	Технологічна частина. Розрахунок матеріального балансу.	12.05-25.05.2020р.	
4	Техніко-економічне обґрунтування	26.05-27.05.2020р.	
5	Організація контролю якості продукції	28.05.2020р.	
6	Екологічна частина та охорона праці	29.05.2020р.	
7	Висновки	01.06.2020р.	
8	Список використаної літератури. Реферат	15.05-25.05.2020р.	
9	Графічна частина проекту. Принципова технологічна схема	12.05-19.05.2020р.	
10	Графічна частина проекту. Апаратурно-технологічна схема	20.05-27.05.2020р.	
11	Графічна частина проекту. Креслення апарату (загальний вигляд)	28.05-01.06.2020р.	
12	Передзахист, перевірка на академплагіат, рецензування ДП	03.06.2020р.-10.06.2020р.	

Здобувач _____ **Фещич М.А.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ **Бахмач В.О.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ЗАПИСКА ПОЯСНЮВАЛЬНА: С. 80, РИС. 10, ТАБЛ. 13, ДЖЕРЕЛ 41.

Темою кваліфікаційної роботи бакалавра є удосконалення технології виробництва карбонату калію.

Обґрунтовано вибір оптимальної технології отримання карбонату калію та розглянуто шляхи її удосконалення. В роботі розглянуто процес одержання карбонату калію методом карбонізації КОН. Наводяться апаратурно - технологічна і принципова схеми виробництва. Розраховано матеріальний та тепловий баланс. Здійснено розрахунок барабанної сушарки. Згідно розрахунків апарат має діаметр барабана –1,08 м , довжину барабана – 4,04 м .

Карбонат калію є як харчовою добавкою E501, відноситься до класу стабілізаторів. За своїми властивостями ця харчова добавка може також виступати в якості стабілізатора та регулятора кислотності. Калійні солі і їх сполуки мають досить широке застосування в різних галузях: хімічна, харчова, фармацевтична промисловості. Метою роботи було запропонувати удосконалення технології виробництва карбонату калію з мінімальним шкідливим впливом на навколишнє середовище.

Розраховано техніко-економічну ефективність технології виробництва карбонату та показано, що рентабельність такого виробництва складає 24,74% ,

Описано вимоги щодо контролю якості сировини та готового продукту за відповідними нормативними документами.

Запропоновані заходи з охорони праці на виробництві та заходи з охорони довкілля.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КАРБОНАТ КАЛІЮ, ТЕХНОЛОГІЯ, ПОТАШ, ХАРЧОВА ДОБАВКА, БАРАБАННА СУШАРКА, СТАБІЛІЗАТОР, РЕГУЛЯТОР КИСЛОТНОСТІ, КАРБОНІЗАЦІЯ, АПАРАТ, ВАКУУМ-ВИПАРНА УСТАНОВКА.

ABSTRACT

EXPLANATORY NOTE: P. 80, FIG. 10, TABLE. 13, SOURCE 41.

The topic of the bachelor's qualification work is the improvement of the technology of potassium carbonate production.

The choice of the optimal technology for the production of potassium carbonate is substantiated and the ways of its improvement are considered. The paper considers the process of obtaining potassium carbonate by the method of carbonization of KOH. The hardware - technological and basic schemes of production are resulted. Material and heat balance is calculated. The drum dryer was calculated. According to calculations, the device has a drum diameter of 1.08 m and a drum length of 4.04 m.

Potassium carbonate is a food additive E501, belongs to the class of stabilizers. According to its properties, this food additive can also act as a stabilizer and acidity regulator. Potassium salts and their compounds are widely used in various industries: chemical, food, pharmaceutical industries. The aim of the work was to propose the improvement of the technology of potassium carbonate production with minimal harmful impact on the environment.

The technical and economic efficiency of carbonate production technology is calculated and it is shown that the profitability of such production is 24.74%.

The requirements for quality control of raw materials and finished product according to the relevant regulations are described.

Proposed measures for labor protection at work and measures for environmental protection.

KEY WORDS: POTASSIUM CARBONATE, TECHNOLOGY, POTASH, FOOD ADDITIVE, DRUM DRYER, STABILIZER, ACIDITY REGULATOR, CARBONONIZATION.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	10
1.1. Загальна характеристика харчової добавки	10
1.2. Історія карбонату калію: від деревної золи до вуглекислого газу	11
1.3. Фізико-хімічні властивості карбонату калію	12
1.4. Застосування карбонату калію	14
1.5. Вплив на організм людини	16
1.6. Аналіз існуючих технологій виробництва	17
1.7. Удосконалення технології виробництва добавки	22
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	24
2.1. Характеристика сировини для виробництва калію карбонату	24
2.2. Опис принципово-технологічної схеми	26
2.3. Розрахунок матеріального балансу хіміко-технологічного процесу	31
2.4. Підбір та розрахунок основного обладнання для виробництва	38
2.5. Опис апаратурно-технологічної схеми	51
РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	54
РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	60
РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.....	64
5.1. Охорона праці на підприємстві	64
5.1.1. Повітря робочої зони	65
5.1.2. Виробниче освітлення.....	69
5.1.3. Електробезпека	70
5.1.4. Пожежна безпека	70

					ННІХТ.4–15.020.161.006.ДП.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Фецич М.А.			ЗМІСТ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бахмач В.О.				6	80	
Реценз.		Пухляк А.Г.				НУХТ, Каф. ТЖХТ		
Н. Контр.		Подобій О.В.						
Затверд.		Носенко Т.Т.						

5.1.5. Надзвичайні ситуації.....	71
5.2. Заходи з охорони навколишнього середовища на виробництві	72
ВИСНОВКИ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	76
ДОДАТКИ.....	80

					ЗМІСТ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Карбонат калію (K_2CO_3), відомий як поташ та вуглекислий калій, являє собою середню сіль калію та вугільної кислоти [1].

Карбонат калію E501, як харчова добавка, відноситься до класу стабілізаторів. За своїми властивостями ця харчова добавка може також виступати в якості емульгатора та регулятора кислотності. Калійні солі і їх сполуки мають досить широке застосування в різних галузях [2].

У харчовій промисловості використовується як регулятор кислотності і стабілізатор у виробництві безалкогольних напоїв і як одна з домішок харчової соди. Йому під силу боротися з надлишком вологи, перемішувати масляні і водні розчини в однорідну масу. Він може застосовуватися в якості розпушувача тіста в випічці. На Русі поташ широко використовували для приготування пряників [3].

Карбонат калію рахується найкращим лужним агентом для обробки какао-крупки, яка піддається алкалізації, хоч для цього використовують і інші карбонати і бікарбонати (амонію, натрію) [3].

У хімічній промисловості карбонат калію (K_2CO_3) використовується у виробництві скла, деяких солей, фармацевтичних препаратів, в будівництві в якості протиморозної добавки, для виготовлення фарб, миючих засобів, як поглинач сірководню при очищенні газів. Високоякісні сорти застосовують для виготовлення медичного, оптичного, художнього, а також хрустала. Поташ вживають для виробництва деяких солей фармацевтичних препаратів, рідкого калійного мила, при отриманні рідкого і твердого двоокису вуглецю, при фарбуванні і відбілюванні тканин, для промивання шерсті, для виготовлення друкарських фарб з індантернових барвників і т.д. [4,5].

Нині попит у світі на калійні солі залишається стабільно високим. В Україні внутрішній попит на них становить у перерахунку на K_2O майже 2,2

					<i>ННІХТ.4-15.020.161.008.ДП.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Фецич М.А.</i>			<i>ВСТУП</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бахмач В.О.</i>					<i>8</i>	<i>80</i>
<i>Реценз.</i>		<i>Пухляк А.Г.</i>				<i>НУХТ, Каф. ТЖХТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>						

млн.т на рік. На цей час Україна стала фактично імпортером солей калію і мінеральних добрив на їхній основі з Росії, Білорусії та інших держав, тому що найбільші підприємства – виробники калійних добрив (ДП "Калієвий завод", ВАТ "Оріана" та ТОВ "Стебніківський калійний завод") фактично призупинили своє виробництво. Так, щорічно в Україну тільки карбонату калію завозиться більше 80 тис. тон. Проте, калійні руди родовищ Прикарпаття зберігають промислову цінність і придатні для промислової переробки в карбонат калію (поташ) та інші продукти. Сировинною базою для створення нового виробництва калійних солей можуть бути також родовища Дніпровсько-Донецької западини та Північно-Західного Донбасу [6].

Відомі наступні технології отримання K_2CO_3 : метод вилуговування із рослинної золи, магнезіальний спосіб Енгеля-Прехта та шляхом карбонізації суспензії активного карбонату магнію в розчині хлориду калію під тиском (0,493-1,776 МПа); карбонізацією КОН; каустифікація природного промитого K_2SO_4 вапняним молоком в присутності оксиду вуглецю в автоклаві з мішалкою при $200^{\circ}C$ (форміатний метод); переробка содо-поташних розчинів глиноземного виробництва [6].

Мета роботи – запропонувати удосконалення технології виробництва карбонату калію з мінімальним шкідливим впливом на навколишнє середовище.

- **Об'єктом дослідження** є карбонат калію.
- **Предмет дослідження**- технологія одержання карбонату калію.

Згідно з поставленою метою, сформульовані наступні **завдання**:

- На підставі аналізу та узагальнення опрацьованої науково-технічної літератури запропонувати спосіб виробництва карбонату калію та обґрунтувати основні положення технології одержання;
- Розробити принципову та технологічні схеми отримання;
- Розрахувати матеріальний баланс виробництва;
- Розрахувати тепловий баланс однієї з стадій;
- Розрахувати основне обладнання;
- Розрахувати техніко-економічну ефективність.

					<i>ВСТУП</i>	Арк.
						9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Загальна характеристика харчової добавки

Карбонат калію (K_2CO_3), відомий як поташ та вуглекислий калій, являє собою середню сіль калію та вугільної кислоти [1].

Карбонат калію E501, як харчова добавка, відноситься до класу стабілізаторів. За своїми властивостями ця харчова добавка може також виступати в якості стабілізатора та регулятора кислотності [2].

До групи харчових стабілізаторів належать речовини, головною технологічною функцією яких є стабілізація гомогенної харчової системи, утвореної з двох або більше, що не змішують, речовин, або поліпшення ступеня гомогенізації цієї системи [2].

Принцип дії стабілізаторів у харчових системах аналогічний дії емульгаторів, від яких вони відрізняються зниженою поверхневою активністю, що обумовлено особливостями будови молекул. У молекулах стабілізатора гідрофільні групи, як правило, рівномірно розподіляються по всій довжині молекули і змінюють характер її поведінки на межі розділу фаз [2].

За своєю поведінкою у харчових системах стабілізатори займають проміжне положення між емульгаторами і загусниками, при цьому ефект стабілізації може бути досягнутий як за рахунок адсорбції їх молекул на міжфазних межах, утворених частинками дисперсної фази і дисперсійного середовища, так і за рахунок підвищення в'язкості дисперсійного середовища, що містить частинки дисперсної фази [2].

Часто добавки цього функціонального класу в харчових системах проявляють суміжні технологічні функції інших добавок [2].

Харчові карбонати калію (E501) підрозділяють [1]:

- E-501 (i) безводний і гідратований карбонат калію;

					<i>ННХТ.4-15.020.161.010.ДП.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Фецич М.А.</i>			АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО- ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бахмач В.О.</i>					<i>10</i>	<i>80</i>
<i>Реценз.</i>		<i>Пухляк А.Г.</i>				<i>НУХТ, Каф. ТЖХТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>						

- E-501 (ii) гідрокарбонат калію.

Позначення, найменування, хімічні назви, формули та молекулярні маси харчових карбонатів калію наведено в *табл.1.1*.

Таблиця 1.1

Позначення, найменування, хімічні назви, формули та молекулярні маси харчових карбонатів калію

Позначення і найменування харчового карбонату	Хімічна назва	Формула	Молекулярна маса а.е.м.
E501(i) Карбонат калію (Potassium carbonate)	Калію карбонат безводний	K_2CO_3	138,21
	Калію карбонат 1,5-безводний	$K_2CO_3 \cdot 1,5 H_2O$	165,22
E501(ii) Гідрокарбонат калію(Potassium hydrogen carbonate)	Калію гідрокарбонат (кислий карбонат калію)	$KHCO_3$	100,11

1.2. Історія карбонату калію: від деревної золи до вуглекислого газу

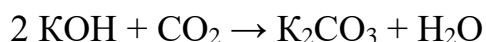
Карбонат калію - речовина, яка увійшло в людський ужиток ще за 1,5-2 тисячі років до нашої ери. Весь цей час його властивостями користувалися, в тому числі, і для приготування їжі, не кажучи вже про численних і різноманітних хімічних реакціях і процесах. Вивчення речовини триває до сих, але на сьогоднішній день воно є однією з найбезпечніших харчових добавок. Вуглекислий калій, поташ або добавка E501 проявляє властивості розпушувача, регулятора кислотності, стабілізатора, чому його і цінують виробники. Втім, крім сфери виготовлення харчових продуктів, карбонат калію знайшов собі

застосування і в інших галузях промисловості [5].

Поташ - речовина, яку було видобуто людиною в стародавні часи саме з використанням деревної золи або золи морських водоростей. Золю обробляли гарячою водою в спеціальних дерев'яних ємностях, після чого отриманий розчин підливали в палаючий вогнище, при цьому намагаючись не загасити його.

В результаті упарювання багаття розчином, на дні утворювався великий шар солі. Щоб отримати 1 кілограм поташу, витрачалося 2 кубометра деревини, що робило речовина дорогим і нерентабельним для масового або фабричного використання. Аж до кінця 19 століття поташ добували саме методом водної екстракції з золи, в основному в Росії та Північній Америці, частково в Європі. Наприклад, в Росії вже в 16 столітті відкривалися фабрики з видобутку речовини. Основна технологія отримання в заводських умовах все так же ґрунтувалася на використанні деревної золи: її засипали в дерев'яну ємність і заливали чистою водою. Через 4-6 годин, коли зола частково розчиниться, рідку частину суміші (лужну воду) переливали в металевий казан, а залишки золи знову заливали водою, залишивши приблизно на 4-6 годин. Цикл повторювався всього від 2 до 4 разів, поки вся зола в розчиненому вигляді з водою не виявлялася в котлі. Після чого котел починали нагрівати, випарюючи рідину. В результаті на дні металевого котла залишався шар солі сірого кольору. Після прожарювання в печі вона ставала чисто білою [5].

Сьогодні метод синтезування добавки виглядає інакше: її виробляють шляхом впливу вуглекислим газом на гідроксид калію [5]:



1.3. Фізико-хімічні властивості карбонату калію

Карбонат калію - це білий гігроскопічний порошок, який добре розчинний у воді (112 г/100 г при 20°C); не розчиняється в етанолі та діетиловому ефірі. Втрати при висушуванні становлять не більше 5,0% для безводної солі і 18,0% для сесквігідрату (180°C, 4 години) [7].

Вуглекислий калій (поташ) - середня сіль калію і вугільної кислоти, представляє собою безбарвні кристали, густиною 2,43 г/см³, що плавляться при

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

температурі 891 °С і добре розчинні у воді. Коефіцієнт розчинності K_2CO_3 (в г на 100 г води) дорівнює 111,0 при 20 °С і 139,2 при 80 °С. У водних розчинах карбонату калію сильно-лужне середовище за рахунок гідролізу. При насиченні карбонатом калію водно-спиртового розчину при 23-25°С утворюється двошарова система, яка містить в нижньому шарі 53,6% карбонату калію і 0,28% етанолу, а в верхньому шарі 0,095% карбонату калію і 90,65% етанолу. Насичений водний розчин має при 0°С 51,8, при 15°С 52,9, при 100°С 60,9% K_2CO_3 . Температура кипіння 50% розчину становить 113,1°С [8].

Фізико-хімічні властивості карбонату калію наведено в *табл. 1.2*.

Таблиця 1.2

Фізико-хімічні властивості карбонату калію

Зовнішній вигляд:	Безбарвні моноклінні кристали. Брутто-формула: CK_2O_3 . Хімічна формула: K_2CO_3 .
Молекулярна маса (в а.е.м.):	138,21.
Температура плавлення (в °С):	891.
Густина (в г/см ³)	2,428.
Стандартна ентальпія утворення, ΔH (298 К, кДж/моль)	-1146,1.
Стандартна енергія Гіббса утворення, ΔG (298 К, кДж/моль)	-1059,8.
Стандартна ентропія утворення, S (298 К, Дж/моль·К)	156,32.
Стандартна мольна теплоємність, C_p (298 К, Дж/моль·К)	115,7.
Насипна густина (в кг/м ³)	1280.

Гранично допустима концентрація аерозолю карбонату калію в повітрі робочої зони (ГДК) – 2 мг/ м³.

Поташ сильно гігроскопічний: швидко розпилюється в повітрі. Вдихання пилу може викликати роздратування дихальних шляхів, кон'юктивіт, а іноді й

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

шлунково-кишечні захворювання. При роботі необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту [5].

При тривалому зберіганні активно поглинає з повітря вуглекислий газ, перетворюючись на твердий, погано розчинний у воді бікарбонат калію.

Через яскраво виражену лужну реакцію, слід остерігатися його потрапляння на шкіру і, особливо, в очі. Готувати і працювати з водними розчинами слід в комбінезонах, окулярах, гумових чоботях і рукавичках, спецодяг зберігати в спеціальних шафах. У погано вентильованих приміщеннях необхідно використовувати респіратори або протигази [9].

Рівноважна відносна вологість над $K_2CO_3 \cdot 1,5 H_2O$ при $25^\circ C$ всього 43%, на повітрі поташ плавиться, а при тривалому зберіганні поглинає двоокис вуглецю і перетворюється в твердий бікарбонат калію $KHCO_3$ [9].

1.4. Застосування карбонату калію

Калійні солі і їх сполуки мають досить широке застосування в різних галузях народного господарства. Хімічна речовина поташ, відома в хімії як вуглекислий калій, використовується в хімічній, скляній, легкій промисловості [10].

У хімічній промисловості карбонат калію (K_2CO_3) використовується у виробництві скла, деяких солей, фармацевтичних препаратів, в будівництві в якості протиморозної добавки, для виготовлення фарб, миючих засобів, як поглинач сірководню при очищенні газів. Високоякісні сорти застосовують для виготовлення медичного, оптичного, художнього, а також хрустала. Поташ вживають для виробництва деяких солей фармацевтичних препаратів, рідкого калійного мила, при отриманні рідкого і твердого двоокису вуглецю, при фарбуванні і відбілюванні тканин, для промивання шерсті, для виготовлення друкарських фарб з індантернових барвників і т.д. Його застосовують для очищення промислових газів від сірководню по вакуум-поташному способу, особливо в коксохімічній промисловості для очищення коксового газу.

Можливе використання поташа (в суміші з содою) в якості протипожежного засобу.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поташ використовують в будівельній справі в якості протиморозної добавки в розчини та бетони, що має переваги перед іншими солями - він не викликає корозії, утворення висолів та ін. В сільському господарстві його застосовують як безхлорне добриво, проте поки в невеликих кількостях не тільки через високу вартість, але і через погані фізичні властивості, обумовлені сильною гігроскопічністю. Проводяться пошуки способів покращення фізичних властивостей цього добрива [4, 5].

Висока вартість поташа поки що обмежує його застосування в будівельній справі і в сільському господарстві, в перспективі ці області повинні стати самими великими споживачами поташа [5].

В фармакології використовується як [11]:

- при виробництві таблеток, які є джерелом мікроелемента калія, необхідного при гіперкаліємії;
- входить до складу засобів, що надають дезінфікуючу дію;
- добавка включена в склад протигрибкових і протичесотних кремів і мазів;
- добавляють до більшості вироблених БАДів.

У харчовій промисловості використовується як регулятор кислотності і стабілізатор у виробництві безалкогольних напоїв і як одна з домішок харчової соди. Йому під силу боротися з надлишком вологи, перемішувати масляні і водні розчини в однорідну масу. Він може застосовуватися в якості розпушувача тесту в випічці. На Русі поташ широко використовували для приготування пряників. Дана речовина використовують у виробництві алкогольних напоїв. Тут його застосовують як стабілізатор. Природно, що карбонат калію - речовина небезпечна, тому в харчовій промисловості він використовується в малих кількостях [5].

Карбонат калію рахується найкращим лужним агентом для обробки какао-крупки, яка піддається алкалізації, хоч для цього використовують і інші карбонати і бікарбонати (амонію, натрію). Лужні агенти рекомендується використовувати в виді насиченого розчину у воді. Для готування розчину

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

беруть приблизно 15 л води/кг. Дозування лужних агентів складає 1,5-2 кг/100 кг какао-крупки. Значення рН обробленого продукту повинно бути не більше 7,2. Обробка здійснюється у змішувачі протягом 80 хв при температурі 75-80°C. При обробці какао-крупки розчином лужного агента проходить не тільки нейтралізація кислот, але і змінюються дубильні, білкові, фарбувальні та ароматичні складові. Крім цього, гідролізується клітковина, що полегшує розмелювання какао-крупки і виділення какао-масла при пресуванні; утворюються також солі жирних кислот (емульгатори) [3].

Поташ використовується в якості хімічного реагента для зниження тирувальної кислотності вин і суслу. Карбонат калію нейтралізує надлишок кислот суслу або молодого вина. При цьому частина органічних кислот перетворюється в важкорозчинні солі і випадає у відфільтрований осад. Дозування карбоната калію залежить від багатьох факторів, але рахується, що для зниження кислотності на 1 г/л потрібно 0,5-0,8 г/л карбоната калію. Заастосування хімічного кислото-зниження - це сильнодіючий засіб, і тому обробку рекомендується використовувати тільки для сусел з кислотністю вище 13 г/л і вин з кислотністю 10 г/л. При цьому зниження кислотності, що досягається за рахунок хімічної обробки, не повинно бути більшим ніж 3 г/л [3].

1.5. Вплив на організм людини

Калій, що входить до складу харчової добавки E501, грає важливу роль в роботі організму людини [11].

- Бере участь в регулюванні водно-сольового балансу.
- Контролює рівновагу кислот і лугів в крові.
- З його допомогою проходить передача імпульсів нервових закінчень.
- Каталізує реакції з участю ферментів, білків і вуглеводів.
- Незамінний в процесі білкового синтезу, розщеплення глюкози.
- Нормалізує роботу серцево-судинної системи.

Нестача калію, який може допомогти відновити харчова добавка E501, здатний призводити до наступних наслідків [11]:

- нервові виснаження, відчуття втоми, депресивний стан;

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- м'язева слабкість;
- зниження імунітету;
- порушення роботи репродуктивної, травної, сечовидільної, серцево-судинної систем;
- погіршення стану волосся і шкірних покривів.

Надлишок калію, який може виникнути внаслідок недозованого прийому продуктів, які містять добавку E501, проявляється аналогічними симптомами [11].

Безпечна чи ні добавка E501, однозначно складно відповісти. Мікроелемент калій, що міститься в ній, життєво-необхідний для нормального функціонування організму людини. Для тих, хто не приймає лікарства. 501-й мікрокомпонент може стати одним з його джерел [11].

Дослідження показали, що речовина, з якої складається 501-елемент європейської кодифікації, легко всмоктується в кров з травного тракту, не осідає в тканинах, виводиться з організму разом з іншими продуктами розпаду. Це дозволяє не рахувати карбонат калію небезпечним продуктом. Серйозно нашкодити здатне надмірне споживання добавки [11].

Небезпечний карбонат калію може бут для тих, хто страждає захворюваннями нирок та надниркових залоз, так як при даних патологіях виведення мікроелемента з організму утруднено. Калій накопичується в організмі викликаючи небезпечне захворювання – гіперкаліємію [11].

1.6. Аналіз існуючих технологій виробництва

Нині попит у світі на калійні солі залишається стабільно високим. В Україні внутрішній попит на них становить у перерахунку на K₂O майже 2,2 млн. т на рік. На цей час Україна стала фактично імпортером солей калію і мінеральних добрив на їхній основі з Росії, Білорусії та інших держав, тому що найбільші підприємства – виробники калійних добрив (ДП "Калієвий завод", ВАТ "Оріана" та ТОВ "Стебніківський калійний завод") фактично призупинили своє виробництво. Так, щорічно в Україну тільки карбонату калію завозиться більше 80 тис. тон. Проте, калійні руди родовищ Прикарпаття зберігають

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

промислово цінність і придатні для промислової переробки в карбонат калію (поташ) та інші продукти. Сировинною базою для створення нового виробництва калійних солей можуть бути також родовища Дніпровсько-Донецької западини та Північно-Західного Донбасу. Вони оцінюються у мільярди тонн, є достатні для організації потужного виробництва калійних добрив, сполук калію, натрію не тільки для задоволення потреб підприємств України, але й для організації експортних поставок. При цьому є можливість застосування методу підземного вилучання, який мало впливає на експлуатацію будівель, споруд і мереж інженерних комунікацій, що розташовані в зоні гірничих виробітків, не призводить до зміни природного режиму ґрунтових вод, підтоплення земної поверхні, заболочення, утворення провальних воронки, які створюють небезпеку для населення і наземних об'єктів [10].

Відомі наступні технології отримання K_2CO_3 : метод вилуговування із рослинної золи, магнезіальний спосіб Енгеля-Прехта та шляхом карбонізації суспензії активного карбонату магнію в розчині хлориду калію під тиском (0,493-1,776 мПа); каустифікація природного промитого K_2SO_4 вапняним молоком в присутності оксиду вуглецю в автоклаві з мішалкою при $200^\circ C$ (форміатний метод); переробка содо-поташних розчинів глиноземного виробництва; переробка сильвініту з одночасним отриманням соди та поташу; електроліз розчину хлориду калію з подальшою карбонізацією КОН. Перераховані методи характеризуються низьким виходом продукту (60-90%), багатостадійністю процесів, недостатньою чистотою готового продукту, великим споживанням енергії і, відповідно, високою вартістю отриманого поташу [6]

Одним із перших способів виробництва K_2CO_3 є **метод вилуговування із рослинної золи**. Зола соняшника в розчинній частині містить масову частку солей: від 15% до 35% K_2CO_3 , 3,5–4,1% K_2SO_4 і 3,8–5,1% KCl, нерозчинний у воді залишок становить від 40 до 61 %. Поділ системи $K_2CO_3 - KCl - K_2SO_4 - H_2O$ на складові компоненти здійснювали методом випарювання і охолодження, що засновано на відмінності розчинності компонентів системи при різних

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

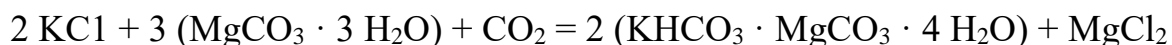
температурах. Технологія характеризується складністю процесів, значними витратами енергії. Експлуатаційні витрати на 1 т K_2CO_3 становили: умовного палива 0,24 т; пари – 4,5 т; електроенергії – 75 кВт/год і води – 10 м^3 . Отримання K_2CO_3 із золи спалювання патоково-спиртової барди має аналогічні недоліки. Крім цього, складним завданням є труднощі поділу карбонатних солей калію і натрію на чисті складові компоненти. Під час використання такої сировини можна отримати лише низькоякісний карбонат калію з вмістом основної речовини 90–96%. Недоліками цих способів також є: низький вихід, забруднення K_2CO_3 домішками, обмеженість сировинної бази, багатостадійність, використання енерговитратних процесів випарювання і охолодження, перекристалізація K_2CO_3 , KCl і K_2SO_4 [10].

Останніми роками зазначені недоліки частково усунені в розробленій європейською фірмою «SF Soerenberg Comrag GmbH» (Австрія) технології виробництва K_2CO_3 із золи біогенного палива. Авторами проведено вивчення можливості отримання K_2CO_3 із золи сільськогосподарських рослин (тютюну), а також визначено вплив різних чинників на цей процес. Дослідження виконували у вилуговувачі оснащеному мішалкою, в якій подавали різну кількість води і здійснювали процес при температурі від 90°C до 95°C . Вилуговування закінчували при залишковому вмісті в сухому підзолі 2,5 % K_2CO_3 , що давало можливість отримати K_2CO_3 з виходом біля 62,5%. Отриманий концентрований карбонат – лужний розчин (густина $1,11\text{ г/см}^3$) мав склад (%): K_2CO_3 – 9,19; Na_2CO_3 – 16,1; KCl – 3,3; K_2SO_4 – 1,7, для переробки якого застосовували процеси випаровування, кристалізацію, сушки. Систематичних же досліджень за подібною технологією за останні роки практично не виявлено. Однак на перспективу в зв'язку з зростанням обсягів утворення золи біогенного палива, відходів переробки рослин ця обставина дозволить розвивати виробництво K_2CO_3 і з цього виду сировини [10].

Магнезіальний метод отримання K_2CO_3 або **метод Енгеля-Прехта** базується на хімічній взаємодії суміші хлориду калію і карбонату магнію з діоксидом вуглецю (карбонізації суспензії активного $MgCO_3$ в розчині KCl під

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тиском 0,493–1,776 МПа (5–18 атм.). Використовувався німецькою фірмою «Kali-Chemie». У результаті реакції отримували нерозчинну подвійну сіль гідрокарбонату калію і карбонату магнію [10]:



Спосіб дозволяє отримувати якісний K_2CO_3 (99,3% мас.). Однак він має обмежене застосування через свою складність, пов'язану головним чином, з багатостадійністю, труднощами отримання добре фільтрованих кристалів подвійної солі, забезпеченням умов утворення стабільно активного карбонату магнію і великими витратами електроенергії [10].

Форміатний метод отримання карбонату калію з сульфату калію полягає в каустифікації промитого K_2SO_4 вапняним молоком у присутності оксиду вуглецю. Оксид вуглецю утворює з гідроксидом кальцію форміат калію по реакції [10]:



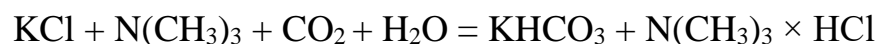
Утворення K_2CO_3 відбувається за реакцією:



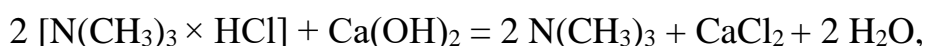
Недоліками технології є багатостадійність, періодичність, висока температура синтезу – 200 °С і великий тиск – 2,942 МПа (30 атм.), обмеженість сировинної бази. Схему процесу отримання K_2CO_3 не можна визнати вдалою з тієї причини, що готовий продукт, що утворився, має недостатню чистоту, % мас.: K_2CO_3 – 98; KCl – 0,25; K_2SO_4 – 0,2; Na_2CO_3 – 0,3; Fe – 0,0005, нерозчинний у воді залишок – 0,01 і високу вартість за великої витрати палива [10].

Триметиламіновий метод.

Цей метод базується на обробці розчину хлориду калію і триметиламіна двоокисом вуглецю під тиском та при перемішуванні [5]:



При охолодженні випадає кристалічний бікарбонат калію, який легко відокремлюється від розчину соляно-кислого триметиламіна. Останній знову перетворюється у вільний триметеламін [5]:



					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

а бікарбонат переводять в карбонат прожарювання [5].

Запропонований аналогічний процес з застосуванням гексаметиламіна (відходу отримання гексаметилендіаміна) – від 1 до 1,4 частини на 1 частину КСІ. Концентрація водного розчину гексаметиленаміна 42-50%. При температурі реакції 20-40°C степінь використання КСІ 70-90%. Після відділення бікарбонату калію до розчину додають вапно і регенерують гексаметиленімін відгонкою при 93-95°C [5].

Переробка сильвініту з одночасним отриманням соди та поташу.

За цим способом переробляють хлориди натрію, калію із сильвініту на соду і карбонат калію з використанням гексаметиленіміну (ГМІ) і гексаметилендіаміну (ГМДА). Спосіб включає стадії очищення розсолу, карбонізації, фільтрації, кальцинації і електрохімічної регенерації аміну, а також устаткування, що успішно використовується у процесі отримання соди за методом Сольве. Розроблена технологічна схема отримання соди і K_2CO_3 з сильвініту передбачає двох-стадійне ведення процесу: на першій стадії отримати соду, після чого додати додаткову кількість аміну і на другій стадії отримати карбонат калію. Напівпромислові випробування цього способу показали, що з використанням цієї схеми можна з розчинів сильвініту Карлюкського родовища, використовуючи гексаметиленимін, виділити чистий гідрокарбонат натрію. Коефіцієнт використання іонів натрію при цьому становить 84%. На другій стадії відбувається виділення суміші гідрокарбонатів натрію і калію, останній містить до 72% мас. гідрокарбонату калію. Коефіцієнт використання іонів калію ($KHCO_3$) при цьому становить лише 53%. Суміш гідрокарбонатів поділяли за допомогою репульпації з наступним отриманням K_2CO_3 і содо-поташної суміші [10].

Перевагою такого методу є комплексність переробки вихідної сировини – сильвініту. Недоліком є відносно незначний вихід $KHCO_3$, а головній стадії процесу – карбонізації. Побічним продуктом технології є содо-поташна суміш з не зовсім ясними перспективами використання у споживача через нестабільність складу і недостатню чистоту [10].

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метод електролізу розчинів КСІ з подальшою карбонізацією розчину КОН.

Технологія отримання K_2CO_3 методом електролізу розчинів КСІ з подальшою переробкою гідроксиду калію в карбонат калію, незважаючи на комплексність, характеризується складністю процесу через багатостадійність, велике споживання електроенергії, дорогу сировину КОН та, відповідно, високу вартість одержуваного K_2CO_3 . Так, за даними Г.Й. Мікуліна і С.В. Беньковського питома витрата електроенергії на 1 т КОН становить понад 2300 кВт/год (без урахування витрат енергії теплоти у вигляді пари) і понад 190 кВт/год на 1 т K_2CO_3 . Під час електролізу КСІ в КОН переходить тільки половина калію. Решта калію залишається у вигляді нерозкладеного КСІ, забруднюючи одержуваний у процесі карбонізації лугів поташ хлоридами. Метод електролізу завдає значної шкоди навколишньому середовищу в результаті газових викидів хлору і його сполук, ртуті, а також стічних вод, що містять токсичні сполуки [10].

Цим методом отримують K_2CO_3 з вмістом 95% K_2CO_3 і до 1% КСІ. Для випуску більш чистого карбонату калію (за вмістом хлоридів) його додатково очищають шляхом перекристалізації [5].

В даний час на Україні виробництво поташу відсутнє. Тому для покриття утворюється дефіциту всередині країни він закуповується, як правило, в країнах СНД [10].

Одним з рішень проблеми пов'язаної з поташем на Україні може бути створення відповідного виробництва. Одним з основних існуючих методів, за яким виробляють карбонат калію в усьому світі, є насичення розчинів технічного гідроксиду калію, одержуваного електрохімічним шляхом, газоподібним діоксид вуглецю [10].

1.7. Удосконалення технології виробництва добавки

В даному дипломному проекті було вдосконалено карбонізаційну колону, щоб покращити якість виробленої продукції. Це може бути вирішено шляхом зміни конструкції колони та зв'язків елементів між собою.

Це можна вирішити за допомогою колони, що має корпус: у верхній

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частині розташовано абсорбер, що обладнаний перфорованими однопореливними тарілками, а в нижній частині – холодильник, що обладнаний горизонтально розташованими пучками теплообмінних труб і багатопореливними тарілками з отворами для приходу газу, засобами першого та другого вводу, для введення карбонізуючого газу [12].

Встановлення багатопореливних тарілок у нижній частині абсорбера сприяє підвищенню ефективності тепло- та масообміну в зоні переходу від абсорбера до холодильника [12].

Також добавлено стадію зворотнього осмосу. Вона відбувається в мембрані рулонного типу, де відбувається концентрування розчину.

Отже, можна зробити висновок, що вибраний метод карбонізації КОН отримання карбонат калію є найкращим у порівнянні з іншими способами і більш доцільний для виробництва карбонат калію як харчової добавки E501.

					<i>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		23

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Характеристика сировини для виробництва калію карбонату

Для виробництва харчових карбонатів калію використовують наступну сировину [1]:

- калій гідроксид;
- діоксид вуглецю.

Допускається застосування аналогічного сировини, дозволеного до застосування в харчовій промисловості і забезпечує отримання харчових карбонатів калію, які відповідають вимогам цього стандарту [1].

Калій гідроксид представляє собою білі лусочки, гранули чечевице-подібної форми або шматки з кристалічною структурою на зламі; сильно гігроскопічний, добре розчинний у воді і спирті; швидко поглинає з повітря вуглекислоту і воду і поступово переходить у вуглекислий калій [13].

Основні характеристики гідроксиду калію наведені у *табл. 2.1*.

Таблиця 2.1

Основні характеристики гідроксиду калію

Молекулярна формула	КОН
Молекулярна маса, г/моль	56,11
Густина, г/см ³	2,044
Температура плавлення, °С	404
Температура кипіння, °С	1324
Розчинення в воді (20 °С), г/100 мл	117,9

Водні розчини КОН мають сильно-лужну реакцію. Гідрат окису калію (калі їдке) отримують діафрагмовим електролізом розчину хлористого калію.

Гідроксид калію у вигляді розчину і пилу діє прижигающе на шкірні

					ННІХТ.4-15.020.161.024.ДП.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Фецич М.А.			ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бахмач В.О.					24	80
Консульт.		Житнецький І.В.				НУХТ, Каф. ТЖХТ		
Н. Контр.		Подобій О.В.						
Затверд.		Носенко Т.Т.						

покриви і слизові оболонки [13].

Гранично допустима концентрація аерозолі гідроксиду калію в повітрі робочої зони виробничих приміщень (ГДК) - 0,5 мг/м³ [13].

Гідроксид калію (при концентрації вище допустимої), при попаданні на шкіру та слизові оболонки, особливо очі, викликає важкі хімічні опіки і хронічні захворювання шкірних покривів. Особливо небезпечне потрапляння в очі. У вигляді розчину або пилу пріжігаюче на шкірні покриви і слизові оболонки, небезпечна при вдиханні, попаданні на шкіру та в очі. Кашель, стиснення в грудях, нежить, слезотеча, опік шкіри, набряк повік, різке почервоніння кон'юнктиви, ураження райдужної оболонки. Хімічний опік [13].

Діоксид вуглецю (вуглекислий газ) – це безколірний газоподібний, рідкий, високого тиску і низькотемпературну, одержуваний з відходних газів виробництв аміаку, спиртів, а також на базі спеціального спалювання палива та інших виробництв. Діоксид вуглецю випускається рідкий низькотемпературний, рідкий високого тиску і газоподібний [14].

Застосовується для створення захисного середовища при зварюванні металів, для харчових цілей у виробництві газованих напоїв, сухого льоду, для охолодження, заморожування і зберігання харчових продуктів при прямому і непрямому контакті з ними; для сушіння ливарних форм; для пожежогасіння та інших цілей у всіх галузях промисловості. Рідкий діоксид вуглецю застосовується переважно для потреб зварювального виробництва [14].

Газоподібний діоксид вуглецю - газ без кольору і запаху при температурі 20 °С і тиску 101,3 кПа (760 мм рт. ст.). Щільність - 1,839 кг/м³. Рідкий діоксид вуглецю - безбарвна рідина без запаху [14].

Хімічна формула – CO₂.

Молекулярна маса (по міжнародних масам 1977 г.) - 44,009.

Гранично допустима концентрація аерозолі вуглекислого газу в повітрі робочої зони (ГДК) - 0,5% об. або 9000 мг/м³ [14].

Діоксид вуглецю нетоксичний і невибухонебезпечний. При концентраціях понад 5% (92 г/м³) діоксид вуглецю робить шкідливий вплив на

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

здоров'я людини, так як він важчий за повітря і може накопичуватися в слабо провітрюваних приміщеннях біля підлоги. При цьому знижується об'ємна частка кисню в повітрі, що може викликати явище кисневої недостатності і задухи [14].

Вуглекислий газ необхідний організму не менше, ніж кисень, так як CO_2 впливає на функції кори головного мозку, дихального та судинного центрів, забезпечує діяльність різних відділів ЦНС, що відповідають за тонус судин, бронхів, обмін речовин, секрецію гормонів, електролітний склад крові і тканин; впливає на швидкість майже всіх біохімічних реакцій організму [15].

Одна з основних функцій CO_2 в організмі - викликати дихальний рефлекс. Коли концентрація CO_2 в крові підвищується, рецептори негайно посилають імпульси в дихальний центр, звідки і надходить команда почати дихальний акт. Отже, вуглекислий газ сигналізує про небезпеку гіпоксії і гіперкапенії. Саме накопичився в крові вуглекислий газ є фізіологічним стимулятором дихання [15].

2.2. Опис принципово-технологічної схеми

Карбонат калію можна отримати різними методами, але найпоширеніший - це метод карбонізації розчину КОН з попереднім електролізом хлориду калію [5].

При електролізі хлориду калію по діафрагмовому методі отримується розчин, що містить 154 г/л КОН і 180 г/л КСІ. Для відділення КСІ розчин концентрують до 44,6-47,1% КОН (щільність 1,47-1,50 г/см³) і потім охолоджують. При $t=20-30\text{ }^\circ\text{C}$ в розчині залишається лише близько 1% КСІ. Після відділення хлориду калію, що виділився, розчин розбавляють до концентрації близько 10% КОН (щільність 1,3 г/см³) і піддають карбонізації в колоні з насадкою з керамічних кілець. (При електролізі хлориду калію в ванні з ртутним катодом виходить розчин КОН, що містить лише соті частки відсотка хлоридів, і його карбонізують без попереднього очищення) [5].

Технологія виробництва поташу передбачає такі стадії:

- Реакція карбонізації.
- Абсорбція.
- Зворотній осмос.

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Випарювання.
- Сушіння 1.
- Сушіння 2.

На *рис. 2.1* наведено принципово-технологічну схему виробництва карбонату калію.

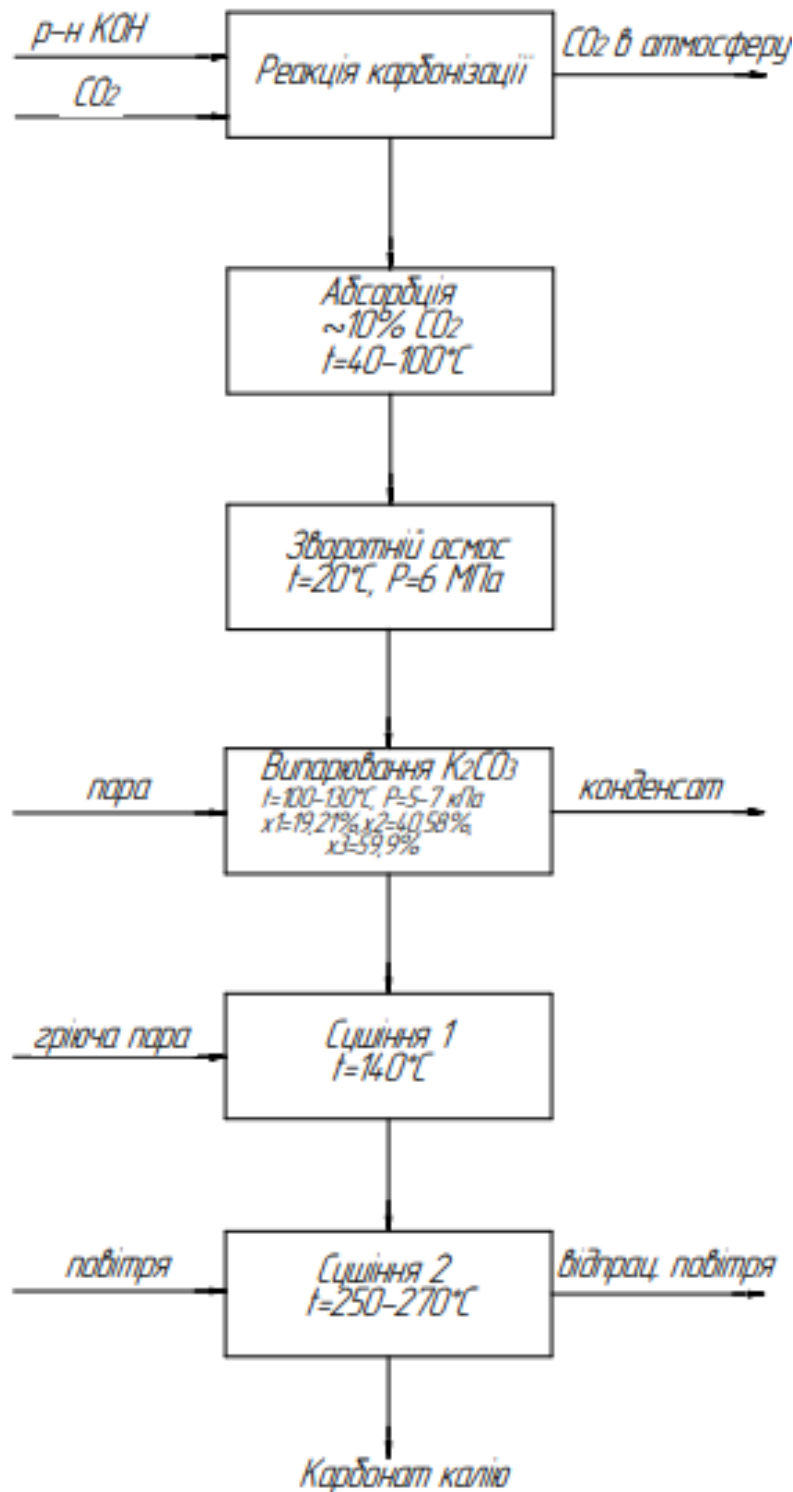


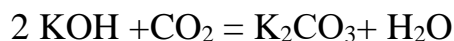
Рис. 2.1. Принципово-технологічна схема

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реакція карбонізації.

В даному способі виробництва карбонату калію, ми використовуємо метод двоступеневої карбонізації 10%-го розчину КОН; при цьому з більшою повнотою використовується CO₂ з паливного газу [5].

Процес карбонізації проходить по реакції:



В 1 ступені в протиточному абсорбері карбонізації газом, що містить 10% CO₂, піддається циркулюючий тут розчин суміші КОН і K₂CO₃. До розчину, який витікає, додають свіжий розчин КОН і 90% цього абсорбента повертається в абсорбер, а 10% передається в 2-й ступінь абсорбції, де точною дозою CO₂ досягається повна нейтралізація КОН до K₂CO₃ [5].

Для уникнення кристалізації K₂CO₃ в 1-му ступені проводять процес при 40-100 °С, подаючи в абсорбер розчин з співвідношенням КОН : K₂CO₃ рівним 1:1, і карбонізуючи тут 90% КОН [5].

Зворотній осмос.

Для концентрування чи очищення розбавлених водних розчинів широко використовуються мембранні процеси, що протікають під дією перепаду тиску або баромембранні процеси.

В основі баромембранних процесів лежить явище осмосу – самовільного проникнення розчинника через мембрану до встановлення рівноваги. Важливим параметром при цьому є величина осмотичного тиску [16]

Зворотній осмос оснований на очищенні розчинів під тиском через напівпроникні мембрани, що пропускають розчинник, але затримують речовини що розчинюються. Розділення проходить без фазових перетворень при температурі оточуючого середовища, тому затрати енергії значно менше ніж при розділенні іншими методами. Мала енергоємність і відносна простота апаратурного оформлення забезпечує високу економіку ефективність зворотного осмосу [16].

Зворотній осмос використовується на стадії концентрування особливо широко в харчовій промисловості (концентрація фруктових соків, цукру, кави),

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

в гальванічній технології (для концентрування стічних вод) і в молочній промисловості (наприклад концентрування молока в початкових стадіях виробництва сиру) [16].

На цій стадії подається слабкий розчин карбонату калію з тиском 6 МПа та $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Розчин досягає концентрації 3%.

Процес випарювання.

Випарюванням називається концентрування розчинів практично нелетких або мало-летких речовин в рідких летких розчинниках. Випарюванню піддають розчини твердих речовин і високо-киплячі рідини, що володіють, при температурі випаровування, дуже малим тиском пари [17].

Випарювання найчастіше проводиться при підвищеній температурі, іноді при кипінні, або під вакуумом. Цей процес відбувається завдяки підводу теплоти ззовні (найчастіше використовують водяну пару тиском $P=5-7\text{ кПа}$, яку називають гріючою, або первинною) і безперервному видаленню розчину пара, що утворюється при кипінні, називають вторинним (при відборі на сторону називають екстрапаром).

В нашому випадку процес випарювання проводиться в трьохкорпусній вакуум-випарній установці.

У багатокорпусній установці вихідний розчин подається в апарат з $t=130^{\circ}\text{C}$, далі до корпусів 2 ($t=120\text{ }^{\circ}\text{C}$) і 3 ($t=100\text{ }^{\circ}\text{C}$), і видаляється з корпусу 3 у вигляді упареного продукту. Тиск в установці зменшується в напрямку від корпусу 1 до корпусу 3, що дозволяє переміщати розчин під дією перепадів тисків без додаткового перекачує обладнання.

Гріючі пари переміщуються в тому ж напрямку, що і розчин: свіжий пар вводиться в корпус 1; вторинний пар, який утворився в цьому корпусі, надходить в якості, що гріє в корпус 2; вторинний пар, що утворився в ньому, надходить на обігрів корпусу 3; вторинний пар з корпусу 3 відводиться в барометричний конденсатор.

Завдяки вакууму знижується температура кипіння розчину і підвищується корисна різниця температур. Використання трьох корпусів для випарювання

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зменшує витрату свіжої пари, а вторинна пара першого корпусу використовується для нагріву подальшого випарного апарату, що істотно призводить до економії енергії [18].

Дана стадія характеризується концентруванням розчину з отриманням 60% карбонат калію та 40% води.

Сушіння 1.

Процес проходить на безперервно діючих вакуум-вальцах. Концентрований розчин карбонат калію поступає одночасно на 2 вальца, що безперервно обертаються, при 2-10 об/хв, на зустріч один одному. Налипає на їх поверхні тонким шаром (1-2 мм), висушується і зрізається ножом. Гріюча пара поступає з $t=140\text{ }^{\circ}\text{C}$ всередину кожного з вальців, після чого відводиться паровий конденсат [19].

На даній стадії відбувається висушування розчину до вмісту води не більше 20%. Отримуємо 80% K_2CO_3 .

Сушіння 2.

Висушений карбонат калію надходить до барабанної сушарки періодичної дії [5].

Барабанна сушарка представляє собою зварений циліндр - барабан, на зовнішній поверхні якого укріплені бандажні опори, кільця жорсткості і приводний зубчастий вінець; вісь барабана може бути нахилена до горизонту на кут до 4 ° . Основний їхній елемент – горизонтальний або злегка похилий ($0,5\text{...}5,0^{\circ}$) у бік руху матеріалу барабан, що обертається з частотою $1\text{...}8\text{ хв}^{-1}$ [20].

Барабанні вакуумні сушарки працюють, як правило, періодично. Їх застосовують для сушіння термочутливих матеріалів від води та органічних розчинників, а також для сушіння токсичних матеріалів. Використовується для глибокої сушки матеріалів [20]. Температуру на вході в сушилку підтримують $250 - 270\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Висушений матеріал відділяється від газів в циклонах. Після очищення непотрібний конденсат викидується в атмосферу.

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На даній стадії ми прожарюємо поташ до вмісту води не більше 5%.

Отримання карбонату калію.

На даній стадії відбувається отримання карбонату калію із вмістом 95% K_2CO_3 і близько 1% KCl . Отриманий карбонат калію відправляється на зберігання [5].

2.3. Розрахунок матеріального балансу хіміко-технологічного процесу Матеріальний баланс процесу карбонізації.

Вихідні дані:

KOH – 154 г/л;

KCl – 180 г/л;

Степінь карбонізації KOH – 90%;

Паливний газ на карбонізацію – 10% CO_2 ;

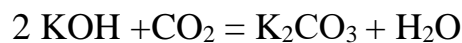
$M(KOH) = 56$ г/моль;

$M(CO_2) = 44$ г/моль;

$M(K_2CO_3) = 138$ г/моль;

$M(H_2O) = 18$ г/моль.

Процес карбонізації проходить по реакції:



За виходами продукту, визначимо, яку кількість його отримано:

$$M_{K_2CO_3} = \frac{1000}{98} \cdot 99 = 1010,20 \text{ кг,}$$

$$\text{де } M_{K_2CO_3}^{\text{втрати}} = 1010,20 - 1000 = 10,20 \text{ кг}$$

$$M_{KCl} = \frac{1000}{98} \cdot 1 = 10,20 \text{ кг}$$

За рівнянням реакції визначимо кількість інших компонентів:

$$\text{Кількість } KOH: \frac{1010,20}{138} \cdot 112 = 1361,87 \text{ кг;}$$

$$\text{Кількість } CO_2: \frac{1010,20}{138} \cdot 44 = 422,09 \text{ кг;}$$

$$\text{Кількість } H_2O: \frac{1010,20}{138} \cdot 18 = 231,77 \text{ кг.}$$

За ступенем карбонізації визначимо кількість поданого їдкого калію:

$$M_{KOH}^{\text{поданого}} = \frac{1361,62}{0,90} = 1903,14 \text{ кг}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тоді маса неперетвореного їдкого калію складе:

$$M_{\text{неперетв.}} = 1903,14 - 1361,49 = 541,62 \text{ кг.}$$

Визначимо за концентрацією кількість розчину:

Задамося розчином в 100 м^3 , тоді кількість його компонентів буде:

$$\text{Кількість КОН: } 154 \cdot 100 = 15400 \text{ кг;}$$

$$\text{Кількість КСІ: } 180 \cdot 100 = 18000 \text{ кг,}$$

а кількість розчину складе:

$$15400 + 18000 = 33400 \text{ кг.}$$

Масові частки компонентів розчину:

$$\omega_{\text{КОН}} = \frac{15400}{33400} \cdot 100\% = 6,11\%$$

$$\omega_{\text{КСІ}} = \frac{18000}{33400} \cdot 100\% = 13,89\%$$

Тоді маса КСІ складе:

$$\frac{910,97}{6,11} \cdot 13,89 = 1070,92 \text{ кг}$$

А розчину всього буде: $1361,49 + 1070,92 = 2426,17 \text{ кг.}$

Кількість паливного газу, що подається:

$$\frac{422,09}{0,10} = 4220,9 \text{ кг,}$$

тоді маса домішок складе:

$$M_{\text{домішок}} = 4220,9 - 422,09 = 3898,81 \text{ кг.}$$

Занесемо дані в *табл. 2.2* матеріального балансу.

Таблиця 2.2

Матеріальний баланс виробництва 1 т карбонату калію

Прихід		Витрати	
Компоненти	кг	Компоненти	кг
1	2	3	4
1. Вихідний розчин	2426,17	K ₂ CO ₃	1000

1	2	3	4
1.1. КОН	1361,49	КОН	541,62
1.2. КСІ	1064,68	КСІ	1070,92
		H ₂ O	231,77
3. Паливний газ	4220,9	Домішки	3898,81
3.1. СО ₂	422,09	К ₂ СО ₃ втрати	10,20
3.2. домішки	4898,81		
Всього	1783,58	Всього	1783,59

Матеріальний баланс процесу випарювання.

Рівняння матеріального балансу по загальній кількості речовини виражається як (2.1):

$$G_{\text{поч}} = G_{\text{кін}} + W, \quad (2.1)$$

де $G_{\text{поч}}$, $G_{\text{кін}}$ – початкова (до концентрування) і кінцева (після концентрування) кількість розчину, кг; W – кількість випареної води, кг.

По розчиненій речовині:

$$G_{\text{поч}} x_{\text{поч}} = G_{\text{кін}} x_{\text{кін}}, \quad (2.2)$$

де $x_{\text{поч}}$, $x_{\text{кін}}$ – початкова і кінцева концентрація розчиненої речовини.

Рішаючи разом ці рівняння, отримаємо:

$$G_{\text{кін}} = \frac{G_{\text{поч}} x_{\text{поч}}}{x_{\text{кін}}}, \quad (2.3)$$

$$G_{\text{кін}} = \frac{231,77 \cdot 3}{60} = 11,58 \text{ кг.}$$

Загальна кількість випареної води (2.4):

$$W = G_{\text{поч}} - G_{\text{кін}} = G_{\text{поч}} \left(1 - \frac{x_{\text{поч}}}{x_{\text{кін}}}\right); \quad (2.4)$$

$$W = 231,77 \cdot \left(1 - \frac{3}{60}\right) = 220,18 \text{ кг.}$$

Розрахунок концентрацій упареного розчину по корпусах.

Розподіл концентрацій розчину по корпусах установки залежить від співвідношення навантажень по випареній воді у кожному корпусі. На підставі

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

практичних даних продуктивність по випарюваній воді розподіляється між корпусами відповідно до співвідношення (2.5):

$$W_1 : W_2 : W_3 = 1,0 : 1,1 : 1,2, \quad (2.5)$$

де W_1 , W_2 , W_3 – кількість води, випареної у відповідних корпусах: першому, другому та третьому.

Тоді кількість випареної води:

в першому корпусі:

$$W_1 = \frac{W \cdot 1,0}{3,3} = \frac{220,18 \cdot 1,0}{3,3} = 66,72 \text{ кг/с};$$

в другому корпусі:

$$W_2 = \frac{W \cdot 1,1}{3,3} = \frac{220,18 \cdot 1,1}{3,3} = 73,39 \text{ кг/с};$$

в третьому корпусі:

$$W_3 = \frac{W \cdot 1,2}{3,3} = \frac{220,18 \cdot 1,2}{3,3} = 80,06 \text{ кг/с};$$

Концентрації розчинів на виході з кожного корпусу можна визначити, використовуючи рівняння:

для 1-го корпусу (2.6):

$$X_{\text{кін } 1} = G_{\text{поч}} \frac{X_{\text{поч}}}{G_{\text{поч}} - W_1}; \quad (2.6)$$

$$X_{\text{кін } 1} = 231,77 \cdot \frac{3}{231,77 - 66,72} = 19,21\%;$$

для 2-го корпусу (2.7):

$$X_{\text{кін } 2} = G_{\text{поч}} \frac{X_{\text{поч}}}{G_{\text{поч}} - W_1 - W_2}; \quad (2.7)$$

$$X_{\text{кін } 2} = 231,77 \cdot \frac{3}{231,77 - 66,72 - 73,39} = 40,58\%;$$

для 3-го корпусу (2.8):

$$X_{\text{кін } 3} = G_{\text{поч}} \frac{X_{\text{поч}}}{G_{\text{поч}} - W_1 - W_2 - W_3}; \quad (2.8)$$

$$X_{\text{кін } 3} = 231,77 \cdot \frac{3}{231,77 - 66,72 - 73,39 - 80,06} = 59,9\%.$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі на стадію сушіння подається:

$$1783,59 - W_1 - W_2 - W_3 = 1783,59 - W = 1583,21 \text{ кг/т.}$$

Таблиця 2.3

Матеріальний баланс процесу випарювання

Прихід		Вихід	
Компоненти	кг	Компоненти	кг
K ₂ CO ₃	1000	K ₂ CO ₃	1583.21
KOH	541,62	Випарено води в 1 корпусі	66,72
H ₂ O	231,77	Випарено води в 2 корпусі	73,39
K ₂ CO ₃ втрати	10,20	Випарено води в 3 корпусі	80,06
Всього	1783,59	Всього	1783,59

Матеріальний баланс процесу сушіння 1.

а) по всьому матеріалу, що піддається сушінню (2.9):

$$G_1 = G_2 + W, \quad (2.9)$$

где G₁ – маса вологого матеріалу, що поступає на сушку, кг/с;

G₂ – маса висушеного матеріалу, кг/с;

W – маса вологи, яка видаляється з матеріалу при сушці, кг/с.

б) по абсолютно сухій речовині в висушеному матеріалі (2.10):

$$G_1 \frac{100 - w_1}{100} = G_2 \frac{100 - w_2}{100} \quad (2.10)$$

где w₁, w₂ - початкова і кінцева вологість матеріалу, відповідно (вважаючи на загальну масу матеріалу), %.

$$\omega_1 = 40 \%, \omega_2 = 20 \%$$

Маса висушеного матеріалу розраховується за рівнянням (2.11):

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_2 = G_1 \frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2} \quad (2.11)$$

$$G_2 = 1583.21 \cdot \frac{100 - 40}{100 - 20} = 1187,4 \text{ кг/с}$$

Визначимо витрати вологи, яка видаляється з висушеного матеріалу
(2.12):

$$W = G_k \frac{\omega_n - \omega_k}{100 - \omega_n} \quad (2.12)$$

$$W = 1187,4 \cdot \frac{40 - 20}{100 - 40} = 395,8 \text{ кг/с}$$

Результати занесем до табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Матеріальний баланс процесу сушіння 1

Прихід		Вихід	
Компоненти	кг	Компоненти	кг
Вологий K_2CO_3	1583,21	Висушений K_2CO_3	1187,4
		Випарена волога	395,8
Всього	1583.21	Всього	1583.21

Матеріальний баланс процесу сушіння 2.

$$\omega_1 = 20 \%, \omega_2 = 5 \%$$

Маса висушеного матеріалу (2.13):

$$G_2 = G_1 \frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2} \quad (2.13)$$

$$G_2 = 1187,4 \cdot \frac{100 - 20}{100 - 5} = 999,91 \text{ кг/с}$$

Визначимо витрати вологи, яка видаляється з висушеного матеріалу
(2.14):

$$W = G_k \frac{\omega_n - \omega_k}{100 - \omega_n} \quad (2.14)$$

$$W = 999,91 \cdot \frac{20 - 5}{100 - 20} = 187,48 \text{ кг/с}$$

Результати занесем до табл. 2.5.

Матеріальний баланс процесу сушіння 2

Прихід		Вихід	
Компоненти	кг	Компоненти	кг
Вологий K_2CO_3	1187,4	Висушений K_2CO_3	999,91
		Випарена волога	187,48
Всього	1187,4	Всього	999,91

1 ст 2 ст 3 ст 4 ст

Втрати: $10,20 + 220,18 + 395,8 + 187,48 = 713,66$.**Тепловий баланс процесу випарювання**

Рівняння теплового балансу загальної кількості теплоти Q (в кДж), яка витрачається на випарювання розчину, виражають як (2.15):

$$Q = Q_{\text{нагр}} + Q_{\text{випар}} + Q_{\text{втр}} \quad (2.15)$$

де Q – витрата теплоти на випарювання; $Q_{\text{нагр}}$ – теплота, що витрачається на нагрівання розчину; $Q_{\text{випар}}$ – теплота, що витрачається на випарювання води;

$Q_{\text{втр}}$ – теплота, яка витрачається в навколишнє середовище (приймають переважно 3-5%).

$$Q_{\text{нагр}} = G_{\text{поч}} \cdot C_{\text{поч}} \cdot (t_{\text{кін}} - t_{\text{поч}}) \quad (2.16)$$

де $Q_{\text{нагр}}$ – теплота, що витрачається на нагрівання розчину; $G_{\text{поч}}$ – кількість початкового розчину, кг/сек; $C_{\text{поч}}$ – теплоємність початкового розчину; $t_{\text{кін}}$ – температура розчину в випарному апараті, °С; $t_{\text{поч}}$ – початкова температура розчину, що поступає в апарат, °С.

$$Q_{\text{випар}} = W \cdot r \quad (2.17)$$

де $Q_{\text{випар}}$ – теплота, що витрачається на випарювання води; W – кількість випареної води (вторинної пари), кг/сек;

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

r – теплота випарювання води, кДж/кг.

Витрата теплоти на компенсацію втрат у навколишнє середовище $Q_{\text{втр}}$ при розрахунку випарних апаратів приймається 3-5% від суми ($Q_{\text{нагр}} + Q_{\text{випар}}$):

$$Q_{\text{втр}} = 1,05 \cdot (Q_{\text{нагр}} + Q_{\text{випар}}) \quad (2.18)$$

Температуру вихідного розчину $t_{\text{поч}}$, що надходить в випарний апарат, прийmemo на 5°C менше $t_{\text{кін}}$ (2.19):

$$t_{\text{поч}} = t_{\text{кін}} - 5 \quad (2.19)$$

Витрата сухої гріючої пари (2.20):

$$G_{\text{гр.п.}} = \frac{W}{D} \quad (2.20)$$

D – питома витрата сухої гріючої пари (2.21).

$$D = \frac{G_{\text{гр.п.}}}{W} \quad (2.21)$$

Практичні затрати гріючої пари значно перевищують теоретичні. Тому мінімальна питома витрата пари на 1 кг випареної води для трьох-корпусної установки становить 0,4 кг/кг.

$$D = 220,18 \cdot 0,4 = 88,072$$

Знайдемо теплоту, що витрачається на нагрівання розчину (2.16):

$$Q_{\text{нагр}} = 231,77 \cdot 115,7 \cdot (140 - 135) = 134078,9 \text{ Вт}$$

Теплота, що витрачається на випарювання води (2.17):

$$Q_{\text{випар}} = 220,18 \cdot 2123,25 \cdot 10^3 = 467442 \text{ Вт}$$

Тоді витрата теплоти буде дорівнювати (2.18):

$$Q_{\text{втр}} = 1,05 \cdot (134078,9 + 467442) = 631596,9 \text{ Вт}$$

Витрата сухої гріючої пари (2.20):

$$G_{\text{гр.п.}} = \frac{220,18}{88,072} = 2,5 \text{ кг}$$

2.4. Підбір та розрахунок основного обладнання для виробництва

Для реалізації виробництва карбонату калію ми використовуємо таке обладнання, як: карбонізаційна колона, рулонний мембранний модуль, трьохкорпусний вакуум-випарний апарат, конденсатор, вакуум-вальцева сушарка, барабанну сушарку.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Карбонізаційна колона – являє собою апарат безперервної дії, в якому використовується принцип проти течії між рідиною і газом. Колона складається з встановлених одна на іншу циліндричних чугунних бочок, розділених барботажними тарілками, які подовжують шлях газу в колоні. В барботажних тарілках створюється хороший контакт і перемішування рідини з газом. Нижні бочки колони забезпечені холодильними трубками [20].

Найбільш досконалою є потужна типова колона діаметром 2,68 м і висотою 26,1 м. Продуктивність її досягає 160 т речовини на добу. Такі колони встановлені на нових содових заводах [20].

На старих заводах значне поширення мають ще колони діаметром 1,8 м і висотою 22-23,5 м. Продуктивність цих колон складає 50-60 т речовини на добу [20].

Мембрана

Для проведення процесу зворотного осмосу найчастіше використовують апарати з рулонними (спіральними) мембранними модулями. Це можна пояснити так: апарати з рулонними (спіральними) мембранними модулями мають високу питому площу поверхні мембран (300-800 м/м), малу металоємність багато операцій при складанні мембранних елементів можуть бути механізовані, а також просту конструкцію апаратів. Серед мембранних апаратів найбільш поширені апарати з рулонними (спіральними) елементами, що фільтрують, з плоскокамерними фільтруючими (типу фільтр-прес), з трубчастими елементами, що фільтрують, з мембранами у вигляді порожніх волокон, В установках великої продуктивності доцільно використовувати апарати першого або четвертого типу як найбільш компактні (з огляду на високу питому поверхні мембран) [22].

Рулонний або спіральний мембранний модуль зображено на *рис.2.2*. Він складається з центральної перфорованої трубки накрученим на неї дренажним матеріалом який з обох боків загортається в мембрану. Пакет скручується рулоном навколо центральної труби і, завдяки наявності сітки сепаратора, між шарами мембранного пакету наявні проміжки, які слугують напірним каналом

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для руху сировини [16].

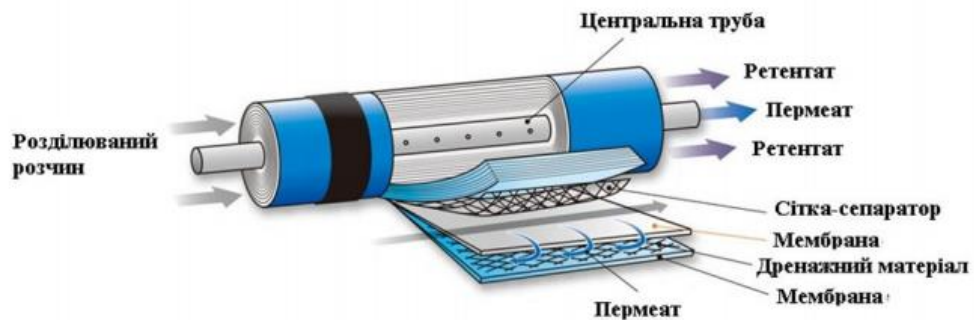


Рис. 2.2. Спіральний модуль мембрани

Недоліками цих мембрани є: складність монтажу пакетів деяких конструкцій, необхідність заміни всього пакета при пошкодженні мембрани, високий гідравлічний опір як міжмембранних каналів, так і дренажного листа [22].

Характеристики:

Модель: ЭРО-Э-3/400.

Продуктивність: 5 кг/с.

Якість готового продукту, кг/кг; $1,234 \cdot 10^{-3}$

Висота, мм: 2925.

Діаметр, мм: 200.

Питомі енерговитрати: 4897 Дж/кг.

Вакуум-випарна установка

Випарювання найчастіше проводиться при підвищеній температурі, іноді при кипінні, або під вакуумом. Цей процес відбувається завдяки підводу теплоти ззовні і безперервному видаленню розчину пара, що утворюється при кипінні, називають вторинним (при відборі на сторону називають екстрапаром) [17].

При випарюванні відбувається зменшення кількості леткого розчинника й підвищення концентрації нелетких речовин. У більшості випадків цей процес проводять при інтенсивному підведенні тепла, для забезпечення кипіння рідини й утворення парів розчинника. Пара, що утворюється над киплячою рідиною, називається вторинною (вода, етанол і ін.) [17].

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З метою збереження діючих речовин випарювання з кипінням рідини здійснюють в установках, у яких вторинна пара, що утворюється над рідиною, постійно видаляється з робочої частини апарата (випарника), що створює розрідження (вакуум) і знижену температуру кипіння (40-55 °С) [17].

Проведення процесу випарювання під вакуумом має істотні переваги: знижується температура кипіння розчину, уловлюється цінна вторинна пара, для нагрівання випарного апарата можна використати пару низького тиску. Внаслідок зниження точки кипіння рідини збільшується середня різниця температур між гріючою парою і рідиною, що обігрівається, а це призводить до зменшення необхідних розмірів випарного апарата [17].

У сучасних великотоннажних установках, призначених для виробництва мінеральних солей і добрив, переважно застосовують одержані випарні апарати із примусовою циркуляцією розчину. В основному такі апарати використовують при випарюванні в'язких розчинів та розчинів, що кристалізуються. Розчин, що випарюється, рухається в трубах гріючої камери з високою швидкістю (2-3 м/с), що забезпечує високі коефіцієнти тепловіддачі між стінкою і розчином (на рівні 2500 - 5000 Вт/(м²·К)), практично виключає інкрустацію і солевідкладення на внутрішній поверхні труб, дозволяє вести процес випарювання при меншій різниці температур між парою, що конденсується, і розчином (в інтервалі 5-7 °С) [23].

Для організації примусової циркуляції розчину використовують убудовані в апараті мішалки або винесені за межі апарата циркуляційні осьові насоси великої продуктивності (в інтервалі 600-9000 м³/г) з малим напором (3,5-6 м вод. ст.) [23].

Ми використовуємо трьохкорпусну вакуум-випарну установку з прямоотечійним рухом. Схема зображена на *рис. 2.3*.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

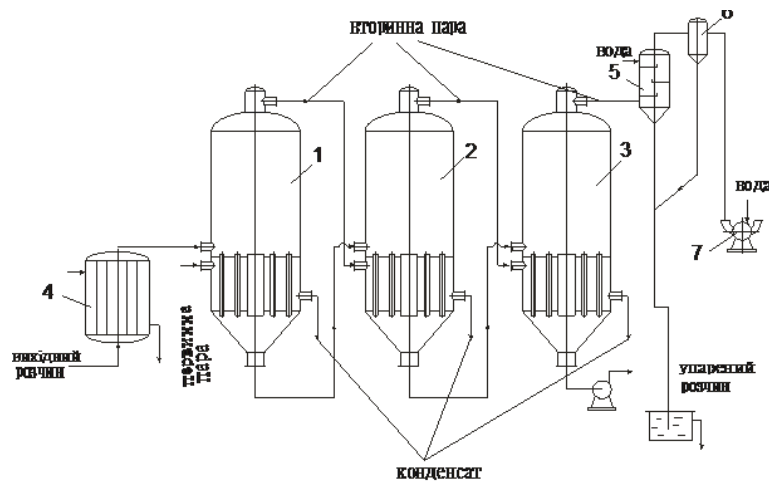


Рис. 2.3. Трьохкорпусна випарна установка

Установка складається з декількох (у даному випадку 3) корпусів. Вихідний розчин, попередньо нагрітий до температури кипіння, надходить у перший корпус, що обігрівається свіжою (первинною) парою. Вторинна пара з цього корпусу направляється вже як гріюча в другий корпус, де внаслідок зниженого тиску розчин кипить при більш низькій температурі, ніж у першому [18].

В наслідок більш низького тиску в другому корпусі розчин, упарений у першому корпусі, переміщується самопливом у другий корпус і тут охолоджується до температури кипіння в цьому корпусі. За рахунок тепла, що виділяється при цьому, утвориться додатково деяка кількість вторинної пари. Таке явище, що відбувається у всіх корпусах установки, крім першого, називається самовипар розчину [18].

Аналогічно, упарений розчин із другого корпусу перетікає в третій корпус, що обігрівається вторинною парою з другого корпусу [18].

Попереднє нагрівання початкового розчину до температури кипіння в першому корпусі провадиться в окремому підігрівачу 4. Це дозволяє уникнути збільшення поверхні нагрівання у першому корпусі [18].

Вторинна пара з останнього корпусу потрапляє в барометричний конденсатор 5, у якому при конденсації пари створюється необхідне розрідження. Повітря і гази, що не сконденсуються і попадають в установку з парою й охолодною водою, а також через нещільності трубопроводів, і різко погіршують теплопередачу, відсмоктуються через пастку - бризкоуловлювач 6

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вакуум-насосом 7 [18].

За допомогою вакуум-насоса підтримується також стійкий вакуум, тому що залишковий тиск у конденсаторі може змінюватися з коливанням температури води, яка надходить у конденсатор [18].

Необхідною умовою передачі тепла в кожному корпусі повинна бути наявність деякої корисної різниці температур, яка обумовлена різницею температур гріючої пари і киплячого розчину. Разом з тим, тиск вторинної пари в кожному попередньому корпусі повинний бути більше її тиску в наступному. Ці різниці тисків створюються при надлишковому тиску в першому корпусі, чи вакуумі в останньому корпусі, чи ж при тому та іншому одночасно [18].

Характеристика випарної установки А2-ПВВ 1800 [20]:

Поверхня теплообміну, м²: 1800 м²

Робочий тиск у камері, МПа:

- Паровій: 0,02...0,4
- Надсоковій: 0,02...0,4

Довжина кип'ятильних труб, мм: 3560 мм

Внутрішній діаметр апарата, мм: 3600 мм

Кількість труб камери, шт: 5212 шт

Висота апарата, мм: 10010 мм

Конденсатор

Конденсатор – застосовують для утилізації теплоти водяної пари низького потенціалу, конденсації пари рідин, які практично не розчиняються у воді, тощо. Проте найчастіше їх використовують для створення розрідження у випарних апаратах, вакуум-фільтрах та інших вакуумних установках, під час роботи яких утворюється водяна пара [20].

Для створення вакууму в випарних установках зазвичай використовують конденсатори змішування з барометричною трубою. В якості охолоджуючого агента використовують воду, яка подається в конденсатор частіш за все при температурі навколишнього середовища (близько 20 °С). Суміш охолоджуючої води і конденсату виливається з конденсатора по барометричній трубі. Для

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підтримання постійного вакууму в системі із конденсатора за допомогою вакуум-насоса відкачують неконденсовані гази [24].

Використовуємо конденсатор марки Ш52-ПКО-2. Потужність по парі: 30 т/год. Потужність заводу: 2000т/добу [24].

Вакуум-вальцева сушарка (Рис.2.4) – використовується для сушки рідких і пастоподібних матеріалів (ксантогенати лужних металів і ін.) під атмосферним тиском або вакуумом. Використовуються одно- або двовальцові сушарки; основною частиною цих сушарок є повільно обертаються (2-10 об/хв) вальці, в які через порожнисту цапфу надходить гріючий пар і від них відводиться конденсат. Висушуваний матеріал надходить на вальці, налипає на їх поверхні тонким шаром (1-2 мм), висушується і зрізається ножем [19].

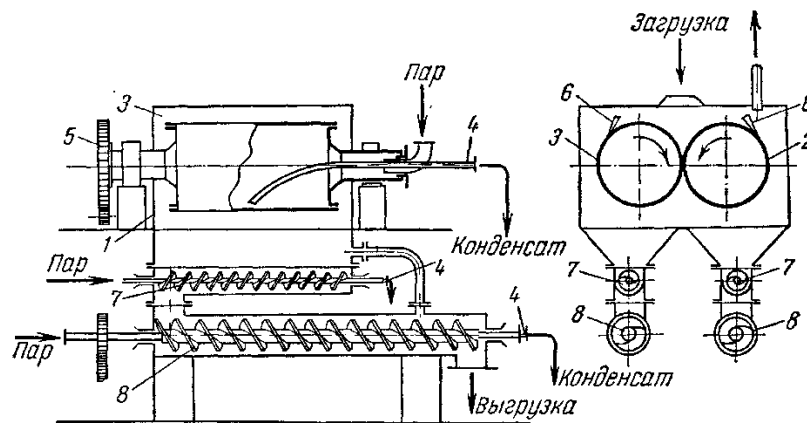


Рис. 2.4. Вакуум-вальцева сушарка

Вакуумні одновальцові і двовальцові сушарки відрізняються від відповідних атмосферних сушарок головним чином герметичним кожухом і допоміжним обладнанням, необхідним для роботи при розрідженні (сепаратор, конденсатор, вакуум-насос) [19].

У одновальцових сушарках (рис.2.5). В кориті обертається один порожній обігривається зсередини барабан. Під ним мається пристрій живлення з мішалкою. Матеріал ретельно перемішується у ванні живильного пристрою і наноситься тонким шаром товщиною 1 - 2 мм на валець. Решта роботи не відрізняється від роботи двохвальцової сушарки [25].

									Арк.
									44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА				

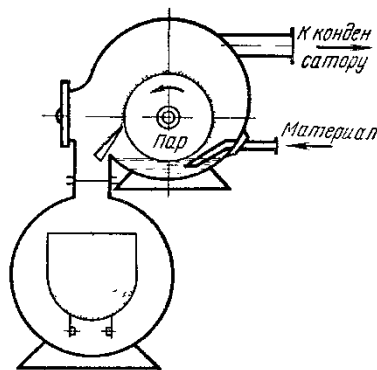


Рис. 2.5. Одновальцева сушарка

Вакуумні вальцьові сушарки працюють усередині герметичного кожуха, з'єднаного з установкою для створення вакууму. У вальцьових сушарках можлива ефективна сушка в тонкому шарі матеріалів, що не витримують тривалого впливу високих температур. Тривалість сушіння регулюється числом оборотів вальців. Однак в сушарках без досушувачей часто не досягається необхідна низька кінцева вологість матеріалу [25].

У двовальцових сушарках напруга поверхні вальців по волозі від 13 - 15 кг / (м³ ч) (для атмосферних) до 20 - 30 кг / (м³ ч) (для вакуумних), іноді воно може досягати 70 кг / (м³ ч) вологи. Процес сушки і з'їм висушеного матеріалу відбуваються так само, як в одновальцьовій сушарці. Однак в двовальцьові сушарках кількість вологи, що випаровується за одиницю часу з 1 м поверхні нагріву, менше, ніж в одновальцьовій сушарках [25].

Процес контактної сушіння можна інтенсифікувати при застосуванні топкових газів внаслідок низьких коефіцієнтів тепловіддачі від газів до стінок вальців. Однак підвищення температури гріючої поверхні можливо в разі використання для нагрівання високотемпературних теплоносіїв, наприклад, діфенільної суміші. При низьких температурах сушки для обігріву може бути застосована гаряча вода [25].

Продуктивність двовальцьової сушарки СДВ-1200 по випареній волозі - 1 - 1,2 т / год, по сухим дріжджів при концентрації біомаси в суспензії 500 г / л (12% СВ) - 250 кг / год. На 1 кг випареної вологи витрачається 1,7 кг пари, а на 1 кг сухих дріжджів - 6-12 кг, в залежності від вмісту біомаси в суспензії [19].

В даному випадку ми використовуємо двохвальцеву сушарку (Рис.2.6).

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

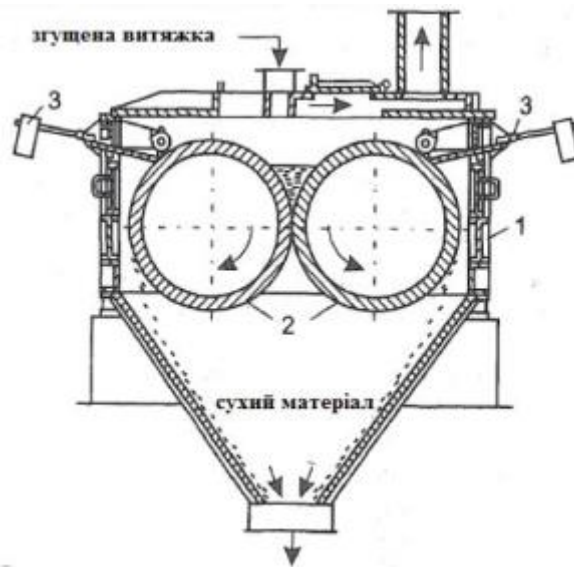


Рис. 2.6. Двохвальцева сушарка

Технічні характеристики сушарки наступні [26]:

- модель – ВС-М
- продуктивність сухого продукту - 680 кг / год;
- робочий тиск пара - 5,5 кгс / см²;
- витрата пара - 3000 кг / год;
- габаритні розміри - 6260x3500x3380 мм;
- потужність електроприводу - 33 кВт;
- діаметр вальців сушильних - 1500 мм;
- довжина вальців - 3000 мм;
- маса сушарки - 3828 кг.

Барабанна сушарка (рис. 2.7) – є найбільш розповсюджена зі всіх сушарок.

Ці сушарки відрізняються високою продуктивністю і відносяться до конвективних сушарок. Як сушильний агент в них використовують повітря і димові гази. У цих апаратах сушінню піддають солі, паливо, пасти; їх використовують у виробництвах соди, добрив, отруто-хімікатів [20].

Основний їхній елемент – горизонтальний або злегка похилий (0,5...5,0°) у бік руху матеріалу барабан, що обертається з частотою 1...8 хв⁻¹. У середині барабана залежно від виду матеріалу, що висушується, встановлюють різного типу насадки або лопаті, що сприяє кращому контакту матеріалу і сушильного агента. Матеріал, що висушується, і повітря можуть переміщуватися в барабані

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в прямотечійному і протитечійному напрямках. Потужність двигуна від 1 до 40 кВт. Частота обертання барабана 1-8 об/хв. Розміри корпусів сушарки нормалізовані [20].

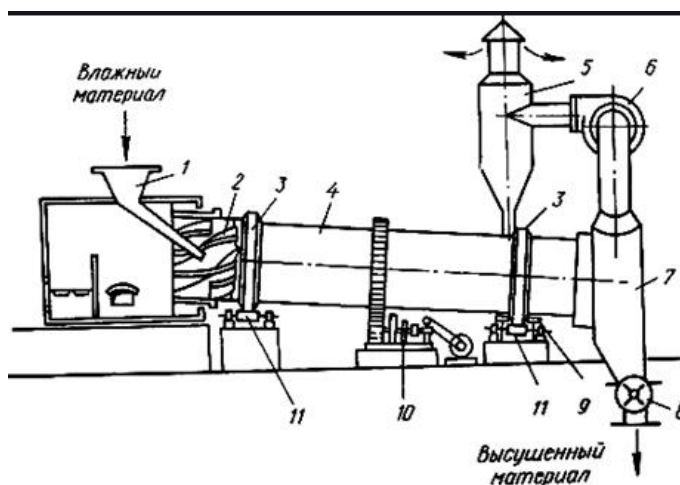


Рис. 2.7. Барабанна сушарка

Пристрій внутрішньої насадки барабана залежить від розміру шматків і властивостей матеріалу, що висушується (рис. 2.8). Підйомно-лопатевая насадка (а) використовується для сушки крупнокускових і схильних до налипання матеріалів, а секторная насадка (б) - для малосипкого і крупнокускових матеріалів з великою щільністю. Для дрібнокускових, сильно сипучих матеріалів широко застосовуються розподільні насадки (в, г). Сушка тонко подрібнених, які пилять проводиться в барабанах, що мають перевалочну насадку (д) з закритими осередками. Іноді використовують комбіновані насадки, наприклад, підйомно-лопатеву (в передній частині апарату) і розподільну [25].

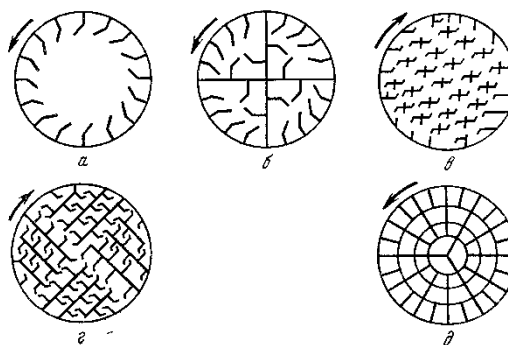


Рис.2.8. Внутрішні насадки барабана

Розрахунок барабанної сушарки

Вихідні дані:

Початкова вологість: $\omega=20\%$

Кінцева вологість: $\omega=5\%$

Насипна густина, кг/м^3 , $\rho_n=1280 \text{ кг/м}^3$

$G_1=1187,4 \text{ кг/год}$

Розрахунок

Розрахунок барабанної сушарки проводимо за аналітичним методом, описаним в [20].

Продуктивність сушарки по висушеному матеріалу знаходимо за формулою (2.22):

$$G_2 = G_1 \times \frac{100-\omega_1}{100-\omega_2} \quad (2.22)$$

де ω_1, ω_2 - відповідно вологість матеріалу до і після сушіння, %

$$G_2 = 1187,4 \times \frac{100 - 20}{100 - 5} = 999,91 \text{ кг/год}$$

Кількість випаруваної вологи визначаємо за формулою (2.23):

$$W = G_1 - G_2 \quad (2.23)$$

$$W = 1187,4 - 999,91 = 187,49 \text{ кг/год}$$

Час сушіння матеріалу в барабанних сушарках визначаємо за рівнянням (2.24), хв

$$\tau = 120 \times \frac{\beta \rho_n}{A} \times \frac{\omega_1 - \omega_2}{200 - (\omega_1 + \omega_2)} \quad (2.24)$$

Де β - коефіцієнт заповнення барабана, $\beta=0,15 \dots 0,25$;

ρ_n - насипна густина, кг/м^3 ,

A – напруження об'єму барабана по волозі, $\text{кг}/(\text{м}^3\text{год})$, $A=50-150 \text{ кг}/(\text{м}^3\text{год})$.

$$\tau = 120 \times \frac{0,25 \times 1280}{50} \times \frac{20 - 5}{200 - (20 + 5)} = 65 \text{ хв}$$

Об'єм барабана $V_6, \text{м}^3$ розраховуємо за формулою (2.25) або (2.26):

$$V_6 = \frac{\pi D_6^3}{4} \times L_6 \quad (2.25)$$

або

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</i>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_6 = \frac{W}{A} = \frac{187,49}{70} = 3,7 \text{ м}^3 \quad (2.26)$$

де D_6 та L_6 – діаметр і довжина барабана, м;

Діаметр розраховуємо за формулою (2.27):

$$D_6 = 0,0188 \times \sqrt{\frac{V}{(1-\beta) \times v}} \quad (2.27)$$

де v - швидкість повітря в барабані, м/с, 0,5-3,0 м/с;

β - коефіцієнт заповнення барабана;

V - об'ємна витрата вологого повітря, м³.

$$D_6 = 0,0188 \times \sqrt{\frac{1219}{(1 - 0,25) \times 0,5}} = 1,08 \text{ м}$$

Знайдемо довжину барабана за формулою (2.28):

$$L_6 = \frac{V_6 \times 4}{\pi \times D_6^2} \quad (2.28)$$

$$L_6 = \frac{3,7 \times 4}{3,14 \times 1,08^2} = 4,04 \text{ м}$$

Відношення довжини барабана до його діаметру становить $L_6/D_6=3,74$, що входить в норми.

Об'єм матеріалу, який заповнює барабан, м³, визначаємо за формулою (2.29):

$$V_M = \frac{G_{\text{ср}} \times \tau}{\rho_H \times 60} \quad (2.29)$$

де $G_{\text{ср}}$ – середня маса матеріалу який проходить через барабан, кг/год (2.30)

$$G_{\text{ср}} = \frac{G_1 + G_2}{2} \quad (2.30)$$

$$G_{\text{ср}} = \frac{1187,4 + 999,91}{2} = 1089,65 \text{ кг/год}$$

$$V_M = \frac{1089,65 \times 65,82}{1280 \times 60} = 0,94 \text{ м}^3$$

Швидкість витання частинок визначаємо за формулою (2.31)

$$v_{\text{вит}} = \frac{\mu_{\text{ср}}}{d \times \rho_{\text{ср}}} \times \left(\frac{A_{\text{r}}}{18 + 0,575 \times \sqrt{A_{\text{r}}}} \right) \quad (2.31)$$

де d – найменший діаметр частинок матеріалу, м, 0,3 мм;

$\mu_{\text{ср}}$, $\rho_{\text{ср}}$ – відповідно в'язкість і густина сушильного агенту за середньої

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температури, $0,0022 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}^3$, $0,955 \text{ кг} / \text{см}^3$

Ar – критерій Архімеда для газового середовища, який розраховуємо за формулою (2.32):

$$Ar = \frac{g \times d^3 \rho_{\text{ч}} \times \rho_{\text{сп}}}{\mu_{\text{сп}}^2} \quad (2.32)$$

де $\rho_{\text{ч}}$ – густина частинок матеріалу $\text{кг} / \text{м}^3$, $2,43 \text{ кг} / \text{м}^3$

$$Ar = \frac{9,8 \times 0,3^3 \times 2,43 \times 0,955}{(0,0022)^2} = 126868 \text{ Н}$$

Тоді знайдемо швидкість витання частинок (2.31):

$$v_{\text{ВИТ}} = \frac{0,0022}{0,3 \times 0,955} \times \left(\frac{126868}{18 + 0,575 \sqrt{126868}} \right) = 4,37 \text{ м} / \text{с}$$

Частоту обертання барабана, хв^{-1} , визначаємо за формулою (2.33):

$$n = \frac{m \times k \times L_{\text{б}}}{\tau \times D_{\text{б}} \times \text{tg} \alpha} \quad (2.33)$$

де m , k – коефіцієнти, що залежать відповідно від типу насадки барабана і характеру руху продукту і сушильного агента в сушарці, відповідно $0,6$ та $k=1,7$; α – кут нахилу барабана, 3 .

$$n = \frac{0,6 \times 1,7 \times 4,04}{65 \times 1,01 \times \text{tg} 3} = 1,7 \text{ об} / \text{хв}^{-1}$$

Потужність, яка потрібна для обертання барабана, орієнтовно визначаємо за формулою (2.34):

$$N = 0,0013 \times D_{\text{б}}^3 \times L_{\text{б}} \times \rho_{\text{н}} \times \sigma \times n \quad (2.34)$$

$$N = 0,0013 \times 1,01^3 \times 4,04 \times 1280 \times 0,013 \times 1,72 = 15 \text{ кВт}$$

Розраховану барабанну сушарку зображено на *рис. 2.9*.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До мембранного апарата 5, за допомогою компресора 4 подається слабкий розчин карбонату калію з тиском 6МПа та температурою 20 °С, де він досягає концентрації 3%.

Після концентрування в мембранному апараті 5, за допомогою насоса 6, розчин подається до підігрівача 7, після чого надходить в трьохкорпусну вакуум-випарну установку 10, де випарюється до концентрації 60%. Вакуум в системі забезпечується конденсатором 13.

Гріючі пари переміщуються в тому ж напрямку, що і розчин: свіжий пар вводитьься в корпус 1; вторинний пар, який утворився в цьому корпусі, надходить в якості, що гріє в корпус 2; вторинний пар, що утворився в ньому, надходить на обігрів корпусу 3; вторинний пар з корпусу 3 відводиться в барометричний конденсатор. Конденсат відводиться конденсатовідвідниками 9, 11, 12.

Випарений розчин K_2CO_3 далі за допомогою насоса 15 подається в збірник 16. Насосом 17 розчин подається до двохвальцевої сушарки 18, де відбувається висушування до вмісту вологи не більше 20%.

Далі висушений поташ транспортером 19 подається в барабанну сушарку 20, де прожарюється до вмісту вологи не більше 5%.

Висушений матеріал транспортером 21 подається в сховище 22 для зберігання готового продукту.

Специфікація обладнання наведена в додатку А.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

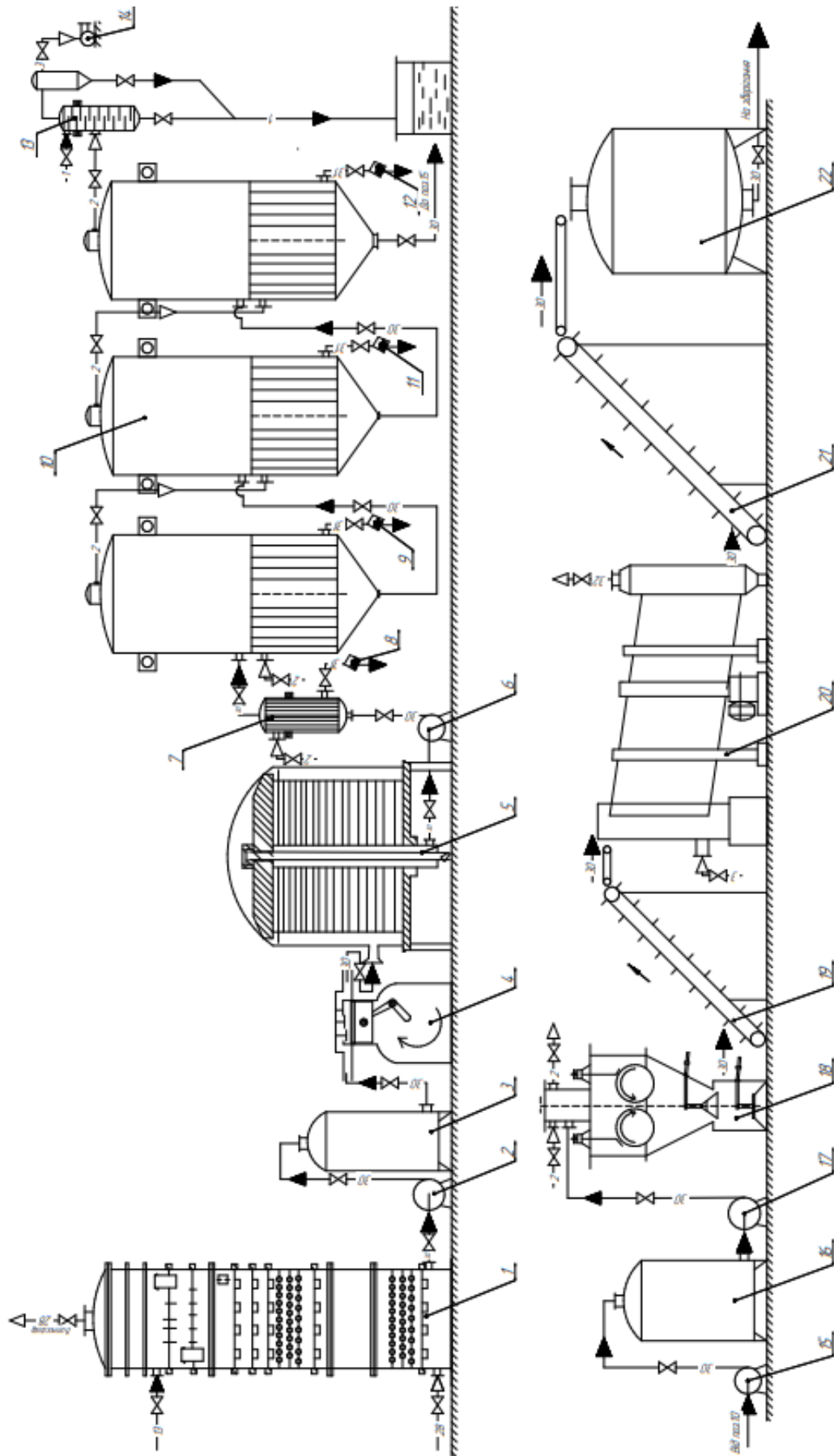


Рис. 2.10. Апаратурно-технологічна схема

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Арк.

53

РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Розрахунок техніко-економічного обґрунтування проводимо за статтями [28].

Стаття 1. Сировина

В статтю «Сировина та основні матеріали» входять сировина та основні матеріали, які безпосередньо входять до складу карбонату калію. Розрахунок витрат представлений в табл. 3.1 та табл. 3.2.

Таблиця 3.1

Основні сировинні витрати

Речовина	Одиниця вимірювання	Ціна за одиницю, грн.	Норма витрат на 1т	Сума, тис. грн.
КОН	кг	33,40	1361,49	45473,76
CO ₂	кг	190	422,09	80197,1
Всього:				125670,86

Таблиця 3.2

Допоміжні матеріали

Матеріал	Одиниця вимірювання	Норма витрат на одиницю*	Ціна за одиницю, грн	Витрати на 1т, грн
Мішки 25 кг	шт	40	5,00	200
Етикетки	шт	40	3,50	140
Всього:				340

Стаття 2: Витрати енергоресурсів. Дана стаття включає в себе витрати на використання пари, мережної води, електроенергії, теплофіка-ційної води

					ННІХТ.4-15.020.161.054.ДП.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Фецич М.А.			ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бахмач В.О.					54	80
Реценз.		Пухляк А.Г.				НУХТ, Каф. ТЖХТ		
Н. Контр.		Подобій О.В.						
Затверд.		Носенко Т.Т.						

Розрахунки витрат на технологічні потреби

Енергоресурс	Одиниця вимірювання	Норма витрат на 1 т продукції	Ціна за одиницю ресурсу, грн.	Вартість ресурсу, грн.
Вода теплофікаційна	м ³	65	20	1300
Електроенергія	кВт	105	2,07	217,35
Всього	–	–	–	1517,35

Стаття 3: розрахунок основної заробітної плати працівників. Тривалість зміни 8 год. Кількість робочих днів 365, підприємство працює без вихідних та свят.

Основна заробітна плата робітників, що працюють за погодинною системою оплати праці

Професія	Кількість робітників на зміну	Тарифний розряд	Годинна тарифна ставка, грн.	Тривалість зміни, год.	Тарифний фонд заробітної плати, грн.
1	2	3	4	5	6
Інженер-технолог	1	IV	68,75	8	136944
Апаратник карбонізаційної колони	1	IV	68,75	8	136944

1	2	3	4	5	6
Апаратник мембрани	1	IV	68,75	8	136944
Апаратник випарника	1	IV	68,75	8	136944
Апаратник сушарки	1	IV	68,75	8	136944
Помічники апаратників	3	III	58,82	8	351468
Всього	8	–	–	–	1036188
На 1 т продукції	–	–	–	–	1036,18

Стаття 4: відрахування до позабюджетних фондів, які складають 34% від ФЗП, і професійний страховий ризик, який складає 0,7 % від ФЗП.

Тоді витрати за статтею 4 становлять:

$$\frac{1036,18 \cdot 34}{100} + \frac{1036,18 \cdot 0,7}{100} = 359,55 \text{ грн}$$

Стаття 5: підготовка виробництва.

Стаття включає в себе витрати на застосування регламенту на даному виробництві, витрати на підготовку обладнання. Витрати за цією статтею становитимуть 480000 грн., питомі 32,16 грн.

Стаття 6: утримання та експлуатація обладнання.

Дана стаття включає в себе:

- амортизацію обладнання (3.1)

$$A = \frac{N_a}{100} \cdot \phi_{\text{сер.р.обл}}, \quad (3.1)$$

де $\phi_{\text{сер.р.обл}} = 6563000$ – середньорічна вартість будівлі, грн.; $N_a = 5\%$ – норма

									Арк.
									56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ				

амортизації, яка визначається за формулою (3.2):

$$N_a = \frac{100\%}{T_{сл}}, \quad (3.2)$$

де $T_{сл} = 20$ – кількість років

$$N_a = \frac{100}{20} = 5 \%$$

$$A = \frac{5}{100} \cdot 6563000 = 328150 \text{ грн.}$$

$$A_{num} = \frac{328150}{9800} = 33,48 \text{ грн.}$$

- вартість ремонтних робіт, яка складає 25% від вартості обладнання:

$$\frac{25 \cdot 6563000}{100} = 1640750 \text{ грн.}$$

- на одиницю продукції 1640,75 грн.

Загальні затрати: $33,48 + 1640,85 = 1674,33$ грн.

Стаття 7: цехові і загальновиробничі витрати. Дана стаття включає в себе:

– амортизацію будівлі

$$A = \frac{4}{100} \cdot 5730000 = 229200 \text{ грн.}$$

$$A_{num} = \frac{229200}{9800} = 23,38 \text{ грн.}$$

де $f_{ср.р.буд} = 5730000$ – середньорічна вартість будівлі, грн.; $N_a = 4 \%$ - норма амортизації, яка визначається за формулою (3.2):

$$N_a = \frac{100}{25} = 4 \%$$

де $T_{сл} = 25$ – нормативний термін служби будівлі, років.

– витрати на утримання приміщень

Витратна норма 0,67 кВт·год, ціна за 1кВт·год 522,44 грн.

Витрати становлять:

$$0,67 \cdot 522,44 = 350 \text{ грн.}$$

Загальні витрати за статтею 7: $350 + 4,26 = 354,34$ грн.

На основі всіх статей можемо визначити собівартість цеху:

$$C(\text{цех}) = 125670,86 + 340 + 1517,35 + 1036,18 + 359,55 + 32,16 + 1674,33 + 354,34 = 130984,76 \text{ грн.}$$

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стаття 8: загальні господарські витрати. Дані витрати складають 20 %

від ФЗП:

$$\frac{20 \cdot 1036,18}{100} = 207,236 \text{ грн.}$$

На основі всіх статей (1 – 8) визначаємо виробничу собівартість:

$$C_{\text{вироб}} = C_{\text{цех}} + 207,236 \text{ грн} = 103860,77 + 207,236 = 104068,006 \text{ грн.}$$

Стаття 9: позавиробничі витрати. Дані витрати складають 3% від виробничої собівартості:

$$\frac{104068,006 \cdot 3}{100} = 3122,04 \text{ грн.}$$

Отримані дані занесемо до таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Проектна калькуляція собівартості продукції

Стаття витрат	Видаткова норма матеріалу	Ціна, грн.	Сума, грн.
1	2	3	4
Сировина і матеріали:			
КОН	1361,49	33,40	
СО ₂	422,09	190	
Мішки	40	5	
Етикетки	40	3,50	
Всього			125670,86
Енергоресурси:			
Електроенергія, кВт·год	105	2,07	217,35
Вода теплофікована	65	20	1300
Всього			1517,35
Витрати на з/п працівників підприємства			1036,18
Відрахування у позабюджетні фонди			359,55

1	2	3	4
Витрати на підготовку і освоєння виробництва			32,16
Витрати на утримання і експлуатацію обладнання: амортизація обладнання вартість ремонтних робіт			1640,75
Цехові і загальновиробничі витрати	0,67	522,44	350
Загальні господарські витрати			207,236
Позавиробничі витрати			3122,04

Ціна за 1 кг карбонату калію буде становити 130 грн 98 коп.

На сьогоднішній день середня ринкова ціна 1 кг карбонату калію складає 105 грн.

З розрахунку на це рентабельність виробництва буде дорівнювати:

$$P = (105 - 130,98 / 105) \times 100 \% = 24,74 \%$$

Висновок: виконано опрацювання визначення техніко-економічних розрахунків виробництва карбонату калію 1 т/на добу. Здійснено розрахунки витрат на сировину, заробітні плати працівників, фонд. Визначено, що цехові та загальновиробничі витрати при виробництві становлять 130984,76 грн. Тоді ціна за 1 кг карбонату калію становить 130 грн 98 коп. Рентабельність виробництва складає 24,74%

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Особливе місце в управлінні якістю продукції займає контроль якості. Саме контроль є одним з ефективних засобів досягнення намічених цілей і найважливішою функцією управління. Він сприяє правильному використанню об'єктивно існуючих людиною передумов і умов випуску продукції високої якості. Від ступеня вдосконаленості контролю якості, його технічного оснащення і організації багато в чому залежить ефективність виробництва загалом [29].

Система контролю якості продукції — це сукупність методів і засобів контролю та регулювання компонентів зовнішнього середовища, що визначають рівень якості продукції на стадіях стратегічного маркетингу, НДДКР і виробництва, а також технічного контролю на всіх стадіях виробничого процесу [30].

Визначення показників якості проводимо згідно ГОСТ Р 55053 – 2012 [1]

Відбір проб

Для складання сумарною проби харчових карбонатів калію з різних місць кожної пакувальної одиниці, відбирають миттєві проби за допомогою пробовідбірника (щупа), занурюючи його не менше ніж на 3/4 глибини.

Маса миттєвої проби повинна бути 70–100 г. Маса миттєвої проби і число миттєвих проб від кожної пакувальної одиниці, попала у вибірку, повинні бути однаковими. Миттєві проби поміщають в суху чисту скляну або полімерну ємність і ретельно перемішують/

Рекомендована маса сумарної проби повинна бути 500–1500 г в залежності від обсягу партії. Якщо маса більша 500 г, то її зменшують методом квартування.

Підготовлену сумарну пробу ділять на дві рівні частини, які поміщають в чисті, сухі, щільно закриваються скляні або полімерні ємності. Термін, що рекомендується для зберігання проби - 12 міс [1].

					ННІХТ.4-15.020.161.060.ДП.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Фецич М.А.			ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бахмач В.О.					60	80
Реценз.		Пухляк А.Г.				НУХТ, Каф. ТЖХТ		
Н. Контр.		Подобій О.В.						
Затверд.		Носенко Т.Т.						

Визначення органолептичних показників

Зовнішній вигляд та колір харчових карбонатів калію визначають переглядом проби масою 50 г, вміщеній на аркуш білого паперу або на скляну пластинку, при розсіяному денному світлі або освітленні люмінесцентними лампами. Освітленість поверхні робочого столу повинна бути не менше 500 лк [1].

Для визначення запаху готують розчин масовою часткою 2%. Для цього розчиняють аналізовану пробу масою 2 г в 98 см³ дистильованої води в склянці місткістю 250 см. Чистий, без стороннього запаху стаканчик заповнюють на 1/2 об'єму приготованим розчином. Стаканчик закривають кришкою і витримують протягом 1 год при температурі повітря (20±5)°С. Запах визначають органолептично на рівні краю стаканчика відразу ж після відкриття кришки [1].

Тест на калій

Метод заснований на якісному визначенні калій-іонів по реакції з винною кислотою або фарбування полум'я в фіолетовий колір [1].

Тест проводиться в такі етапи:

1. Відбір проби;
2. Підготовка до аналізу;
3. Приготування розчину оцтовокислого натрію (ацетату натрію):

10 г ацетату натрію розчиняють в 90 см³ дистильованої води. Термін зберігання розчину при температурі 18 °С - не повинен перевищувати 6 міс.

4. Проведення самого досліджу.

Тест на карбонат

Метод заснований на виділенні вуглекислого газу при взаємодії карбонатів з кислотами [1].

При проведенні аналізу повинні бути дотримані ***наступні вимоги:***

- температура оточуючого повітря: від 18 °С до 25 °С;
- відносна вологість повітря: від 40% до 75%;
- при роботі з реактивами аналізу слід проводити у витяжній шафі.

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення масової частки основної речовини карбонату калію E501 (i)

Метод заснований на зворотному титриметричному визначенні при нейтралізації надлишкової кількості сірчаної кислоти розчином гідроксиду натрію в присутності індикатора метилового оранжевого [1].

Масову частку основної речовини визначають на висушеній основі аналізованої проби.

1. Відбір проби;

2. Підготовка до аналізу:

а) Розчин сірчаної кислоти молярної концентрації 0,5 моль/дм³ (1н) готують по ГОСТ 25794.1.

б) Розчин гідроксиду натрію молярної концентрації моль/дм³ (1 н) готують по ГОСТ 25794.1.

в) Спиртовий розчин метилового оранжевого масовою часткою 1% готують по ГОСТ 4919.1.

3. Проведення досліду;

4. Обробка результатів.

Масову частку основної речовини карбонату калію E501 (i) X_1 , %, визначають за формулою (4.1):

$$X_1 = \frac{0,06911 \times K \times (50 - V) \times 100}{m} \quad (4.1)$$

де 0,06911 – еквівалентна маса карбонату калію E501 (i), що відповідає 1 см³ розчину сірчаної кислоти молярної концентрації $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5$ моль/дм³, г/см³;

K – поправочний коефіцієнт титру розчину NaOH, що визначається згідно ГОСТ 25794.1;

V – об'єм розчину NaOH, $c(\text{NaOH}) = 0,5$ моль/дм³, що необхідний для титрування;

100 – коефіцієнт для перерахунку у %;

m – маса сухої проби, г.

За кінцевий результат беруть середнє арифметичне з 2-х проведених паралельно визначень.

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення масової частки втрат при висушуванні

Метод заснований на гравіметричному визначенні втрат при висушуванні карбонату калію до постійної маси [1].

Масову частку втрат карбонатів калію при висушуванні X_2 , %, визначають за формулою (4.2):

$$X_2 = \frac{(m - m_2) \times 100}{m - m_1} \quad (4.2)$$

де m - маса стаканчика з кришкою і аналізованої пробою до висушування, г;

m_1 - маса сухого стаканчика з кришкою, г;

m_2 - маса стаканчика з кришкою і аналізованої пробою після висушування, г.

За кінцевий результат беруть середнє арифметичне з 2-х проведених паралельно визначень.

Визначення токсичних елементів

1. Відбір проб;
2. Масову частку свинцю визначають згідно ГОСТ 26932 та ГОСТ 30178.

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Охорона праці на підприємстві

Охорона праці (ОП) – 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].

Мета ОП – зведення до мінімуму ризиків ураження або захворювань працюючих з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці [31].

На робочому місці працівника наявні наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори [31]:

- повітря робочої зони;
- виробниче освітлення;
- електронебезпека;
- пожежна безпека;
- надзвичайні ситуації.

Вимоги до охорони праці під час виробництва калійних добрив [32]:

- Подрібнення каїнітових руд необхідно здійснювати в млинах, дробарках або іншому обладнанні, що розташоване в окремому приміщенні, оснащеному системою вентиляції.
- Температура зовнішньої поверхні обладнання, яке використовують для приготування гарячих зворотних розчинів магній хлориду (для отримання калій хлориду) та магній сульфату (для отримання калій сульфату), не повинна перевищувати 43°C відповідно до ДСТУ EN 563 2001. Обладнання повинно мати антикорозійний захист.
- Транспортування зворотних розчинів необхідно здійснювати насосами по трубопроводах, виготовлених із корозійностійких матеріалів.

					ННІХТ.4-15.020.161.064.ДП.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Фецич М.А.			ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бахмач В.О.					64	80
Реценз.		Пухляк А.Г.				НУХТ, Каф. ТЖХТ		
Н. Контр.		Подобій О.В.						
Затверд.		Носенко Т.Т.						

- Завантаження подрібненої руди до розчинника необхідно проводити механізованим способом відповідно до ГОСТ 12.3.020-80.
- Розчин ксаїнітової руди в магній хлориді після охолодження необхідно направляти трубопроводом до центрифуги для відділення калій хлориду, а маточний розчин повертати у виробництво.
- У гарячий розчин каїнітової руди необхідно додавати калій хлорид та лангбейніт (до насичення) і спрямовувати на фугування для відділення натрій (калій) хлоридів. Розділення хлоридів необхідно проводити за неодноразового охолодження.
- Маточні розчини з центрифуги самопливом необхідно спрямовувати на оброблення вторинного лангбейніту для отримання шеніту і в подальшому, після оброблення водою, - виділення калій сульфату.
- Концентрування розчинів натрій карбонату - побічного продукту, що утворюється під час виробництва глинозему із нефеліну, необхідно здійснювати у вакуум-випарних апаратах за підвищених температур.
- Завантаження та вивантаження розчинів на всіх стадіях упарювання необхідно здійснювати насосами. Трубопроводи і частини насосів, які стикаються з розчинами карбонатів, необхідно використовувати з корозійностійкого матеріалу або матеріалу з антикорозійним покриттям.
- Калій карбонат можна використовувати зволоженим після відтиснення на центрифугі без висушування.

5.1.1. Повітря робочої зони

Речовини що являються відходами в процесі виробництва карбонату калію є в тій чи іншій мірі шкідливими (або виробничими отрутами).

Патологічні процеси, що розвиваються під дією виробничих отрут, спричиняють в організмі людини до порушення функціонального і структурного стану, необхідного для його нормальної життєдіяльності [33].

Характер і ступінь таких змін під дією отрути обумовлений їх концентрацією (дозою), часом дії і періодом виведення (елюмінації) з організму.

					<i>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ</i>	<i>Арк.</i>
						65
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Токсичний ефект хімічних речовин залежить від індивідуальних властивостей особистості, що визначається станом здоров'я людини [33].

Промислові отрути можуть чинити на організм людини як місцеву, так і загальну дію [33].

Гігієнічне нормування шкідливих речовин проводять по гранично допустимих концентраціях (ГДК, мг/м^3) у відповідності з нормативними документами: для робочих місць визначається гранично допустима концентрація в робочій зоні – ГДК_{рз} (ГОСТ 12.1.00588/98). Гігієнічне нормування вимагає, щоб фактична концентрація забруднюючої речовини не перевищувала ГДК (Сфакт ≤ 1) [33].

ГДК_{рз} – це максимальна концентрація, що при щоденній (крім вихідних днів) роботі у продовження 8 год чи при іншій тривалості, але не більш 41 год у тиждень, протягом усього стажу (25 років) не може викликати захворювань чи відхилень стану здоров'я, що виявляються сучасними методами досліджень у процесі роботи чи у віддалений період життя сучасного і наступних поколінь [33].

Гранично допустима концентрація аерозолу карбонату калію в повітрі робочої зони (ГДК) – 2 мг/м^3 , що відповідає ГОСТ 12.1.005-88/98 [33].

За ступенем впливу на організм людини харчові карбонати калію відповідно до ГОСТ 12.1.007 належать до речовин помірно небезпечних - третього класу небезпеки.

Поташ сильно гігроскопічний: швидко розпилюється в повітрі. Вдихання пилу може викликати роздратування дихальних шляхів, кон'юктивіт, а іноді й шлунково-кишечні захворювання. При роботі необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту [5].

При тривалому зберіганні активно поглинає з повітря вуглекислий газ, перетворюючись на твердий, погано розчинний у воді бікарбонат калію.

Через яскраво виражену лужну реакцію, слід остерігатися його потрапляння на шкіру і, особливо, в очі. Готувати і працювати з водними розчинами слід в комбінезонах, окулярах, гумових чоботях і рукавичках,

					<i>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ</i>	Арк.
						66
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

спецодяг зберігати в спеціальних шафах. У погано вентильованих приміщеннях необхідно використовувати респіратори або протигази [9].

Рівноважна відносна вологість над $K_2CO_3 \cdot 1,5 H_2O$ при $25^\circ C$ всього 43%, на повітрі поташ плавиться, а при тривалому зберіганні поглинає двоокис вуглецю і перетворюється в твердий бікарбонат калію $KHCO_3$ [9].

Для запобігання професійним отруєнням служать технологічні, технічні, санітарно-гігієнічні та лікувально-профілактичні заходи та засоби. Радикальним способом захисту є заміна отруйних неотруйними або менш токсичними речовинами, дотримання правил безпеки і виробничої санітарії, введення нових технологій, санітарно-гігієнічна експертиза хімічних речовин, їх гігієнічна стандартизація, комплексна механізація та автоматизація виробничих процесів.

Ефективним заходом профілактики на виробництвах, де використовують високо-отруйні речовини, є впровадження дистанційного управління або безперервності технологічних процесів, за рахунок яких усувається порушення герметичності обладнання [33].

Суттєво впливають на рівень професійної токсикології санітарно-гігієнічні засоби: обладнання ефективною природної та штучної припливно-витяжної вентиляції, а в разі потреби - аварійної механічної вентиляції, розробка і впровадження систем кондиціонування повітря з використанням автоматичної і контрольно-вимірювальної апаратури, яка сигналізує про наявність шкідливих речовин повітрі робочої зони [33].

До лікувально-профілактичних заходів належить обов'язкова реєстрація всіх випадків професійних отруєнь та їх розслідування з метою виявлення та усунення їх причин. Обов'язкові попередні й наступні медичні огляди, результати яких є підставою для розробки відповідних заходів запобігання та переведення працівників на іншу роботу і спеціального лікування [33].

Серед організаційних заходів законодавчо передбачена скорочена тривалість робочого дня, додаткові відпустки, безплатне спеціальне й лікувально-профілактичне харчування, підвищений рівень заробітної плати, скорочений термін виходу на пенсію [33].

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За станом повітря виробничої зони необхідно здійснювати систематичний контроль з метою порівняння його з гігієнічними нормативами. Крім наведеного роботодавець має забезпечувати всіх працюючих ЗІЗ органів дихання, спеціальним одягом та взуттям, засобами для захисту рук, обличчя, очей [33].

Для очищення робочого середовища від шкідливих речовин що можуть у нього потрапляти, а також для подачі свіжого повітря використовується припливно-витяжна вентиляція [33].

Засоби індивідуального захисту є допоміжною мірою захисту працівників цеху від шкідливої дії професійних факторів. Для захисту дихальних шляхів використовують протигази ИП-4М. Для захисту очей використовуються захисні окуляри. Працівники отримують захисний одяг – індивідуальний спецодяг – від впливу продуктів, газів, високих та низьких температур [33]:

- бавовняні костюми ;
- рукавиці спеціальні , гумові технічні рукавички ;
- захисні окуляри ;
- захисні каски ;
- захисні щитки лицьові ;

Знаходження обслуговуючого персоналу на робочому місці без спецодягу заборонено. Індивідуальні фільтруючі протигази зберігаються в спеціальних шафах з комірками. Передача протигаза однією особою іншій забороняється. До засобів нормалізації освітлення виробничих приміщень і робочих місць ставляться освітлювальні прилади, світлові прорізи. Додатково до технологічних заходів системами опалення й вентиляції повітряне середовище в приміщеннях доводиться до вимог санітарних норм і правил техніки безпеки. Опалення виробничих приміщень – повітряне, сполучене із проточною вентиляцією [33].

Показниками, що характеризують мікроклімат, є:

- 1) температура повітря;
- 2) відносна вологість повітря;
- 3) швидкість руху повітря;
- 4) інтенсивність теплового випромінювання.

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Всі метеорологічні умови повністю відповідають ДСН 3.3.6.042-99 [34].

Таблиця 5.1

Параметри повітря робочої зони та оптимальні умови роботи

Період року	Категорія робіт за рівнем енерговитрат, Вт	Температура повітря, °С	Температура поверхонь, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Легка 1а	22-24	21-25	40-60	0,1
Теплий	Легка 1а	23-25	22-26	40-60	0,1

5.1.2. Виробниче освітлення

У денний час в операторській передбачене денне освітлення згідно ДНБ В 25.28-2006. Роботи, виконувані в операторській, пов'язані зі зняттям показань з контрольно-вимірювальної апаратури, відносяться до III розряду зорових робіт [35].

У приміщенні КВП (контроль вимірювальних пристроїв) є вікна розміром 3300x2300 мм. Вони забезпечують значення коефіцієнта природного освітлення 8 - 10 % [35].

Коефіцієнт природного освітлення для даного розряду робіт при верхньому і комбінованому освітленні складає 8 %. Отже, фактичне значення КПО відповідає нормам [35].

У темний час доби використовують штучне освітлення. Для забезпечення освітленості, відповідної III розряду зорових робіт при газорозрядних лампах, використаємо лампи ЛДЦ15-4, які мають освітленість $E_n=250$ Лк, світловий потік $F_l=2800$ Лм [35].

Поставимо 9 світильників, що забезпечать освітленість приміщення для даного розряду зорових робіт. При цьому $E_{факт}=275$ Лк. $E_{нор}=250$ Лк.

Освітленість приміщення відповідає нормам відповідно до ДНБ В 25.28-2006 [35].

5.1.3. Електробезпека

Відповідно до правил улаштування електроустановок цех виробництва за небезпекою електротравм відноситься до приміщення з підвищеною небезпекою [36].

Основні технічні засоби і заходи що застосовуються для забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок в цеху включають [36]:

- *ізоляція струмовідних частин* - забезпечує технічну працездатність електроустановок, зменшує вірогідність попадань людини під напругу, замикань на землю і на корпус електроустановок;

- *недоступність струмовідних частин* – застосовуються захисні огороження, закриті комутаційні апарати, неізольовані струмовідні частини розміщуються на висоті, недосяжній для ненавмисного доторкання до них інструментом, різного роду пристосуваннями, обмежується доступ сторонніх осіб в електротехнічні приміщення;

- *блокатори безпеки* - унеможливають доступ до неізольованих струмовідних частин без попереднього зняття з них напруги, попереджують помилкові оперативні та керуючі дії персоналу при експлуатації електроустановок, не допускають порушення рівня електробезпеки та вибухозахисту електрообладнання;

- *засоби орієнтації в електроустановках* - дають можливість персоналу чітко орієнтуватися при монтажі, виконанні ремонтних робіт і запобігають помилковим діям [36].

5.1.4. Пожежна безпека

Згідно ГОСТ 12.1.004-91 пожежна безпека об'єкта повинна забезпечуватися системами запобігання пожежі і протипожежного захисту, зокрема організаційно-технічними заходами [37].

Системи пожежної безпеки повинні характеризуватися рівнем забезпечення пожежної безпеки людей та матеріальних цінностей, а також економічними критеріями ефективності цих систем для матеріальних цінностей,

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з урахуванням всіх стадій (наукова розробка, проектування, будівництво, експлуатація) життєвого циклу об'єктів і виконувати одну з наступних завдань:

- виключати виникнення пожежі;
- забезпечувати пожежну безпеку людей;
- забезпечувати пожежну безпеку матеріальних цінностей;
- забезпечувати пожежну безпеку людей і матеріальних цінностей одночасно.

Об'єкти повинні мати системи пожежної безпеки, спрямовані на запобігання впливу на людей небезпечних факторів пожежі, в тому числі їх вторинних проявів, на необхідному рівні [37].

Необхідний рівень забезпечення пожежної безпеки людей за допомогою зазначених систем повинен бути не менше 0,999999 запобігання впливу небезпечних факторів на рік у розрахунку на кожну людину, а допустимий рівень пожежної небезпеки для людей має бути не більше 10 впливу небезпечних факторів пожежі, що перевищують гранично допустимі значення, в рік в розрахунку на кожну людину [37].

5.1.5. Надзвичайні ситуації

У випадку надзвичайних ситуацій ступінь руйнування будівлі, споруди чи обладнання залежить від їх міцності та величини надмірного тиску ударної хвилі. Величина надмірного тиску, в свою чергу, залежить від типу і кількості вибухової речовини та відстані від центру вибуху до дослідного об'єкта. Під час вибуху газоповітряної суміші вуглеводневих продуктів величина надмірного тиску залежить від того в яку фізичну зону вибуху потрапить об'єкт. Таких зон утворюється 3 [37]:

1. детонаційної хвилі;
2. дії продуктів вибуху;
3. дії ударної хвилі.

Ударна хвиля вибуху уражає людей шляхом прямої та непрямої дії. Пряма дія відбувається безпосередньо надмірним тиском УХ і може викликати травми.

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За правилами пожежної безпеки мають бути розроблені і на видимих місцях вивішені плани (схеми) евакуації людей при пожежі. Пожежний вихід має бути не більше ніж за 40 м і основними вимогам є: пожежні гідранти повинні бути встановлені на відстані 30 метрів один від одного та мати рукава довжиною до 10 метрів [37].

5.2. Заходи з охорони навколишнього середовища на виробництві

Охорона навколишнього середовища на підприємстві характеризується комплексом вжитих заходів, які спрямовані на попередження негативного впливу діяльності підприємства на навколишнє середовище, що забезпечує сприятливі та безпечні умови праці. Для охорони навколишнього середовища на підприємстві проводяться заходи для зниження рівня забруднень, що виробляється підприємством [38]:

- виявлення, оцінка, постійний контроль та обмеження викиду шкідливих елементів в атмосферу;
- розробка нормативно-правових актів та комплексу природоохоронних заходів.

Крім екологічної безпеки об'єкта (охорона навколишнього середовища на підприємстві) не менш важлива і безпека життєдіяльності на підприємстві. У це поняття входить комплекс організаційних і технічних засобів для запобігання негативного впливу виробничих факторів на працівників. Крім техніки безпеки праці робітники повинні дотримуватися правил з технічних вимог і нормативів підприємства, а також підтримувати санітарно-гігієнічні норми і мікроклімат на робочому місці [38].

Всі норми і правила екологічної та робочої безпеки повинні бути визначені і зафіксовані в певному документі. Екологічний паспорт містить загальні відомості про підприємство, використовувану сировину, опис технологічних схем вироблення основних видів продукції, схем очищення стічних вод і викидів у повітря, їх характеристики після очищення; дані про тверді й інші відходи, а також відомості про наявність у світі технологій, що забезпечують досягнення найкращих показників з охорони природи [38].

					<i>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ</i>	Арк.
						72
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Працівники служби екологічного контролю беруть участь у заповненні і оформленні всіх граф екологічного паспорта, враховуючи сумарний вплив шкідливих викидів у навколишнє середовище. При цьому враховуються допустимі концентраційні рівні шкідливих речовин на прилеглих до підприємства територіях, повітрі, поверхневих шарах ґрунту і водойм [38].

У процесі виробничої діяльності підприємства людей екологічно убезпечують, раціонально використовують природні ресурси, дотримують нормативів шкідливих впливів на навколишнє природне середовище відповідно до вимог природоохоронного законодавства України. На підприємстві діють такі заходи з охорони навколишнього природного середовища [39]:

- розроблено стандарт якості з екологічної безпеки підприємства відповідно до основних положень міжнародних стандартів серії ISO 14000 щодо керування якістю навколишнього середовища;
- здійснюють взаємодію з організаціями Міністерства екології та природних ресурсів, Міністерства охорони здоров'я, прокуратури, державних організацій з питань охорони навколишнього природного середовища;
- оформлено необхідні дозвільні документи (дозволи на викиди шкідливих речовин, інвентаризацію викидів зі стаціонарних джерел, інвентаризацію промислових і побутових відходів підприємства, паспорти й реєстраційні картки на кожен вид відходу);
- здійснюють контроль за обсягами і складом забруднювальних речовин, що викидаються в атмосферу, та рівнями енергетичних викидів (шуму, вібрації, теплового й електромагнітного проміння) та їх постійний облік. Забезпечено дотримання санітарно-гігієнічних норм щодо зазначених впливів;
- використовують організовані джерела викидів (з газоочисними пристроями, якщо є потреба), які забезпечують допустимий рівень впливу на навколишнє середовище;

					<i>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ</i>	Арк.
						73
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- здійснюють платежі за забруднення навколишнього природного середовища;
- організовано облік, збір і безпечне зберігання промислових відходів у спеціально відведених і обладнаних місцях;
- визначено склад і властивості утворюваних відходів, а також ступінь їх небезпеки для навколишнього природного середовища та здоров'я людини;
- організовано передачу промислових відходів іншим підприємствам за договорами (актами) з мінімальним розміщенням відходів у навколишньому природному середовищі [39].

					<i>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпись</i>	<i>Дата</i>		74

ВИСНОВКИ

1. Проведено літературний пошук даних стосовно хімії та технології отримання харчової добавки карбонату калію – E501. Проаналізовано фізико – хімічні властивості, вплив на організм людини, сфери застосування та різні методи виробництва добавки.
2. Показано, що вибраний метод отримання карбонату калію карбонізацією КОН є найкращим у порівнянні з іншими способами і більш доцільний для виробництва карбонат калію як харчової добавки E501.
3. Проаналізовано технологію отримання карбонату калію з калію гідроксиду та вуглекислого газу, розраховано матеріальний та тепловий баланс, запропоновано принципово – технологічну та апаратурно – технологічну схеми.
4. Виконано опрацювання визначення техніко-економічних розрахунків виробництва карбонату калію 1 т/на добу. Здійснено розрахунки витрат на сировину, заробітні плати працівників, фонд. Визначено, що цехові та загальновиробничі витрати при виробництві становлять 130984,76 грн. Тоді ціна за 1 кг карбонату калію становить 130 грн 98 коп. Рентабельність виробництва складає 24,74%.
5. Описано вимоги щодо контролю якості сировини та готового продукту за відповідними нормативними документами.
6. Запропоновані заходи з охорони праці на виробництві та заходи з охорони довкілля.

					<i>ННІХТ.4-15.020.161.075.ДП.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Фецич М.А.</i>			ВИСНОВКИ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бахмач В.О.</i>					<i>75</i>	<i>80</i>
<i>Реценз.</i>		<i>Пухляк А.Г.</i>				НУХТ, Каф.ТЖХТ		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>						

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ГОСТ Р 55053 – 2012 «Добавки пищевые. КАЛИЯ КАРБОНАТЫ Е501. Общие технические условия»: НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. – Москва: Стандартинформ. – 2012. – С. 1 - 14.
2. Нечаев А. П. Пищевые добавки / А. П. Нечаев, Л. А. Кочеткова, А. Н. Зайцев. // М.:Колос, 2001. – 256 с.
3. Сарафанова Л. А. Пищевые добавки: энциклопедия / Л. А. Сарафанова. // СПб.: ИД «Профессия». - 2012. – 776 с.
4. Гринь Г. И. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА КАРБОНАТА КАЛИЯ НА УКРАИНЕ / Г.И. Гринь, В.А. Панасенко, Е.А. Семенов, Е.А. Очередко. // НТУ “ХПИ”. - 2006. - С. 8 – 12.
5. Позин М. Е. Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных слей, окислов и кислот) / М. Е. Позин. // «Химия», ч.1. - 1974. – №4. - 792 с.
6. Панасенко В. В. КАРБОНАТ КАЛИЯ. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТОДОМ ВЫСАЛИВАНИЯ / В. В. Панасенко, Г. И. Гринь, В. А. Лобойко, Е. А. Семенов. // Хімічна промисловість України. – 2012. - №4. – С. 30 – 36.
7. Ластухін Ю. О. Харчові добавки. Е-коди. Будова. Одержання. Властивості / Ю. О. Ластухін. // Навч. посібник.- Львів: Центр Європи. - 2009. - 836 с.
8. Никольський Б. П. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ И КИНЕТИКА. СВОЙСТВА РАСТВОРОВ. ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ / Б. П. Никольський, О. Н. Григоров, М. Е. Позин. // «Справочник химика», т.3, Л. - М.: Химия. – 1965. – 319 с.
9. Ружинский С. И. ПРОТИВОМОРОЗНІЕ ДОБАВКИ / С. И. Ружинский // Харьков. – 2004. - 48 с.

					<i>ННХТ.4-15.020.161.076.ДП.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Фецич М.А.</i>			<i>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бахмач В.О.</i>					<i>76</i>	<i>80</i>
<i>Реценз.</i>		<i>Пухляк А.Г.</i>				<i>НУХТ, Каф.ТЖХТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>						

10. Гринь Г. І. МЕТОДИ ПРОМИСЛОВОГО ОДЕРЖАННЯ КАРБОНАТНИХ СОЛЕЙ / Г. І. Гринь, В. В. Панасенко, А. О. Лавренко, Л. М. Бондаренко. // МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ. – 2012. – С. 17-24.
11. Опасна или нет пищевая добавка E501 [Электронный ресурс] <https://specdobavki.ru/drugie/opasna-ili-net-pishhevaya-dobavka-e501.html>.
12. Патент 109308 UA, МПК (2015.01) B01J 10/00 C01D 7/18 (2006.01) Колонна карбонізаційна / Фрумін В.М., Звонарьов В.В., Звонарьова Ю.В., Боровик П.А.; заявник ДП «Український інститут інтелектуальної власності». - № а 201311096; заявл. 17.09.2013; опубл. 10.08.2015, Бюл. № 15, 2015 р.
13. ГОСТ 24363-80 «Реактивы. Калия гидроокись. Технические условия»: МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ. - М.: Стандартинформ. – 2008.
14. ГОСТ 8050-85 «Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия»: ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР. – М.: Издательство стандартов. – 1995.
15. Дроговоз С. М. Физиологические свойства CO₂ – обоснование уникальности карбокситерапии / С. М. Дроговоз, С. Ю. Штрыголь, А. В. Кононенко, М. В. Зупанец // Медична та клінічна хімія. - №1. – 2016. – С. 112 – 116.
16. Моделювання процесів мембранного розділення: навчальний посібник [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С.В. Гулієнко. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,17 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 166 с.
17. Випарювання [Електронний ресурс] <https://buklib.net/books/36204/>
18. Багатокорпусні випарні установки [Електронний ресурс] https://studopedia.ru/20_74434_bagatokorpusni-viparni-ustanovki.html

					<i>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

19. Двухвальцова сушилка [Електронний ресурс]
<https://www.chem21.info/info/308454/>
20. Процеси і апарати харчових виробництв. Курсове проектування: Навч. посіб. / За ред. проф. І. Ф. Малежика. – К.: НУХТ, 2012. – 543 с.
21. Конспект лекцій з дисципліни «Сучасні технології сушіння та випалювання матеріалів» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності 144 Теплоенергетика / Укл. доцент А.П. Рижов, доцент І.С. Долгополов. - Кам'янське, ДДТУ, 2016. - 75с.
22. Мембранные аппараты с рулонными мембранными элементами [Електронний ресурс] <https://chem21.info/info/152891/>
23. Випарні апарати [Електронний ресурс]
<https://dl.sumdu.edu.ua/textbooks/22852/266113/index.html>
24. Резніченко Ю.М. Проектування підприємств галузі: Курс лекцій для студ. за напрямом підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» ден. та заочн. форм навч. - К.: НУХТ, 2012. – 91 с.
25. Вальцовые сушилки [Електронний ресурс]
<https://studfile.net/preview/6217385/page:6/>
26. Вальцовая сушильная установка ВС-М [Електронний ресурс]
<https://www.chem21.info/info/308454/>
27. Двухвальцовая сушилка [Електронний ресурс]
<https://www.chem21.info/info/308454/>
28. Методичні вказівки до викон. економ. частини диплом. проекту для студ. спец. 7.091709 «Технологія зберігання, консервування і переробки молока» денної та заочної форм навчання напряму 0917 «Харчова технологія та інженерія» усіх форм навчання / Уклад.: Т.Л. Мостенська, Т.В. Рибачук – Ярова, Н.С. Скопенко, І.В. Євсєєва. – К.: НУХТ, 2010. – 62 с.
29. Кахович Ю.О. Контроль якості продукції підприємства в умовах сучасної економіки / Ю.О. Кахович, К.С. Янко // Науковий вісник НГУ. – 2011. – №1. – С. 123-128.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

30. Проскура В.Ф. Система управління якістю продукції на підприємстві як складник ефективної його діяльності / В.Ф. Проскура, І.В. Сімонова // Науковий вісник НЛТУ України. – 2009. - №19.- С. 98-102
31. Про охорону праці: Закон України від 21 листопада 2002 р. // Відомості Верховної Ради (ВВР). - 2003. - №2 .- ст.10.
32. Правила охорони праці на об'єктах з виробництва основної неорганічної продукції та мінеральних добрив (крім азотної продукції): Наказ від 14 грудня 2012р. // Міністерство юстиції України. – 2013. - №81/22613.
33. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартів безпеки труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1).
34. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
35. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
36. Основи охорони праці [Електронний ресурс]
<https://library.if.ua/book/9/988.html>
37. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Загальні вимоги.
38. Охорона навколишнього середовища на підприємстві – один з факторів безпечних умов праці [Електронний ресурс] <https://bmr.gov.ua>.
39. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА [Електронний ресурс] <https://www.yuzhnoye.com/ua/cp/kpo/oos/>.
40. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» освітньо-професійної програми «Хімічна технологія» денної та заочної форм навчання / уклад.: О.Г Макаренко, О.В Подобій, Т.М. Бойчук та ін. – К.: НУХТ, 2020. – 66 с.
41. Методичні рекомендації до складання матеріального та енергетичного балансу в хімічній технології для студентів напряму підготовки 6.051301 "Хімічна технологія" денної форми навчання [Електронний ресурс] / уклад. О.Г. Макаренко, І.В. Житнецький - К.: НУХТ, 2015. - 21 с.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

ДОДАТКИ

Додаток А

Перв. примен.		Формат	Позиція	Позначення	Назва	Кіл.
					<u>Документація</u>	
		A1		ННІХТ. ХТ-4-15.020.161.ДП.ПЗ	Апаратурне креслення	
					<u>Апарати</u>	
Справ. №			1	ННІХТ. ХТ-4-15.020.161.ДП.ПЗ	Карбонізаційна колона	1
			2,6,15,17	ННІХТ. ХТ-4-15.020.161.ДП.ПЗ	Відецентровий насос	4
			3,16	ННІХТ. ХТ-4-15.020.161.ДП.ПЗ	Здірники	2
			4	ННІХТ. ХТ-4-15.020.161.ДП.ПЗ	Компресор	1
			5	ННІХТ. ХТ-4-15.020.161.ДП.ПЗ	Рулонний мембранний модуль	1
			7	ННІХТ. ХТ-4-15.020.161.ДП.ПЗ	Підігрівач	1
			10	ННІХТ. ХТ-4-15.020.161.ДП.ПЗ	Трьохкрусна вакуум-дипарна установка	1
			13	ННІХТ. ХТ-4-15.020.161.ДП.ПЗ	Конденсатор	1
			8,9,11,12	ННІХТ. ХТ-4-15.020.161.ДП.ПЗ	Конденсатовідвідник	4
			14	ННІХТ. ХТ-4-15.020.161.ДП.ПЗ	Вакуум-насос	1
			18	ННІХТ. ХТ-4-15.020.161.ДП.ПЗ	Вакуум-вальцева сушарка	1
			19,21	ННІХТ. ХТ-4-15.020.161.ДП.ПЗ	Транспортер	2
			20	ННІХТ. ХТ-4-15.020.161.ДП.ПЗ	Барабанна сушарка	1
			22	ННІХТ. ХТ-4-15.020.161.ДП.ПЗ	Сховище	1
Підп. и дата						
Підп. и дата						
Інв. № дії						
Взам. інв. №						
Підп. и дата						
Інв. № подл.						
				ННІХТ.4-15.020.004.161.ДП		
	Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	
	Разроб.	Фецич М. А.				
	Пров.	Бахмач В.О.				
	Кансул.	Житнецький І.В.				
	Н.контр.	Подобій О.В.				
	Утв.	Носенко Т.Т.				
Специфікація обладнання					Лит. Лит. Листов	
					НУХТ Каф. ТЖХТ	