

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

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

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

«\_\_» червня 2023 р.

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

«\_\_» червня 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія  
(код та назва спеціальності)  
освітньо-професійної програми Хімічна технологія  
на тему: Удосконалення технології отримання мурашиної  
кислоти

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

МАРТИНЮК Валерія Андріївна  
(ПРІЗВИЩЕ, Ім'я та По батькові повністю) (підпис)

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

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

\_\_\_\_\_  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

\_\_\_\_\_  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Рецензент Ольга ДІДЕНКО  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

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

Здобувач(ка) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2023 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Хімічна технологія

(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТЖХТ

Тамара НОСЕНКО

“ ” 2023 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Мартинюк Валерія Андріївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології виробництва мурашиної кислоти

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

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “31”березня 2022 року № 168-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 20.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи передбачити отримання мурашиної кислоти потужністю 1000 кг/добу

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

5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1. Принципова-технологічна схема, формат аркушу А1

Лист 2. Апаратурно-технологічна схема, формат аркушу А1

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

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічна частина	Житнецький І.В. к.т.н., доцент кафедри МАХтаФВ	25.05.2023	09.06.2023

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 01 квітня 2023 р. \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП	01.05.2023	
2	РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	02.05.2023-04.05.2023	
3	РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	05.05.2023-10.05.2023	
4	РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	11.05.2023-15.05.2023	
5	РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	16.05.2023-18.05.2023	
6	РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	19.05.2023-24.05.2023	
7	РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ	29.05.2023-03.06.2023	
8	ВИСНОВКИ	05.06.2023-05.06.2023	
9	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	05.06.2023-06.06.2023	
10	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. ПРИНЦИПОВА-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	10.05.2023-20.05.2023	
11	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	12.05.2023-22.05.2023	
12	ПЕРЕДЗАХИСТ, ПЕРЕВІРКА НА АКАДЕМПЛАГІАТ, РЕЦЕНЗУВАННЯ КР	14.06.2023-19.06.2023	

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Валерія МАРТИНЮК \_\_\_\_\_  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Тетяна БОЙЧУК \_\_\_\_\_  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

ЗАПИСКА ПОЯНЮВАЛЬНА: 70 С., 14 РИС., 18 ТАБ., 28 ЛІТ. ДЖЕРЕЛА

Темою даної кваліфікаційної роботи є удосконалення технології отримання мурашиної кислоти продуктивністю 1000 кг/добу.

У даному дипломному проекті досліджено фізико-хімічні характеристики, сфери використання та сучасні технології виробництва мурашиної кислоти, яка відома, як консервант. На базі даних досліджень було вдосконалено метод виробництва мурашиної кислоти.

Наведено опис сировинної бази для виробництва мурашиної кислоти. Розроблено процес виробництва мурашиної кислоти взаємодією формиату натрію та сірчаної кислоти.

Підібрано основне технологічне обладнання і на основі цього розроблено принципова та апаратурно-технологічні схеми отримання мурашиної кислоти. Розраховані матеріальний та тепловий баланс для виробництва. Також було розраховано реактор, за допомогою яких виконано його креслення.

Розглянуто та описано вимоги до контролю якості готової продукції згідно з нормативними документами. Проаналізовано стандарти охорони праці та заходи з охорони навколишнього середовища на підприємстві.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МУРАШИНА КИСЛОТА, ХАРЧОВА ДОБАВКА, КОНСЕРВАНТ Е236, СУЛЬФАТНА КИСЛОТА, ФОРМІАТ НАТРІЮ, ПРИНЦИПОВА ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС, ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС, ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ, РЕАКТОР, УДОСКОНАЛЕННЯ.

## **ABSTRACT**

EXPLANATORY NOTE: 70 P., 14 FIGS., 18 TABS., 28 SOURCES.

The topic of this qualification work is the improvement of the technology for the production of formic acid with a capacity of 1000 kg/day.

This diploma project investigates the physical and chemical characteristics, applications and modern technologies for the production of formic acid, which is known as a preservative. Based on these studies, the method of formic acid production was improved.

A description of the raw material base for the production of formic acid is given. The process of formic acid production by the interaction of sodium formate and sulfuric acid was developed.

The main technological equipment was selected and, on this basis, the schematic and hardware-technological diagrams of formic acid production were developed. The material and heat balance for production was calculated. The reactor was also calculated and its drawings were made.

The requirements for quality control of finished products in accordance with regulatory documents are considered and described. Labor protection standards and environmental protection measures at the enterprise are analyzed.

**KEYWORDS: FORMIC ACID, FOOD ADDITIVE, PRESERVATIVE E236, SULFURIC ACID, SODIUM FORMATE, FLOW DIAGRAM, INSTRUMENTATION AND TECHNOLOGICAL SCHEME, MATERIAL BALANCE, HEAT BALANCE, EQUIPMENT SELECTION, REACTOR, IMPROVEMENT.**

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ I АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	9
1.1 Поняття про мурашину кислоту .....	9
1.2 Фізико-хімічні властивості кислоти .....	10
1.3. Способи отримання кислоти.....	12
1.4 Застосування мурашиної кислоти .....	13
1.6 Користь та токсичність мурашиної кислоти .....	16
РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	19
2.1 Характеристика вихідної сировини.....	19
2.2 Опис принципово-технологічної схеми .....	21
2.3 Розрахунок матеріального балансу .....	24
2.4 Розрахунок теплового балансу .....	29
2.5 Підбір основного технологічного обладнання .....	32
2.6 Розрахунок реактору .....	40
2.7 Апаратурно-технологічна схема отримання мурашиної кислоти .....	45
РОЗДІЛ III ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	48
РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ .....	53
РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	58
РОЗДІЛ VI ОХОРОНА ПРАЦІ.....	62
ВИСНОВКИ .....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	68

					<b>ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.006.КР.ПЗ</b>		
Змн.	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата			
Розроб.		Мартинюк В.А.			Літ.	Арк.	Аркушіє
Перевір.		Бойчук Т.М.				6	
<b>ЗМІСТ</b>					НУХТ Каф. ТЖХТ		
Н. Контр..		Подобій О.В.					
Затверд.		Носенко Т.Т.					

## ВСТУП

Однією з найвідоміших харчових добавок або консервантів – є мурашина кислота. Ця речовина має код E236. Ця кислота міститься у виділеннях мурах. Також вона міститься в гілочках і листі кропиви, плодах хвої, її присутність викликає сильне печіння на шкірі.

Мурашина кислота є однією з кислот, яка широко використовується у медицині, харчовій, текстильній та сільськогосподарській промисловості.

Дана кислота має антимікробні властивості і тим самим використовується в консервній промисловості в багатьох країнах. Її бактерицидна дія більш виражена по відношенню до дріжджів і пліснявих грибів.

Мурашина кислота, яка є простим і доступним речовиною, знаходить широке застосування у харчовій промисловості як харчовий підкислювач, консервант для фруктових напівфабрикатів і соків, а також як дезінфектор для діжок і тари, використовуваних у виробництві вина та пива.

Включення мурашиної кислоти до корму допомагає поліпшити засвоюваність поживних речовин. Зниження рівня рН у кормах, за рахунок введення мурашиної кислоти, призводить до кислотного середовища у травному тракті, що сприяє покращеній активності внутрішньо- та зовнішньо-клітинних ферментів. Це в свою чергу сприяє покращенню засвоюваності поживних речовин та ефективності перетравлення корму.

**Актуальність** даної теми полягає у розробленні удосконаленої технології виробництва мурашиної кислоти, шляхом очищення СО, для отримання якісного продукту.

**Об'єкт дослідження** – є технологія виробництва мурашиної кислоти.

**Предметом дослідження** – є мурашина кислота.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.007.КР.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Мартинюк В.А.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бойчук Т.М.</i>				7	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>			<b>ВСТУП</b>		
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>			<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		

**Мета роботи** – є розроблення технології виробництва мурашиної кислоти.

**Завдання на виконання роботи:**

1. Виконати огляд науково-технічної літератури, що стосується мурашиної кислоти та її сфери застосування, розглянути властивості сполуки, її користь та токсичність на організм людини.
2. Ознайомитись з ефективними методами отримання мурашиної кислоти.
3. Описати сировину, що використовується для отримання мурашиної кислоти.
4. Розробити принципову технологічну схему виробництва метанової кислоти.
5. Розрахувати матеріальний та тепловий баланс виробництва, на основі яких провести підбір обладнання.
6. Виконати креслення та розрахунки одного з основних апаратів виробництва.
7. Розробити апаратно-технологічну схему виробництва мурашиної кислоти.
8. Навести показники контролю якості та безпеки отриманої продукції.
9. Навести відомості про заходи з охорони праці на виробництві та характеристики екологічної безпеки для даної кислоти.

					<b>ВСТУП</b>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# РОЗДІЛ І АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1 Поняття про мурашину кислоту

Мурашина кислота – перший представник ряду карбонових кислот. Свою назву ця кислота одержала в зв'язку з виділенням її вперше із червоних лісових мурах. Звідси і її латинська назва - *acidum formicum*. Розчиняється у воді в будь-яких пропорціях. Викликає опіки на шкірі. Міститься у виділеннях залоз мурашок, а також у деяких рослинах (у листі кропиви). У харчовій промисловості дана кислота використовується, як харчова добавка, а саме як консервант. Дана кислота має міжнародний код E 236 [1].

Консервантами є такі речовини, які сповільнюють розвиток мікроорганізмів з метою запобігання мікробіологічному псуванню продуктів. Застосування консервантів дозволяє значно продовжити термін придатності продуктів. Хоча консерванти діють на мікробів повільно, вони здатні лише запобігти розвитку небажаної мікрофлори, не відновлюючи якість вже зіпсованого продукту.

Використовують такі речовини переважно у тих випадках, коли інші засоби збереження продуктів неможливі. Концентрація консерванту здебільшого незначна, його присутність не повинна погіршувати смакові якості харчових продуктів і впливати на людину. Консерванти пригнічують розвиток бактерій шляхом дії на їхні клітинні оболонки, процеси метаболізму та синтез білків таких бактерій, активність ензимів тощо. При цьому кожний консервант проявляє свої індивідуальні властивості тільки для певного виду бактерій, внаслідок чого часто застосовуються їх суміші [2].

Ефективність дії консервантів залежить від виду харчового продукту, хімічної природи консерванту, його концентрації, рН середовища, якісного і

					<b>ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.009.КР.ПЗ</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розроб.		Мартинюк В.А.			<b>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	<b>Літ.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Аркушіє</b>
Перевір.		Бойчук Т.М.					9	
Н. Контр.		Подобій О.В.			<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>			
Затверд.		Носенко Т.Т.						

кількісного складу мікрофлори продукту. Багато консервантів є більш ефективними в кислому середовищі, тому для зниження рН середовища додають харчові кислоти (лимонну, молочну та ін.).

Враховуючи різне відношення мікроорганізмів до окремих консервантів їх використовують у комбінації (сорбінова кислота і сорбати в комбінації з бензойною кислотою і бензоатами). Це дозволяє розширити і посилити антимікробну дію, знизити концентрацію окремих консервантів, зменшити ймовірність побічної дії і отримати економічний ефект. Ефективність окремих консервантів по відношенню до різних мікроорганізмів наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

### Антимікробна ефективність консервантів

Консерванти	Бактерії	Дріжджі	Плісневі гриби
Сульфіти	++	++	+
Кислоти:			
Мурашина	+	++	++
Пропіонова	+	++	++
Бензойна	++	+++	+++

Примітка: - не ефективний; + низька ефективність; ++ середня ефективність; +++ висока ефективність.

Не існує універсальних консервантів, які були б придатними для усіх харчових продуктів. Кожен консервант має свій спектр дії. Для кожного консерванту визначена допустима кількість в продуктах (мл/л, мг/кг) і допустима добова доза (мг/кг маса тіла людини) [3].

### 1.2 Фізико-хімічні властивості кислоти

Гомологічний ряд насичених (алканових) монокарбонових кислот починається мурашиною кислотою НСООН (рис 1.1).

Це – безбарвна речовина з різким запахом, кипить за температури 100,7 °С, змішується з водою в будь-яких співвідношеннях. Вона міститься у хвої,

кропиві, виділеннях мурашок та бджіл.

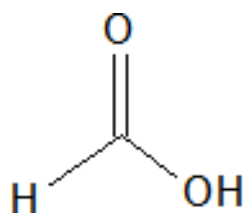
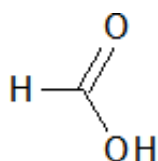
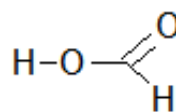


Рисунок 1.1 Формула мурашиної кислоти

Карбоксильна група в мурашиній кислоті з'єднана з атомом водню. Тому в її формулі є карбоксильна та альдегідна групи:



*Карбоксильна група*

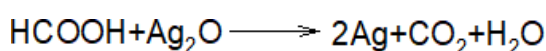


*Альдегідна група*

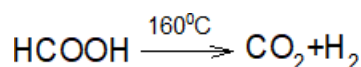
Рисунок 1.2 Функціональні групи кислоти

Її молекули об'єднані водневими зв'язками попарно, а не пов'язані в єдиний просторовий каркас. Звідси і впливає невисока в'язкість, і помітна летючість мурашиної кислоти [3].

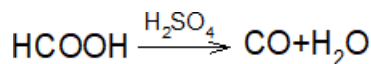
Мурашина кислота найсильніша в її гомологічному ряді. Крім кислотних властивостей вона виявляє відновні, характерні для альдегідів, наприклад, вступає в реакцію «срібного дзеркала»:



За температури 160 °С мурашина кислота розкладається:



Під дією концентрованої сірчаної кислоти вона зневоднюється:



Таблиця 1.2

### Фізичні властивості мурашиної кислоти

Тиск парів	120 мм. рт. ст. (при 50 °С)
Стандартна ентальпія утворення $\Delta H$	-409,19 кДж/моль (ж) (при 298 К)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Продовження таблиці 1.2

t згоряння $-\Delta H$ 298°C (кінцевіречовини CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O)	254,58 кДж/моль
Стандартна мольна теплоємність C <sub>p</sub>	98,74 Дж/моль·К (ж) (при 298 К)
Ентальпія плавлення $\Delta H_{пл}$	12,72 кДж/моль
Ентальпія кипіння $\Delta h_{кип}$	22,24 кДж/моль

Таблиця 1.3

### Щільність водних розчинів мурашиної кислоти при 20 °С

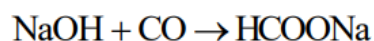
Масовий вміст НСООН, %	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	22	26	30
ρ, г/см <sup>3</sup>	1,00	1,004	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07

### 1.3. Способи отримання кислоти

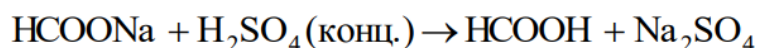
Вперше мурашину кислоту синтезував у 1855 року Марселен Жак Бертло. Коли Бертло почав працювати в галузі органічної хімії, ще твердо вірили у таємну «життєву силу», без якої неможливо штучне створення органічних сполук. Тому його синтези, в тому числі і мурашиної кислоти, відіграли велику роль у подоланні цієї віталістичної теорії [5].

Один із найпоширеніших методів отримання мурашиної кислоти є взаємодія формиату натрію з сульфатною кислотою.

У промисловості натрій формиат отримують з NaOH та CO:

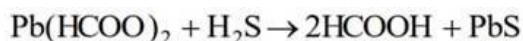
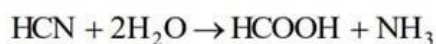
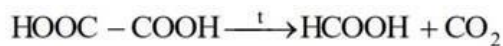


З водних розчинів безводну мурашину кислоту не можна отримати фракційною перегонкою, тому в промисловості її отримують розкладанням сухого формиату натрію концентрованою сірчаною кислотою:



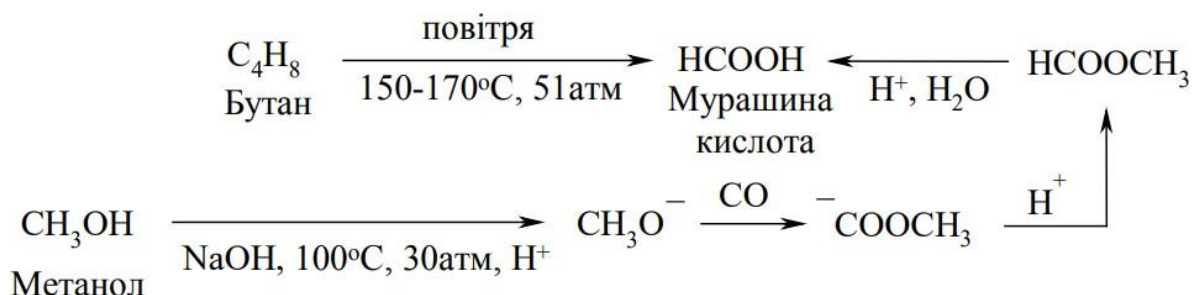
					<b>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Можливі інші синтези, які дають можливість отримати мурашину кислоту, наприклад [7]:



Також можливо інше виробництво кислоти у великих кількостях (біля 0,5 млн. т на рік) двома методами. При синтезі оцтової кислоти рідко фазним окисненням бутану або низько октанового бензину мурашина кислота утворюється як побічний продукт (одна частина на 5 – 6 частин оцтової кислоти). Суміш кислот розділюють у ректифікаційних колонах.

Іншим способом мурашину кислоту синтезують шляхом карбонілювання метанолу (лужний каталіз) до метилформиату з наступним кислотним гідролізом [6]:



#### 1.4 Застосування мурашиної кислоти

Мурашина кислота виявляє найкращі антимікробні властивості серед всіх жирних кислот. Ця кислота широко застосовується у консервній промисловості багатьох країн. Бактерицидна дія мурашиної кислоти виявляється особливо сильною проти дріжджів і цвілевих грибів. При концентрації 0,2%, дріжджі вмирають протягом 24 годин, а при концентрації 1% - протягом 30 хвилин. Використання мурашиної кислоти у рекомендованих концентраціях не впливає на смак консервованих продуктів. Крім того, завдяки своїй леткості, вона легко випаровується при нагріванні. Однак,

					<b>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД          НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

мурашина кислота може бути застосована тільки в тих харчових виробках, де не відбувається процес драглеутворення, оскільки це може спричинити випадання пектинових речовин у вигляді осаду [6].

Мурашина кислота застосовується:

- при дубленні шкіри;
- у текстильній промисловості (як протрава при фарбуванні);
- як коагулюючий засіб у виробництві природного каучуку;
- у виробництві каталізаторів, що містять нікель та кобальт;
- для отримання складних ефірів, які застосовують у парфумерії та як розчинника;
- у медицині для розтирання при ревматизмі у вигляді 1,25%-го розчину, відомого під назвою «мурашиного спирту» або *spiritus formicarum* (назва історична, – цей засіб раніше отримували наполяганням мурашок на спирті);
- у сільськогосподарська промисловість – для обробки кормів з метою продовження термінів їх зберігання.
- завдяки антисептичним властивостям використовують як консерванту для збереження зелених кормів, при консервуванні фруктових соків, очищення бочок тощо [7].

В харчовій промисловості широке використання у якості харчового підкислювача, консерванту фруктових напівфабрикатів і соків, дезінфектора діжки тари для вина та пива знайшла найпростіша метанова (мурашина) кислота [8].

Одним з цікавих методів використання кислоти є, застосування копильних рідин. Це рідин – препаратів для копчення м'яса, риби і інших продуктів. Копчення є не лише методом консервування, але і підвищення смакових і ароматичних властивостей харчових продуктів. До складу диму входить ряд речовин, що чинять бактерицидну дію (метиловий спирт, формальдегід, фурфурол), багато органічних кислот (оцтова, пропіонова, масляна, валеріанова, мурашина), ацетон, феноли, їх метилові ефіри та ін.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливою частиною продуктів горіння, що входять до складу диму, є смоли, які, можливо, можуть чинити несприятливу дію на організм, зокрема канцерогенну. В зв'язку з цим знаходять способи копчення, які виключали б канцерогенну небезпеку продуктів [6].

Як було сказано вище, мурашина кислота використовується для обробки кормів. Розглянемо детальніше, як саме підготовлюють кислоту для даного процесу.

Мурашина кислота – це природний продукт клітинного метаболізму. Вона утворюється при розщепленні деяких амінокислот, а також метанолу і формальдегіду. При споживанні з кормом більшість мурашиної кислоти легко всмоктується і метаболізується. Невелика кількість мурашиної кислоти виводиться без змін через сечу. Абсорбція мурашиної кислоти через шкіру та слизові оболонки також можлива. Тому при роботі з нею слід дотримуватись заходів безпеки [8].

У метаболізмі метанова кислота є ключовою речовиною для виробництва так званих C1-фрагментів необхідних для біосинтезу пуринових основ і отже нуклеїнових кислот. Метаболізм мурашиної кислоти пов'язані з таким фолієвої кислоти (вітамін B9). Так, збільшення введення фолієвої кислоти в корм збільшує рівень окиснення мурашиної кислоти в організмі. Тому, антагоністи фолієвої кислоти перешкоджають розщепленню мурашиної кислоти [9].

Мурашина кислота в мізерних кількостях утворюється під час бактеріальної ферментації в травному тракті жуйних та моногастричних тварин [10].

Введення мурашиної кислоти в корм здатне покращувати з засвоюваність поживних речовин. Зниження значення рН у кормах при введенні мурашиної кислоти веде до підкислення вмісту травного тракту, покращеної активності ендогенних та екзогенних ферментів, та покращення засвоюваності поживних речовин, а також конверсії корму [11,12].

Визначення мінімальної переважної концентрації для різних органічних

					<b>АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кислот підтверджує факт вищої ефективності мурашиної кислоти проти бактерій та дріжджів. З практичної точки зору, більш висока щільність мурашиної кислоти дає перевага вищої концентрації активної речовини в межах заданого простору при приготуванні комбікорму в змішувачі, тобто, дозволяє використовувати більш низьке дозування для досягнення бажаного ефекту.

Після заборони використання формальдегіду, мурашина кислота є єдиним засобом для покращення санітарного стану кормів у ЄС із січня 2018 року [9].

Нещодавно, мурашина кислота була запропонована як перспективний матеріал для зберігання водню. Коротко обговорюється основна концепція та показані останні досягнення в розробці каталізаторів дегідрування мурашиної кислоти. Детально розглядається як стан досліджень гетерогенних, так і гомогенних каталітичних систем, а також представлений погляд на необхідні кроки розвитку. Мурашина кислота сьогодні вважається одним із найперспективніших матеріалів для зберігання водню. Існує ряд високоактивних і надійних гомогенних каталізаторів, які вибірково розкладають мурашину кислоту до  $H_2$  і  $CO_2$  при температурі, близької до кімнатної. Хоча активність і селективність гетерогенних каталізаторів ще не досягли рівня гомогенних систем, цей розрив скорочується [11].

### 1.6 Користь та токсичність мурашиної кислоти

З усіх жирних кислот найкращі антимікробні властивості має мурашина кислота. Результати токсикологічних досліджень показали, що мурашина кислота повільно окиснюється в організмі людини і тому погано виводиться.

Згідно з рекомендаціями комітету експертів ФАО/ВООЗ з харчових добавок, допустиме добове споживання для мурашиної кислоти та її солей не повинно перевищувати 0,5 мг/кг маси тіла.

Її неконцентровані розчини застосовують для місцевого знеболення. Має вона й протизапальні властивості, впливає на процес згортання крові,

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

розширюючи судини. Однак, дана кислота чинить шкідливу дію на шлунково-кишковий тракт та нирки, тому консервувати нею харчові продукти не рекомендовано.

Сьогодні мурашина кислота входить до складу мазей, випускається у вигляді спиртових настоянок та інших лікарських засобів. Часто використовується для лікування остехондроза. Це прекрасний антисептик і консервант, який перешкоджає розвитку мікрофлори, а також бере участь у лікуванні багатьох захворювань [6].

Перерахування може тривати нескінченно довго, але варто знати, що якщо норма перевищена, "мурашина кислота" стає однією з найнебезпечніших отрут. Шкода може бути завдана не тільки внаслідок вживання, але й при потраплянні речовини на шкіру. Токсичні властивості мурашиної кислоти залежать від її концентрації. Згідно з класифікацією Європейського Союзу, концентрація до 10% має подразнюючу дію, більше 10% - також подразнюючу.

Контакт з 100% рідиною мурашиною кислотою на шкіру викликає важкі хімічні опіки. Навіть невелика кількість, що потрапила на шкіру, призводить до сильного болю, уражене місце спочатку збільшується, набуваючи білого кольору, а потім стає воскоподібним, утворюючи червону облямівку. Мурашина кислота легко проникає через жировий шар шкіри, тому важливо негайно промити уражену ділянку розчином соди. Контакт з концентрованими парами мурашиної кислоти може спричинити ураження очей та дихальних шляхів. Випадкове проковтування навіть розведених розчинів може призвести до розвитку важкого некротичного гастроентериту.

Мурашина кислота швидко метаболізується і виводиться з організму. Однак метанова кислота і формальдегід, що утворюються при отруєнні метанолом, викликають ураження зорового нерва та призводять до сліпоты [8,9].

## Висновки

На основі літературних джерел було розглянуто загальну інформацію, фізико-хімічні властивості, методи виробництва мурашиної кислоти, застосування, користь та токсичність на організм людини. Визначали, що найпоширеніший промисловий метод отримання даної кислоти, а саме взаємодія формиату натрію з сульфатною кислотою, містить деякі недоліки. Тому особливу увагу ми приділили сировині для формиату натрію, а саме чадному газу.

Чадний газ може утворюватися внаслідок згоряння вуглецю і його сполук при нестачі повітря, в значних кількостях присутній у топкових газах, газах двигунів внутрішнього згоряння, продуктах детонації, у металургійних багатотоннажних комбінатах, у виробництві соди, а також в результаті неповного згорання різних видів палива: вугілля, дров, нафти, природного газу.

Тому знаючи сфери отримання чадного газу припускаємо, що газ може бути недоочищеним для подальшого використання та містити домішки, які можуть впливати на синтез продуктів та на вихід продукту. Виходячи з цього ми вирішили удосконалити сировину для отримання мурашиної кислоти.

Для удосконалення сировини, а саме чадного газу, ми будемо його пропускати через касетний мембранний фільтр. Це дасть нам можливість отримати хімічно чистий CO, який слугує на високий вихід мурашиної кислоти, і отримуючи продукт, який не потрібно доочищувати, а відразу можна використовувати саме для харчової промисловості.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Характеристика вихідної сировини

#### • *Форміат натрію*

Основною вихідною сировиною для виробництва мурашиної кислоти є форміат натрію.

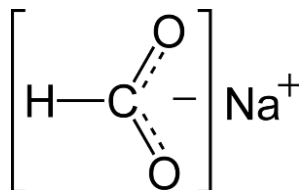
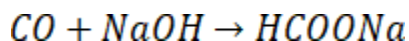


Рисунок 2.1 Формула форміату натрію

Форміат натрію хімічна сполука з формулою -  $\text{HCOONa}$ . Кристалічний порошок білого чи сірого кольору без сторонніх домішок. Допускається зелений відтінок. Добре розчинний у воді, слабо розчинний у спиртах, не розчинний в ефірах. З водних розчинів при температурі  $15,3\text{ }^\circ\text{C}$  кристалізується в тригідрат.

При температурі вище  $300\text{ }^\circ\text{C}$  безводний форміат натрію розкладається на  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  і  $\text{H}_2$ . Форміат натрію вибухобезпечний і не горючий. За рівнем впливу на організм відноситься до малонебезпечних речовин. Максимальна разова концентрація форміату натрію у повітрі робочої зони визначена –  $10\text{ мг/м}^3$  [14].

Один з методів одержання форміату натрію є взаємодія чадного газу з натрій гідроксидом:



Основні властивості:

- Форміат натрію знижує точку замерзання води замішування для бетонів та цементних розчинів.
- Нижчий (у 3-4 рази) відсоток введення в бетони та розчини, порівняно з іншими добавками (нітрит натрію, поташ).

					<b>ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.019.КР.ПЗ</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Мартинюк В.А.			<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бойчук Т.М.					19	
Н. Контр.		Подобій О.В.				НУХТ Каф. ТЖХТ		
Затверд.		Носенко Т.Т.						

- Забезпечує швидкий набір міцності бетону (розчину) 30% і більшена першу добу, а також тривалу життєздатність бетонної суміші.
- Не утворює токсичних сполук з іншими речовинами в повітряномусередовищі та стічних водах, вибухобезпечний і не горючий [11].

- **Сульфатна кислота**

Сульфатна кислота (сірчана кислота) належить до числа сильних кислот.

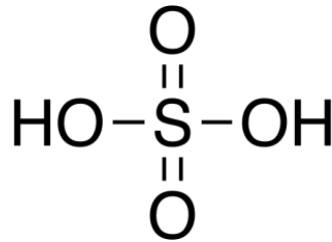


Рисунок 2.2 Формула сульфатної кислоти

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> зручна у використанні, не димить, не має запаху, у концентрованому вигляді не руйнує чорні метали. Цими позитивними якостями сульфатної кислоти і пояснюється її широке застосування. Вона використовується у виробництві найрізноманітніших речовин: мінеральних солей, добрив, інших кислот, органічних сполук, барвників, димоутворюючих, вибухових речовин та ін.

За кількістю сульфатної кислоти, що виробляється на душу населення, судять про ступінь хімізації країни. Більші масштаби виробництва забезпечуються завдяки впровадженню ефективних заходів, що забезпечують поліпшення техніко-економічних показників: підвищення одиничної потужності апаратів, застосування системи подвійного контактування і подвійної абсорбції (ПКПА) та інше.

Стадії виробництва сульфатної кислоти контактним методом можна виділити три послідовно з'єднані підсистеми:

- отримання та очистки двоокису сірки (сірчистого газу);
- окиснення двоокису сірки до триокису сірки (сірчаного ангідриду сірки) у присутності каталізатора;
- хемосорбцію триокису сірки з утворенням сульфатної кислоти [15,16].

## 2.2 Опис принципово-технологічної схеми

### 1. Очищення чадного газу

Даний процес відбувається за допомогою касетного мембранного фільтру, який має напівпроникну мембрану через яку проходить чадний газ і тим самим очищується.

### 2. Підготовка сировини

Підготовка сировини включає наступні ключові операції: взаємодія чадного газу з натрій гідроксидом, отримання формиату натрію. Процес здійснюється під тиском 0,6 мПа при температурі 120°C, тривалість 1 годину.

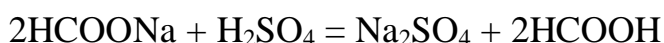
### 3. Фільтрування I

Даний процес призначений для очищення формиату натрію від домішків. Параметри процесу: тривалість 30 хв при тиску 0,1 мПа.

### 4. Синтез

Основну стадію виробництва проводять з метою отримання мурашиної кислоти. Апарат забезпечений водяною сорочкою та завантажувальним шнековим пристосуванням, що забезпечує рівномірну подачу формиату натрію в реактор. Параметри стадії: тривалість 1 година при температурі 60°C.

Основна реакція отримання мурашиної кислоти при обробці формиату натрію сульфатною кислотою протікає за наступним рівнянням:



### 5. Фільтрування II

Як вже було зазначено вище, дану стадію провадять для очищення від домішків. Умови процесу: тривалість 30-40 хв при тиску 0,15 мПа.

### 6. Концентрування

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мурашиної кислоти надходить у вакуум-випарний апарат для концентрування. Параметри процесу: тривалість 30 хвилин при температурі 40°C.

### 7. Зберігання

Даний процес характеризується зберіганням мурашиної кислоти у баксховищах, де далі відправляється на фасування та на склад готові продукції. Готовий продукт прямує споживачам у скляних суліях.

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

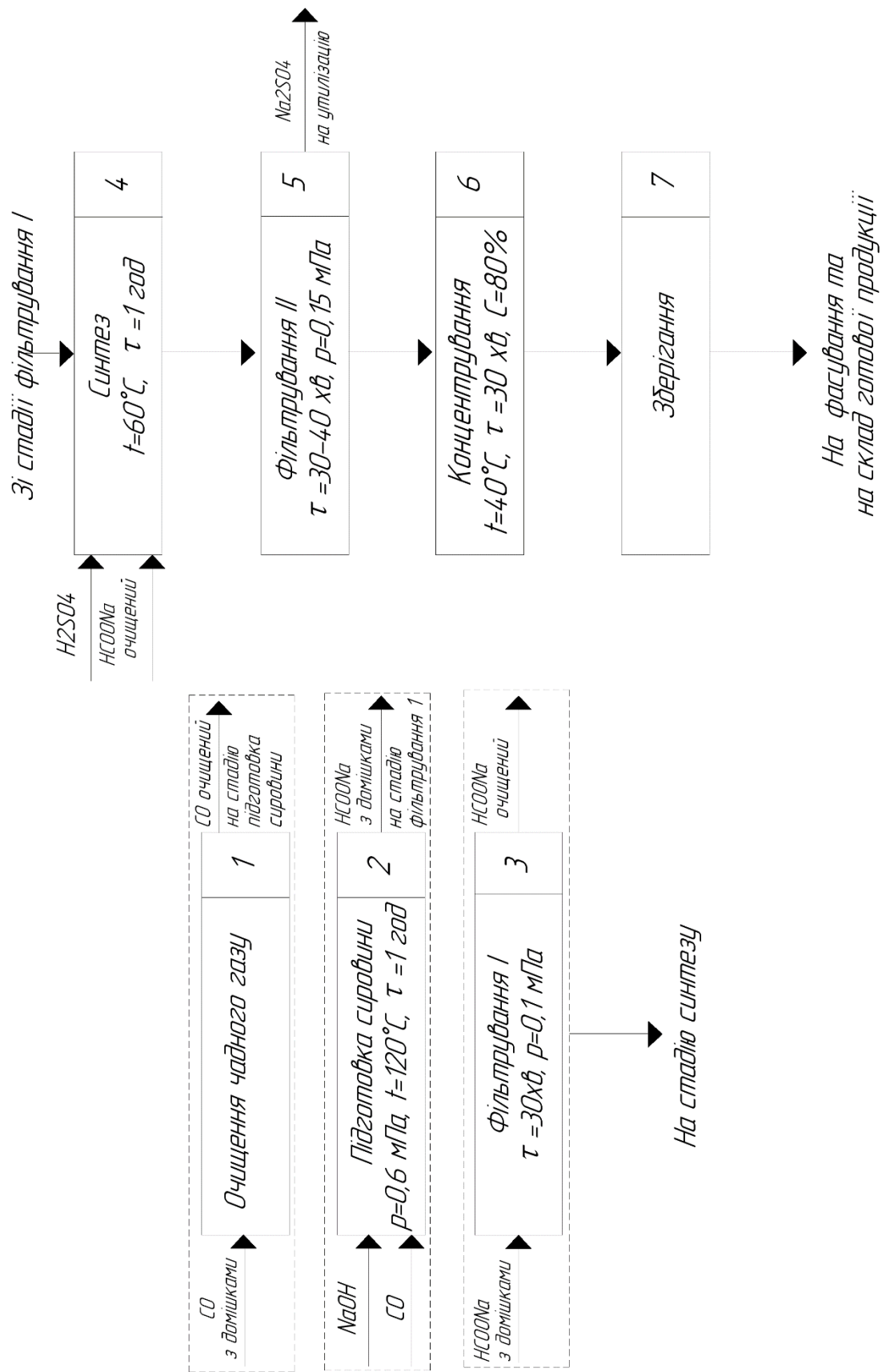


Рисунок 2.3 Принципово-технологічна схема виробництва мурашиної

КІСЛОТИ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

## 2.3 Розрахунок матеріального балансу

Розрахунок матеріального балансу процесу виробництва мурашиної кислоти підпорядковується закону: маса вихідних продуктів процесу повинна дорівнювати масі його кінцевих продуктів за формулою 2.1:

$$\Sigma G_{\text{вихідні}} = \Sigma G_{\text{кінцеві}} \quad (2.1),$$

де  $\Sigma G_{\text{вихідні}}$  - сума мас вихідних продуктів процесу;

$\Sigma G_{\text{кінцеві}}$  - сума мас кінцевих продуктів процесу [17].

Розрахунок проводимо на 840 кг формиату натрія та 560 кг сульфатної кислоти. Ця кількість сировини дозволяє нам отримати продуктивність виробництва 1000 кг/добу.

Вихідні дані:

Продуктивність виробництва мурашиної кислоти 1000 кг/добу.

Втрати на кожній стадії становлять 1-2 %.

1. Стадія очищення CO

Втрати на даній стадії становлять 2%.

$$m(\text{втрати}) = m(\text{CO}) \times 0,02 = 380 \times 0,02 = 7,6$$

$$m(\text{CO}) = (380 - 7,6) - m(\text{домішок}) = 372,4 - 4,4 = 368$$

Таблиця 2.1

### Матеріальний баланс на стадії очищення CO

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Чадний газ з домішками	380	Чадний газ очищений	368
		Домішки	4,4
		Втрати	7,6
Всього	380	Всього	380

2. Підготовка сировини

Підготовка сировини включає наступні ключові операції: взаємодія чадного газу з натрій гідроксидом, отримання формиату натрію. Процес здійснюється під тиском 0,6 мПа при температурі 120°C, тривалість 1 годину.

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Втрати на стадії підготовки сировини складають 1,7%.

$$m(\text{втрати}) = m \times 0,017 = 828 \times 0,017 = 14,1$$

$$m(\text{HCOONa}) = m - m(\text{втрати}) = 828 - 14,1 = 813,9$$

Таблиця 2.2

### Матеріальний баланс на стадії підготовки сировини

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Чадний газ очищений	368	Форміат натрію	813,9
Натрій гідроксид	460	Втрати	14,1
Всього	828	Всього	828

#### 3. Фільтрування I

Даний процес призначений для очищення форміату натрію від ймовірних домішок.

Втрати на стадії фільтрування I складають 1,5%.

$$m(\text{втрати}) = m \times 0,015 = 813,9 \times 0,015 = 12,2$$

$$m(\text{HCOONa очищений}) = m - m(\text{втрати}) - m(\text{домішок}) = \\ = 813,9 - 12,2 - 3,7 = 798$$

Таблиця 2.3

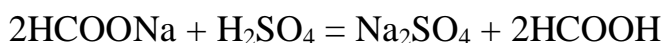
### Матеріальний баланс на стадії фільтрування I

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Форміат натрію з домішками	813,9	Форміат натрію очищений	798
		Домішки	3,7
		Втрати	12,2
Всього	813,9	Всього	813,9

#### 4. Синтез

Основну стадію виробництва проводять з метою отримання мурашиної кислоти. Апарат забезпечений водяною сорочкою та завантажувальним шнековим пристосуванням, що забезпечує рівномірну подачу формиату натрію в реактор. Параметри стадії: тривалість 1 година при температурі 60°C.

Основна реакція отримання мурашиної кислоти при обробці формиату натрію сірчаною кислотою протікає за наступним рівнянням:



Втрати на стадії синтезу складають 1,5%.

$$m(\text{втрати}) = m \times 0,015 = 1358 \times 0,015 = 20,4$$

$$\begin{aligned} m(\text{HCOOH}) &= m - m(\text{втрати}) - m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \\ &= 1358 - 20,4 - 57,6 = 1280 \end{aligned}$$

Таблиця 2.4

#### Матеріальний баланс на стадії синтез

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Форміат натрію очищений	798	Мурашина кислота	1280
Сульфатна кислота	560	Натрій сульфат	57,6
		Втрати	20,4
Всього	1358	Всього	1358

#### 5. Фільтрування II

Як вже було зазначено вище, дану стадію провадять для очищення від ймовірних домішок. Умови процесу: тривалість 30-40 хв при тиску 0,15 мПа.

Втрати на стадії фільтрування 2 складають 1,5%.

$$m(\text{втрати}) = m \times 0,015 = 1280 \times 0,015 = 19,2$$

$$\begin{aligned} m(\text{HCOOH очищена}) &= m - m(\text{втрати}) - m(\text{домішок}) = \\ &= 1280 - 19,2 - 10,8 = 1250 \end{aligned}$$

Таблиця 2.5

## Матеріальний баланс на стадії фільтрування II

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Мурашина кислота з домішками	1280	Мурашина кислота очищена	1250
		Домішки	10,8
		Втрати	19,2
Всього	1280	Всього	1280

## 6. Концентрування

Мурашина кислота направляється у вакуумно-випарний апарат. Параметри процесу: тривалість 30 хвилин при температурі 40°C.

Приймаємо ступінь концентрування 0,8. Розраховані дані представлені у вигляді таблиці 2.6.

$$m(\text{HCOOH очищена}) = m \times 0,8 = 1000$$

$$m(\text{втрати}) = 1250 - 1000 = 250$$

Таблиця 2.6

## Матеріальний баланс на стадії концентрування

Прихід		Витрати	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Мурашина кислота очищена	1250	Мурашина кислота очищена	1000
		Втрати	250
Всього	1250	Всього	1250

Результати розрахунків матеріального балансу процесу виробництва мурашиної кислоти наведено в таблиці 2.7.

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Таблиця 2.7

## Матеріальний баланс виробництва мурашиної кислоти

Прихід		Витрати	
Назва сировини та продуктів	Кількість, кг	Назва кінцевого продукту, відходів та втрат	Кількість, кг
1	2	3	4
<b>Стадія очищення чадного газу</b>			
Чадний газ з домішками	380	Чадний газ очищений	368
		Домішки	4,4
		Втрати	7,6
<b>Всього</b>	<b>380</b>	<b>Залишок</b>	<b>368</b>
<b>Стадія підготовки сировини</b>			
Чадний газ очищений	368	Форміат натрію	813,9
Натрій гідроксид	460	Втрати	14,1
<b>Всього</b>	<b>828</b>	<b>Залишок</b>	<b>813,9</b>
<b>Стадія фільтрування I</b>			
Форміат натрію з домішками	813,9	Форміат натрію очищений	798
		Домішки	3,7
		Втрати	12,2
<b>Всього</b>	<b>813,9</b>	<b>Залишок</b>	<b>798</b>
<b>Стадія синтезу</b>			
Форміат натрію очищений	798	Мурашина кислота	1280

Продовження таблиці 2.7

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

Прихід		Витрати	
Назва сировини та продуктів	Кількість, кг	Назва кінцевого продукту, відходів та втрат	Кількість, кг
1	2	3	4
Сульфатна кислота	560	Натрій сульфат	57,6
		Втрати	20,4
<b>Всього</b>	<b>1358</b>	<b>Залишок</b>	<b>1280</b>
<b>Стадія фільтрування II</b>			
Мурашина кислота з домішками	1280	Мурашина кислота очищена	1250
		Домішки	10,8
		Втрати	19,2
<b>Всього</b>	<b>1280</b>	<b>Залишок</b>	<b>1250</b>
<b>Стадія концентрування</b>			
Мурашина кислота очищена	1250	Мурашина кислота очищена	1000
		Втрати	250
<b>Всього</b>	<b>1250</b>	<b>Сума</b>	<b>1250</b>

#### 2.4 Розрахунок теплового балансу

Для розрахунку теплового балансу була обрана стадія підготовка сировини.

##### Вихідні дані:

Для підтримання необхідної температури ( $t=140\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) потрібно підтримувати теплоту, що утворюється в результаті дисипації механічної

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

енергії при перемішуванні з питомою потужністю  $N_v = 7 \text{ кВт/м}^3$ . За об'ємом рідини  $V_p = 5 \text{ м}^3$  теплового навантаження поверхні охолодження:

$$Q = (q_{V_t} + N_v) \times V_p = (15 + 7) \times 5 = 110 \text{ кВт.}$$

За вибраних параметрів охолоджувальної води середній температурний напір становить:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_M}} = \frac{100 - 40}{\ln \frac{100}{40}} = 65,5^\circ\text{C.}$$

Для розрахунку поверхні охолодження потрібно знайти коефіцієнт теплопередачі:

$$K_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

де  $\alpha_1$  – коефіцієнт тепловіддачі від рідини, що перемішується, до стінки апарату,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $\alpha_2$  – коефіцієнт тепловіддачі від рідини, що перемішується, до охолоджувальної води,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $\delta_{\text{ст}} = 0,01$  – товщина стінки апарату, м;  $\lambda_{\text{ст}}$  – теплопровідність стінки,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

Коефіцієнт  $\alpha_1$  розраховується з врахуванням відхилення проектованого апарату від дослідженої типової конструкції по  $\Gamma_D$  і  $\Gamma_H$  (впливом відхилення  $\Gamma_H$  нехтуємо):

$$\begin{aligned} Nu &= 0,76 Re_M^{0,67} Pr^{0,33} \left( \frac{\mu_p}{\mu_{\text{ст}}} \right)^{0,14} \psi_D \psi_H = \\ &= 0,76 \left( \frac{n \times d^2 \times \rho}{\mu} \right)^{0,67} Pr_p^{0,33} \left( \frac{\mu_p}{\mu_{\text{ст}}} \right)^{0,14} \left( \frac{\Gamma_D}{\Gamma_{D_0}} \right)^{-0,13} \left( \frac{\Gamma_H}{\Gamma_{H_0}} \right)^{-0,56} = \\ &= 0,76 \left( \frac{3,33 \times 0,8^2 \times 994}{0,73 \times 10^{-3}} \right)^{0,67} \times 4,87^{0,33} \left( \frac{0,73 \times 10^{-3}}{0,86 \times 10^{-3}} \right)^{0,14} \times \\ &\times 2,25^{-0,13} \times 2,62^{-0,56} = 30800 \end{aligned}$$

За значенням  $Nu$  визначасмо:

$$\alpha_1 = \frac{Nu \times \lambda_p}{D} = \frac{30800 \times 0,626}{1,8} = 10700 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К}).$$

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

Для розрахунку температури стінки умовно взято середньо між температурою середовища, що переміщується і охолоджувальною водою ( $\Delta t_{cp} = 65,5^\circ\text{C}$ ).

Охолоджувальна вода протікає спіральним каналом прямокутного перерізу ( $n_{сп} + b_{сп} = 0,25 \times 0,03 \text{ м}$ ), площа якого  $f = 0,0075 \text{ м}^2$ , а еквівалентний діаметр:

$$d_{екв} = \frac{4f}{\Pi} = \frac{4 \times 0,0075}{2(0,25+0,03)} = 0,0536 \text{ м.}$$

Витрату охолоджувальної води розраховуємо з рівняння теплового балансу:

$$G_B = \frac{Q}{C_B(t_K - t_{II})} = \frac{110}{4,19(100 - 40)} = 0,43 \text{ кг/с,}$$

а швидкість руху води у каналі:

$$W_B = \frac{G_B}{f \rho_B} = \frac{0,43}{0,0075 \times 998} = 0,06 \text{ м/с.}$$

За такої швидкості число Рейнольдса:

$$Re = \frac{W_B \times d_{екв}}{\nu_B} = \frac{0,34 \times 0,0536}{1,01 \times 10^{-6}} = 18000,$$

режим руху турбулентний і для розрахунку  $\alpha_2$  можна застосовувати критеріальне рівняння:

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,4} \left( \frac{Pr}{Pr_{ст}} \right)^{0,25} X,$$

де  $X$  – коефіцієнт, що враховує кривизну спіралі;

$$X = 1 + 3,54 \frac{d_{екв}}{D} = 1 + 3,54 \frac{0,0536}{1,8} = 1,105.$$

Взявши число  $Pr_{ст} = 5,93$  при  $t = 27^\circ\text{C}$ , визначаємо критерій Нуссельта:

$$Nu = 0,021 \times 18000^{0,8} \times 7,02^{0,4} \left( \frac{7,02}{5,93} \right)^{0,25} \times 1,105 = 150,8,$$

а потім коефіцієнт  $\alpha_2$ :

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$\alpha_2 = \frac{Nu \times \lambda_{ст}}{d_{екв}} = \frac{150,8 \times 0,599}{0,0536} = 1685 \text{ Вт(м}^2 \times \text{К)}.$$

Після цього визначаємо коефіцієнт теплопередачі  $K_0$ :

$$K_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{10700} + \frac{0,01}{17,5} + \frac{1}{1685}} = 795 \text{ Вт(м}^2 \times \text{К)}$$

З урахуванням забруднення поверхні ( $\varphi_H = 0,9$ ) коефіцієнт теплопередачі:

$$K = K_0 \varphi_H = 795 \times 0,9 = 715 \text{ Вт(м}^2 \times \text{К)}.$$

Поверхні охолодження:

$$F = \frac{Q}{K \Delta t_{ср}} = \frac{107 \times 10^3}{715 \times 65,5} = 2,29 \text{ м}^2$$

і розмістити на висоті:

$$H = \frac{F}{\pi D} = \frac{2,29}{3,14 \times 1,8} = 0,5 \text{ м,}$$

тобто на бічній поверхні апарата в його робочій зоні [21].

## 2.5 Підбір основного технологічного обладнання

### *Касетний мембранний фільтр*

Фільтри повітряні касетні містять змінний блок і використовуються для грубого очищення повітря. Касета фільтра вловлює великі фракції пилу, запобігаючи проникненню забруднювачів у теплообмінники.

Свою назву касетний фільтр отримав завдяки своєму формату. У системі фільтрації може бути кілька касет панельного фільтра. Їх кількість визначається витратою повітря, що очищається. Касетний фільтр може спричиняти досить великі втрати тиску. Для того, щоб уникнути цього,

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідно збільшити пропускну здатність секції фільтрації шляхом збільшення кількості касет.

Касетні фільтри панельного типу призначені для встановлення:

- у промислових і побутових системах кондиціонування повітря;
- у вентиляційних агрегатах усіх типів;
- для попередньої фільтрації повітряних потоків і перед фільтрами тонкого очищення.

Фільтри повітряні касетні типу застосовуються в системах вентиляції житлових приміщень, громадських приміщень, виробничих приміщень [18].



Рисунок 2.4 Касетний мембранний фільтр

### *Хімічний реактор*

Хімічні реактори з нержавіючої сталі – обладнання для проведення хімічних реакцій. Мета роботи реактора - вироблення кінцевого продукту з вихідних компонентів за дотримання вимог максимальної ефективності процесу.

Хімічні реактори з нержавіючої сталі ідеально підходять для фармацевтичної промисловості, оскільки їх конструктивні особливості гарантують максимальну чистоту поверхні та забезпечують необхідний потік тепла та речовини. Також ці реактори застосовуються в харчовій, парфумерно-косметичній, хімічній та лакофарбовій промисловості.

Робота з реакторами з нержавіючої сталі є безпечною, тому що унеможлиблює механічне пошкодження судини, на відміну від скляних

реакторів, що є важливим фактором при роботі з агресивними та вибухонебезпечними середовищами. Механічна міцність забезпечить тривалий термін служби обладнання.



Рисунок 2.5 Реактор

*Принцип роботи* реактор полягає в тому, що реакції розчинника може бути перемішують внутрішній шар, і проміжний шар може нагріватися або з повітряним охолодженням по різних холодних і джерел тепла (заморожування рідини, гарячої води або гарячого масла) для циклу нагріву або охолодження реакції. Матеріали у реакторі нагріваються або охолоджуються шляхом ін'єкцій постійної температури (високої температури або низької температури) гарячих розчинів або охолоджуючих середовищ. У той же час, реакцію перемішування можна проводити під нормальним тиском або від'ємним тиском відповідно до вимог використання. Після реакції матеріал може бути випущений з виходу нижній частині реактора [19].

Таблиця 2.8

#### Технічна характеристика РЗР-500

Характеристика	Значення
1	2
Тип підігріву	Електричний
Потужність	Від 4 кВт

Потужність електродвигуна	3 кВт
Максимальна температура підігріву вихідних компонентів	90 – 95 °С
Тиск у реакторі	2 атм
Вивантаження продукції	Через нижній вентиль
Матеріал стінки реактору	Титан
Матеріал рубашки	Сталь
Температура замерзання теплоносія	–30 °С

### Фільтр

Даний фільтр призначені для очищення промислових газів від твердих частинок, що утворюються під час технологічного процесу. Використовують для очищення викидів при виробництві, де в викидах присутні частинки, що легко з'єднуються з вологою повітря.

До переваг відносять високу ступінь очищення (99%), можливість вловлювання частинок різних розмірів, стабільну роботу при будь-якій ступені запиленості повітря і температурі, можливість повної автоматизації процесу.

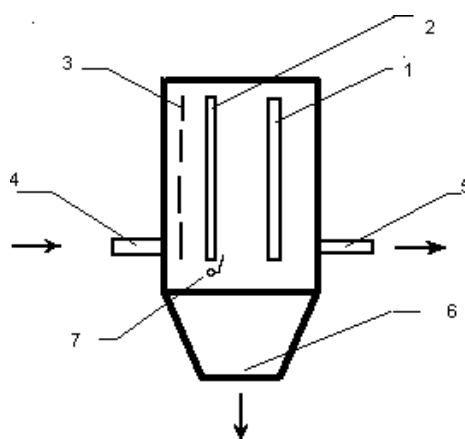


Рисунок 2.6 Схема фільтру

1 – коронуєчий електрод; 2 – осаджувальний електрод; 3 – газорозподільна решітка; 4 – вхідний патрубок; 5 – вихідний патрубок; 6 – бункер видалення пилу (шламу); 7 – механізм струшування пилу.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

### *Вакуум-випарна установка*

Це герметична циліндрична ємність з нержавіючої харчової сталі, оснащена тепловою сорочкою з теплоносієм. Розрідження в вакуум випарній установці створюється за допомогою вакуум – насоса.

Мета випарювання полягає в концентруванні нелетких сухих речовин, що містяться у розчині, шляхом видалення з нього частини води шляхом випарування. Під час процесу випарювання співвідношення між окремими компонентами розчину залишається незмінним. Основним рушійним фактором випарювання є різниця в температурі між теплоносієм (парою), що нагріває, і кипінням продукту.

Переваги випарювання у вакуум-апаратах порівняно з випарюванням при атмосферному тиску можуть бути такі:

- Випарювання у вакуумі дозволяє випаровувати рідини при температурі нижчій, ніж їх температура кипіння при атмосферному тиску. Наприклад, рідина, яка зазвичай кипить при 100°C, може бути випарована при температурі близько 60°C у вакуумі. Це дозволяє уникнути фізико-хімічних змін і втрати біологічної цінності продукту.
- Використання вакуума допомагає зменшити втрати тепла в навколишнє середовище, що, в свою чергу, зменшує споживання гріючої пари.
- Можливість використання вторинної пари в процесі випарювання сприяє економії тепла і зменшенню витрат гострої пари.

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

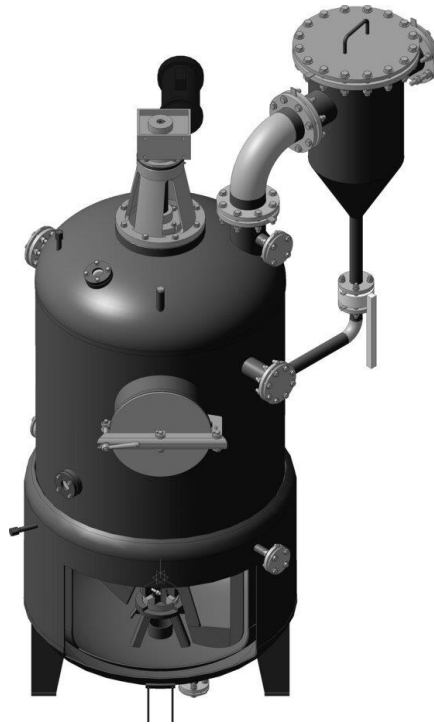


Рисунок 2.7 Вакуумна-випарна установка

Таблиця 2.9

**Технічна характеристика установки**

Характеристика	Значення
1	2
Продуктивність по випареній волозі	300 кг/год
Продуктивність по випареному продукту	120 кг/год
Температура при випарюванні	60 °С

*Допоміжне обладнання:* повітродувка, відцентровий насос та бак-сховище.

*Повітродувка*

Принцип роботи: робоче колесо з лопатями вмонтоване в корпусі повітродувки і розміщується на одному валу електродвигуна. Повітря надходить через вхідний колектор, потрапляючи на лопатки крильчатки, які, в свою чергу, направляють його назовні та прискорюють потік. Оскільки повітря перетікає від кожної лопатки до іншої, швидкість його потоку постійно збільшується. В подальшому, повітря потрапляє до бокового каналу, де потік гальмується, як наслідок, тиск повітря збільшується.

Застосування: повітродувки FPZ застосовуються у різноманітних галузях промисловості: у харчовій та фармацевтиці, у виробництві текстилю і пневмотранспорті, в медицині і на очисних спорудах. Скрізь, де необхідні ефективність та надійність, FPZ відповідає визначенню - «рішення».



Рисунок 2.8 Повітродувка FPZ

Таблиця 2.10

**Технічні характеристики повітродувки типу K04 TD**

Характеристика	Значення
1	2
Продуктивність, м <sup>3</sup> /год	140
Надлишковий тиск, мбар	40
Потужність, кВт	2,2
Рівень шуму, А	7

*Відцентровий насос*

Відцентровий насос – гідравлічний, динамічний механізм, що являє собою конструкцію, яка складається з корпусу, робочими колесами з лопатями.

У харчових виробництвах для перекачування різних суспензій і сумішей рідин з твердими частинками часто застосовують робочі колеса напіввідкритого і відкритого типів. Робоче колесо напіввідкритого типу не має переднього диска, який покриває лопаті. Його роль виконує спеціально підігнана кришка корпусу насоса. Якщо немає обох дисків, то робоче колесо називають відкритим. Тут лопаті консольно виступають із втулки робочого колеса.

У практиці харчових виробництв частіше застосовують насоси з робочими колесами, що мають 6-8 лопатей. Однак є також насоси для перекачування фекальних рідин, жому, дробини, картоплі, буряково-водяної суміші тощо, робочі колеса яких мають тільки по дві лопаті. Відомості про типи (марки) відцентрових насосів, їхні конструкції та умови застосування наведено в довідниках-каталогах, спеціальній літературі, паспортах насосів, що поставляються заводами-виготовлювачами.

Принцип роботи відцентрового насосу відповідає його назві. Коли рідина заповнює корпус помпи, колесо-крильчатка починає обертатись через всмоктуючий патрубок, створюючи силу, яка відштовхує рідину від центру колеса до периферії. Це спричиняє формування зони підвищеного тиску, яка притискає рідину до напірної труби. В той же час, у центральній зоні тиск знижується, що дозволяє новій порції рідини потрапити з всмоктуючої труби. Такий принцип дії насоса забезпечує постійний потік рідини, яка транспортується [21].

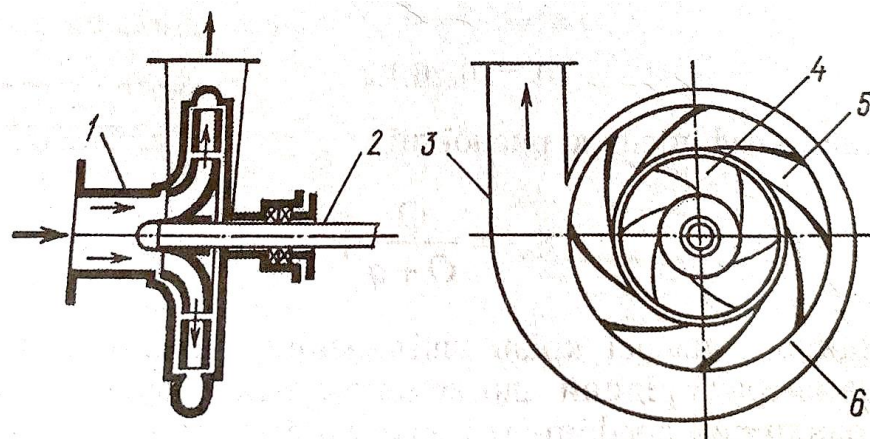


Рисунок 2.9 Відцентровий насос

- 1 – всмоктувальний патрубок; 2 – вал; 3 – нагнітальний патрубок;  
4 – робоче колесо; 5 – напрямний апарат; 6 – корпус

#### *Бак-сховище*

У деяких галузях промисловості, таких як хімічна та харчова, використовуються спеціальні промислові контейнери і резервуари, які призначені для зберігання сировинних матеріалів і готової продукції. Кожному промислового сектору відповідає свій тип резервуарів:

- в газовому і нафтовому використовують відстійники, ємності, що розміщуються під землею, резервуари вертикальної або горизонтальної конструкції;
- в сільськогосподарській галузі застосовують бункери із сталі, повітрозбірники, баки, призначені для гарячої води;
- харчова промисловість використовує окремі види промислових резервуарів у залежності від специфіки галузі.

Промислові резервуари можуть бути горизонтальними, вертикальними, підземними. Горизонтальні місткості підходять для зберігання неагресивних рідин, використовуваних хімічною галуззю, а також нафтопродуктів під певним тиском. Деякі резервуари призначені для експлуатації під вакуумом. У таких місткостях зберігають олії, спирти і нафтопродукти, технічні рідини. У вертикальних місткостях зберігають нафтопродукти, хімічні речовини, харчові продукти.



Рисунок 2.10 Бак-сховище

## 2.6 Розрахунок реактору

Лопатеві мішалки доцільно застосовувати для перемішування з метою суспендування, розчинення і під час проведення хімічних реакцій.

*Основні переваги лопатевих мішалок* – простота облаштування і низька вартість. Їх застосовують для рідких середовищ із в'язкістю  $\leq 0,5$  Пас за швидкості обертання 1,5–5,0 м/с (60–200 об./хв) і 0,5–3,0 Пас відповідно 1,5–

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

3,0 м/с (60–120 об./хв). Діаметр і висоту лопатей для цих мішалок беруть із співвідношень  $D/d_M = 1,4 - 1,7$ ;  $h/d_M = 0,1 - 0,2$ .

*Умови роботи:* перемішування взаємнорозчинних рідин, зважування твердих і волокнистих часток, змучування легких осадів, повільне розчинення кристалічних і волокнистих речовин.

### **Вихідні дані:**

Робочий об'єм середовища:  $V_p = 0,2 \text{ м}^3$ ;

Кількість лопатей в мішалці:  $z = 2$ ;

Частота обертання:  $n = 60 \text{ об./хв} = 1 \text{ с}^{-1}$ ;

Густина середовища  $\rho = 1,22 \text{ г/см}^3 = 1220 \text{ кг/см}^3$ ;

Температура в апараті:  $60^\circ\text{C}$ .

### **Конструктивний розрахунок**

1. Робочий об'єм середовища розраховуємо:

$$V_p = 0,200 \text{ м}^3$$

2. Повний об'єм апарату розраховуємо (коефіцієнт заповнення приймаємо за 0,7):

$$V_{\Pi} = \frac{V_p}{K_z} = \frac{0,2}{0,7} = 0,285 \text{ м}^3$$

3. Номінальне значення об'єму нашого апарату =  $0,285 \text{ м}^3$ . Дійсний коефіцієнт заповнення розраховується:

$$K_z = \frac{V_p}{V_{\Pi}} = \frac{0,2}{0,285} = 0,701$$

4. За об'ємом апарату вибираємо його внутрішній діаметр:  $D = 700 \text{ мм}$ .

5. Об'єм циліндричної частини днища розраховується:

$$V_{\text{ц}} = V_p - V_{\text{дн}} = 0,2 - 0,08 = 0,12 \text{ м}^3$$

6. Висота циліндричної частини розраховуємо:

$$H_{\text{ц}} = \frac{4V_{\text{ц}}}{\pi D^2} = \frac{4 \times 0,12}{\pi \times 0,700^2} = 0,311 \text{ м}$$

За розрахунковими даними  $H_{\text{ц}} = 0,311 \text{ м}$ , але приймаємо відповідно до конструктивних параметрів  $H_{\text{ц}} = 1000 \text{ мм}$ .

7. Діаметр робочого органу:

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$d/D = 0,7$$

$$d = 700 \times 0,7 = 490 \text{ мм} = 0,490 \text{ м}$$

8. Висота лопаті:

$$h/d = 0,2$$

$$h = 490 \times 0,2 = 98 \text{ мм} = 0,098 \text{ м}$$

9. Висота елемента лопаті:

$$h_1/d = 0,3$$

$$h_1 = 490 \times 0,3 = 147 \text{ мм} = 0,147 \text{ м}$$

10. Ширина перегородок:

$$b/d = 0,008$$

$$b = 490 \times 0,008 = 392 \text{ мм} = 0,392 \text{ м}$$

11. Кутова швидкість обертання робочого органу:  $\omega = 3 \text{ М/с}$

12. Висота рівня рідини:

$$H_p = \frac{2(V_p - V_{ц})}{\pi D} + h_1 + h_b = \frac{2 \times (0,200 - 0,12)}{\pi \times 0,700} + 0,147 + 0,04 = 0,259 \text{ м}$$

13. Загальна висота мішалки:

$$H = \frac{H_p}{\varphi} = \frac{0,259}{0,7} = 0,37 \text{ м}$$

### Енергетичний розрахунок

1. Частота обертів мішалки приймаємо за  $n = 60 \text{ об/хв}$ .

2. Коефіцієнт, що відображає ступінь заповнення ємності рідиною під час перемішування:

$$k_1 = \frac{H_p}{D} = \frac{0,259}{0,700} = 0,37$$

3. Коефіцієнт, який відображає збільшення потужності під час пуску або зростання опору середовища у процесі перемішування визначаємо за  $k_2 = 1$ .

4. Коефіцієнт корисної дії приводу приймаємо за  $\eta = 0,85$ .

5. Критерій Рейнольдса:

$$Re_b = \frac{n \times d^2 \times \rho}{\mu} = \frac{1 \times 0,490^2 \times 1220}{3} = 97$$

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Для лопатевої мішалки критеріальне рівняння становить (для мішалок з двома лопатями  $C=12$ ):

$$KN = C \times Re_b^{0,86} \times \frac{h}{d} = 12 \times 97^{0,86} \times \frac{0,98}{0,49} = 1226,97$$

7. Потужність, що витрачається на перемішування:

$$N = K_N \times \mu \times n^2 \times d^3 = 1226,97 \times 3 \times 1^2 \times 0,49^3 = 433,05 \text{ Вт} = 0,43 \text{ кВт}$$

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

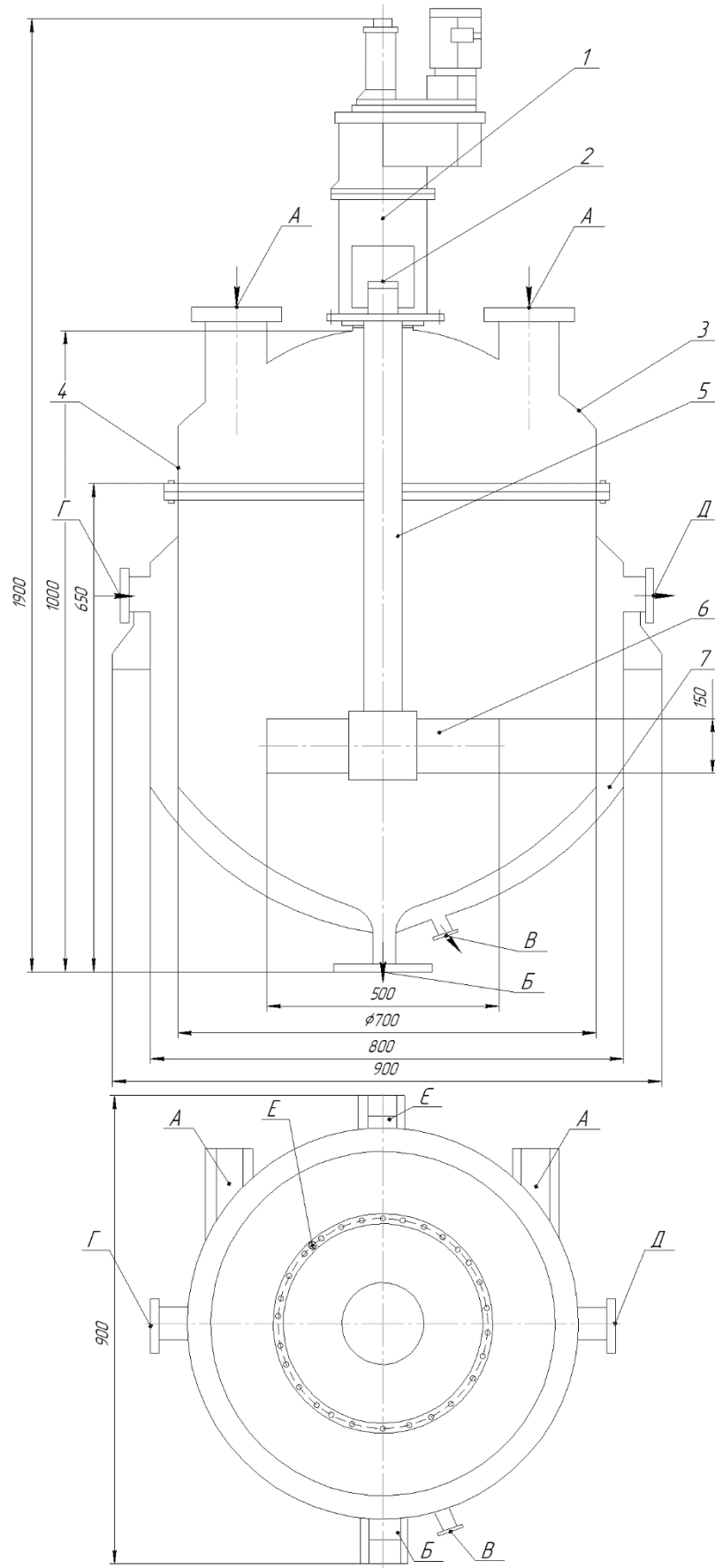


Рисунок 2.11 Загальний вигляд реактору з лопатевою мішалкою

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Арк.

44

## 2.7 Апаратурно-технологічна схема отримання мурашиної кислоти

За принциповою технологічною схемою визначаються наступні основні операції та процеси:

- очищення чадного газу
- підготовка сировини;
- фільтрування 1;
- синтез;
- фільтрування 2;
- концентрування;
- зберігання.

На *рисунку 2.12* представлено апаратурно-технологічну схему виробництва мурашиної кислоти.

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

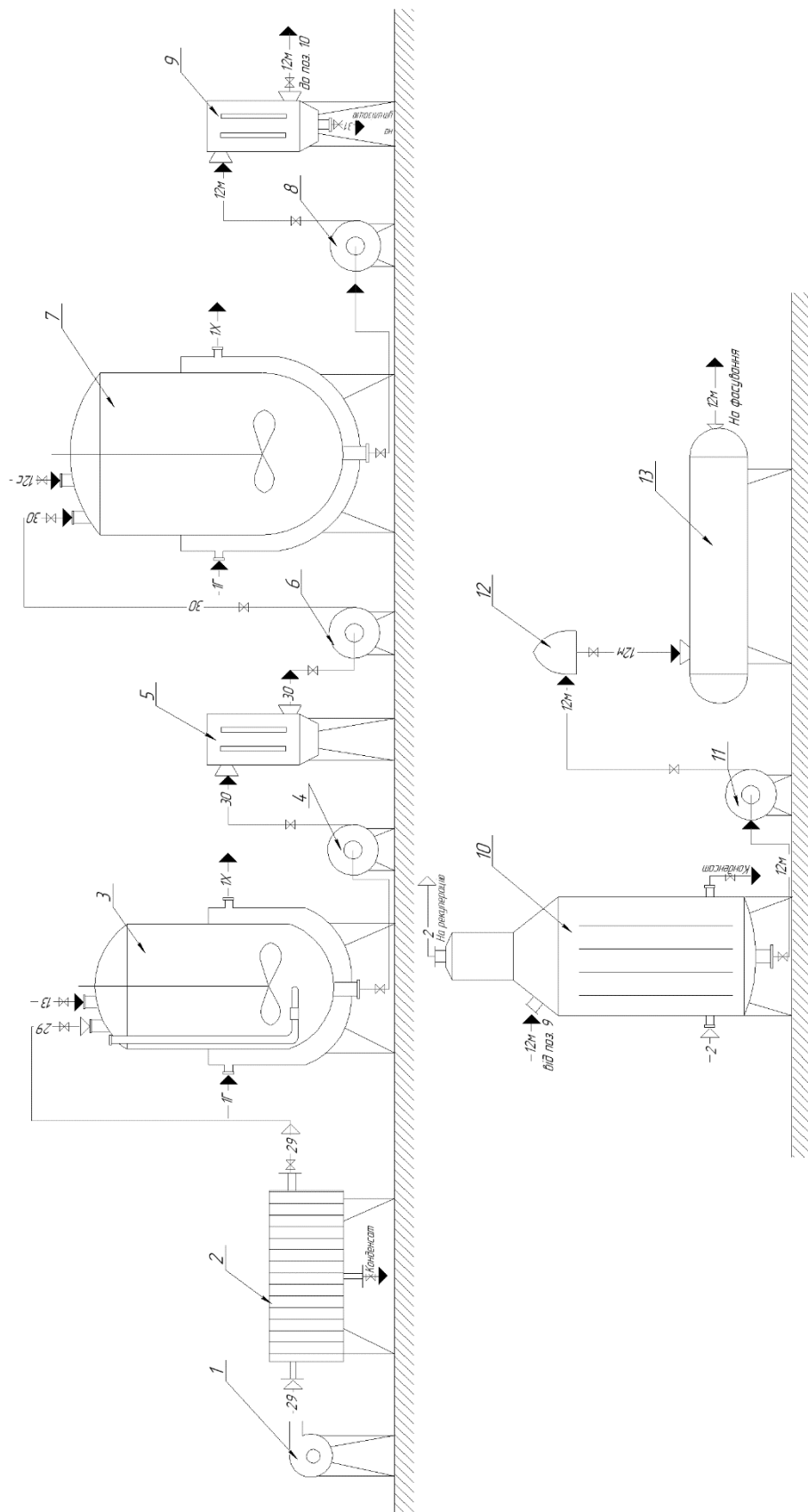


Рисунок 2.12 Апаратурно-технологічна схема виробництва мурашиної

КІСЛОТИ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Арк.  
46

Форміат натрію проходить підготовку перед основними стадіями. Реагентами для цього служать чадний газ та натрій гідроксид. Перед основною реакцією для отримання форміату натрію, є очищення чадного газу. Даний процес відбується за допомогою повітродувки **1**, яка подає CO у касетний мембранний фільтр **2**.

Далі очищений чадний газ подається у реактор **3**, де відбується взаємодія натрій гідроксиду та чадного газу для отримання форміату натрію, тривалість процесу 1 годину. Далі форміат натрію подається у фільтр **5** для очищення від ймовірних домішків.

Очищений форміат натрію подається за допомогою відцентрового насосу **4** у реактор **7**, де взаємодіє з сульфатною кислотою. Далі мурашина кислота, що утворилася, відганяється за допомогою відцентрового насосу **6** в фільтр-апарат **9**, де проходить очищення від домішків, а саме сульфату натрію йде на утилізацію, а очищена мурашина кислота проходить насадку і подається у вакуумно-випарний апарат **10**, тривалість даного процесу 30 хвилин при температурі 40°C.

Згодом сконденсована 80-90% мурашина кислота стікає в приймачі **12**, з яких потім збирається в баки-сховища **13**.

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### РОЗДІЛ ІІІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Визначення доцільності виробництва мурашиної кислоти здійснюється шляхом проведення розрахунку собівартості виробництва.

Таблиця 3.1

#### Потреба в сировині для виробництва мурашиної кислоти

Сировина та матеріали	Одиниця виміру	Норми витрат, кг	Ціна одиниці сировини, грн/кг	Сума, грн
Форміат натрію	кг	450	67,0	30150
Сульфатна кислота	кг	550	115,0	63200
<b>Всього</b>	-	-	-	<b>93350</b>

Отже, витрати на 1000 кг сировини для виготовлення мурашинї кислоти становлять 93350 грн.

Транспортно-заготівельні витрати на сировину становлять 5 %:

$$93350 \times 0,05 = 4667,5 \text{ грн}$$

Отже, загальні витрати дорівнюють:

$$93350 + 4667,5 = 98017,5 \text{ грн}$$

Енерговитрати на виробництво мурашиної кислоти масою 1000 кг дорівнюють 1400 кВт. Відповідно до постановою Кабінету Міністрів України ціна за електроенергію в 2021 році становить 1,68 грн. за 1 кВт/год.

Тоді, вартість витрат за витрачену електроенергію на виробництві складають:

$$1400 \times 1,68 = 2352 \text{ грн}$$

					<i>ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.048.КР.ІІЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Мартинюк В.А.			Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Бойчук Т.М.				48	
Реценз .					НУХТ Каф. ТЖХТ		
Н. Контр.		Подобій О.В.					
Затверд.		Носенко Т.Т.					
					<b>ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ</b>		

Фактичний обсяг виробництва розраховується за формулою 3.1:

$$P_{\text{факт}} = P_{\text{доб}} \times K_{\text{вик}} \quad (3.1)$$

де  $K_{\text{вик}}$  – коефіцієнт використання потужності (нормативне значення 0,8).

Фактичний добовий обсяг виробництва мурашиної кислоти складе:

$$P_{\text{факт}} = 1000 \times 0,8 = 800 \text{ кг}$$

Отже, річний обсяг виробництва розраховується за формулою 3.2:

$$O = P_{\text{факт}} \times K_{\text{р.д.}} \quad (3.2)$$

$$O = 800 \times 250 = 200000 \text{ кг}$$

Після чого розраховуємо основну заробітну плату (ЗП) працівників. Як відомо, щодобовий обсяг виробництва готової продукції, а саме мурашиної кислоти, становить 1000 кг. Зміна на виробництві триває протягом 12 годин, враховуючи як робочі, так і святкові вихідні дні, загальна кількість робочих днів складає 250. Враховуючи цілодобову роботу виробництва, робітники працюють у дві зміни, відповідно: I зміна –  $8^{00} - 20^{00}$ , II зміна –  $20^{00} - 8^{00}$ .

Для розрахунку тарифних ставок працівників різних розрядів використовується метод множення ставки працівника I-го розряду на відповідний тарифний коефіцієнт. Відповідно закону про державний бюджет на 2023 рік, мінімальна зарплата становить не менше ніж 6700 грн. Тарифний коефіцієнт для працівників II розряду складає – 1,18; для III – 1,29; для IV – 1,40; для VIII – 1,64.

Заробітна плата для працівника I-го розряду, враховуючи мінімальну заробітну плату, становить:

$$6700 / 160 = 41,87 \text{ грн/год}$$

Заробітна плата для робітника II-го розряду I зміни складе:

$$41,87 \times 1,18 = 49,40 \text{ грн/год}$$

Заробітна плата для робітника III-го розряду I зміни складе:

$$41,87 \times 1,29 = 54,01 \text{ грн/год}$$

Заробітна плата для робітника IV-го розряду I зміни складе:

$$41,87 \times 1,40 = 58,61 \text{ грн/год}$$

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заробітна плата для робітника VIII-го розряду складе:

$$41,87 \times 1,64 = 68,66 \text{ грн/год}$$

Основна заробітна плата працівників, які працюють за погодинною системою оплати праці наведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

**Основна заробітна плата працівників, що працюють за погодинною системою оплати праці**

Посада	Кількість	Розряд	Заробітна плата за годину, грн/год	Робочих годин на добу	Заробітна плата одного працівника, грн/зміна
Інженер-технолог	1	VIII	68,66	12	823,92
Оператор лінії	1	III	54,01	12	648,12
Апаратник	2	IV	58,61	12	703,32
Підсобний робітник	2	I	41,87	12	502,44
<b>Всього</b>	<b>6</b>	-	-	-	<b>2677,8</b>

Отже, основна заробітна плата (ОЗП) робітників за зміну складає 2677,8 грн.

На підприємстві передбачена додаткова заробітна плата, так звана «премія», виплачується як винагорода за роботу понад установлені норми праці та за особливі індивідуальні умови праці. Дана сума становить 30% від ОЗП.

Обов'язковий платіж Єдиний соціальний внесок (ЄСВ) визначаємо, як 22% від ОЗП.

Додаткова заробітна плата та сума ЄСВ наведені в таблиці 3.3.

									Арк.
									50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕОБГРУНТУВАННЯ				

## Додаткова заробітна плата та відрахування до ЄСВ

Показник	Відсоток, %	Сума, грн/зміну
Додаткова заробітна плата	30 %	803,34
Відрахування до ЄСВ	20 %	535,56

Витрати на додаткову заробітну плату становлять 803,34 грн/зміну, а сума відрахувань до ЄСВ – 535,56 грн/зміну.

На обслуговування та утримування виробничого обладнання витрати складають 200 % від основної заробітної плати:

$$2677,8 \times 2 = 5355,6 \text{ грн/зміну}$$

Витрати, що пов'язані з підготовкою та освоєнням виробництва продукції складають 10 % від ОЗП:

$$2677,8 \times 0,1 = 267,78 \text{ грн/зміну}$$

Загальновиробничі витрати будуть становити 250 % від ОЗП:

$$2677,8 \times 2,5 = 6694,5 \text{ грн/зміну}$$

Виробнича собівартість буде становити:

$$5355,6 + 267,78 + 6694,5 = 13656,78 \text{ грн/зміну}$$

Сума адміністративних витрат складає 2,0 % від виробничої собівартості:

$$13656,78 \times 0,02 = 273,13 \text{ грн/зміну}$$

Витрати на збут складають 3,0 % від виробничої собівартості:

$$13656,78 \times 0,03 = 409,70 \text{ грн/зміну}$$

Всі інші операційні витрати складають 1% від виробничої собівартості:

$$13656,78 \times 0,01 = 136,56 \text{ грн/зміну}$$

Отже, повні витрати складають:

$$13656,78 + 273,13 + 409,70 + 136,56 = 14476,17 \text{ грн/зміну}$$

Повні витрати на виробництво за рік будуть становити:

$$14476,17 \times 250 = 3619042,5 \text{ грн}$$

									Арк.
									51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ				

Рентабельність виробництва становить 10%, отже прибуток буде складати:

$$3619042,5 \times 0,1 = 361904,25 \text{ грн}$$

Загальна сума, без урахування ПДВ дорівнює:

$$3619042,5 + 361904,25 = 3980946,75 \text{ грн}$$

ПДВ складає 20%:

$$3980946,75 \times 0,2 = 796189,35 \text{ грн}$$

Загальна сума, з урахуванням ПДВ буде складати:

$$3980946,75 + 796189,35 = 4777136,1 \text{ грн}$$

Розрахуємо вартість 1 кг товарної мурашиної кислоти:

$$\frac{4777136,1}{1000 \times 25} = 191,08 \text{ грн}$$

Отже, можна зробити висновок про доцільність даного способу виробництва мурашиної кислоти, так як ціна відповідає середнім цінам на ринку України.

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

## РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Як відомо, контроль якості продукції являє собою перевірку на відповідність об'єкта до встановлених вимог. Об'єктами контролю є продукція, технологічні процеси і операції, а також устаткування. Таким чином, контроль є необхідною складовою різних технологічних систем і методом забезпечення якості і безпеки продукції.

На підприємстві, технічний контроль виконує роль системи управління якістю, фіксуючи конкретні показники якості. Технічний контроль є механізмом перевірки відповідності виробництва або процесу встановленим техніко-технологічним вимогам щодо якості продукції на всіх етапах її виготовлення, а також враховує виробничі умови та фактори, які впливають на якість продукції.

Основним завданням технічного контролю якості на виробництві є гарантування виробництва продукції високої якості, що відповідає технічним умовам і діючим стандартам.

Контроль якості отриманої мурашиної кислоти здійснюється згідно до вимог стандарту ГОСТ 1706-78.

Як відомо, за органолептичні та фізико-хімічні показники мурашина кислота необхідна відповідати нормам та вимогам, зазначеним у таблиці 4.1 та 4.2 відповідно.

Таблиця 4.1

### Органолептичні показники мурашиної кислоти

Найменування показника	Значення
Зовнішній вигляд	Прозора рідина
Колір	Безбарвна рідина
Запах	Різкий

					<b>ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.053.КР.ПЗ</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розроб.		Мартинюк В.А.			<b>ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ</b>	Літ.	Арк.	Аркушіє
Перевір.		Бойчук Т.М.					53	
Н. Контр.		Подобій О.В.				НУХТ Каф. ТЖХТ		
Затверд.		Носенко Т.Т.						

Зовнішній вигляд визначають візуально у циліндрі діаметром 20 мм під час спостереження у світлі, що проходить, на тлі молочного скла [20].

Таблиця 4.2

### Фізико-хімічні показники мурашиної кислоти

Найменування показника	Значення
Масова частка мурашиної кислоти, %	85
Розчинність у дистильованій воді	Повна, прозорий розчин
Масова частка нелеткого залишку, %	0,005
Масова частка заліза, %	0,0005
Масова частка сульфатів, %	0,0005
Перманганатне число, см <sup>3</sup>	5

#### Примітки

1. Масову частку миш'яку і масову частку важких металів визначають для мурашиної кислоти, призначеній для сільського господарства.

До методів аналізу показників якості мурашиної кислоти, згідно ГОСТ 1706-78 відносять:

#### 1. Відбір проб готового продукту.

Для перевірки відповідності якості мурашиної кислоти, яка транспортується в бочках, каністрах або бутлях, відбирають проби з 10% одиниць продукції, але не менше трьох, якщо партія містить менше 30 одиниць.

Проби з бочок, каністр і бутлів відбирають скляною трубкою діаметром 20-30 мм із відтягнутим кінцем, яка забезпечує відбір проб по всій висоті продукту, що аналізується. Якщо кислота під час транспортування затверділа, то перед відбором проб її розігрівають будь-яким способом, що виключає безпосередній контакт продукту з теплоносієм.

Точкові проби з'єднують разом, загальну пробу ретельно змішують та відбирають середню пробу в об'ємі не менше ніж 1 дм<sup>3</sup>, яку поміщають у чисту суху скляну банку з притертим корком. На банку наклеюють етикетку із

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зазначенням: найменування продукту, номера партії, дати та місця відбору проби.

У випадку отримання недостатніх результатів аналізу, щонайменше за одним показником, проводять повторний аналіз проби. Ця проба знову відібирається з цистерни або зведеної вибірки з тієї ж партії. Результати повторного аналізу застосовуються до всієї партії продукції [20].

## 2. Визначення масової частки мурашиної кислоти

*Апаратура, посуд і реактиви:* ваги лабораторні, стаканчик, колба, циліндр, бюретка місткістю 50 см<sup>3</sup>, NaOH, фенолфталеїн, спиртовий розчин із масовою часткою 1 %, спирт етиловий ректифікований технічний, вода дистильована.

*Проведення аналізу:* близько 2 г препарату зважують у скляночці, що містить 10-15 см<sup>3</sup> води та кількісно переносять у мірну колбу, в яку попередньо налито 50-100 см<sup>3</sup> води. Об'єм розчину ретельно перемішують. 25 см<sup>3</sup> отриманого розчину поміщають у конічну колбу, додають 1-2 краплі розчину фенолфталеїну і титрують розчином гідроокису натрію до появи рожевого забарвлення розчину, стійкого протягом 15 с.

Масову частку мурашиної кислоти (X) у відсотках обчислюють за формулою:

$$X = \frac{V \times 0,004603 \times 250 \times 100}{25 \times m} - 0,76 \times X_y,$$

де V – об'єм розчину NaOH дорівнює 0,1 моль/дм<sup>3</sup>, який витрачено на титрування, см<sup>3</sup>; m – маса наважки препарату, г; 0,004603 – концентрація мурашиної кислоти, що відповідає 1 см<sup>3</sup> розчину NaOH з концентрацією 0,1 моль/дм<sup>3</sup>, г/см<sup>3</sup>; 0,76 – коефіцієнт перерахунку оцтової кислоти на мурашину кислоту; X<sub>y</sub> – масова частка оцтової кислоти.

Після проведення аналізу роблять середнє арифметичне результатів двох паралельних вимірювань. При цьому, припустимі відхилення між цими вимірюваннями не повинні перевищувати 0,25% [20].

## 3. Визначення розчинності в дистильованій воді

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

*Проведення аналізу:* 10 см<sup>3</sup> препарату змішують із 30 см<sup>3</sup> дистильованої води у пробірці діаметром 20 мм і після 1 год порівнюють із рівним об'ємом дистильованої води. Розчин має бути прозорим.

#### *4. Визначення масової частки нелеткого залишку*

*Проведення аналізу:* 100 г препарату поміщають у кварцову або порцелянову чашку, висушену до сталої маси та зважену, випаровують насухо на водяній бані та зважують з тією самою похибкою. Залишок сушать у сушильній шафі за 100-105 °С до постійної маси.

Масову частку нелеткого залишку (X2) у відсотках обчислюють за формулою:

$$X2 = \frac{(m2-m1) \times 100}{m},$$

де m – маса наважки препарату, г; m1 – маса чашки, г; m2 – маса чашки з висушеним залишком, г.

Після проведення аналізу визначають середнє арифметичне результатів двох паралельних вимірювань. При цьому, припустимі відхилення між ними не повинні перевищувати 0,001 %.

#### *5. Визначення масової частки заліза*

*Проведення аналізу:* 10 г препарату поміщають у порцелянову чашку і випаровують його повністю на киплячій водяній бані. Залишок препарату розчиняють у 10 см<sup>3</sup> дистильованої води і переносять у мірну колбу об'ємом 50 см<sup>3</sup>. Саму чашку промивають 10 см<sup>3</sup> води і додають до тієї ж мірної колби. До отриманої суміші додають 1 см<sup>3</sup> розчину соляної кислоти, 2 см<sup>3</sup> розчину сульфосаліцилової кислоти, далі додають 5 см<sup>3</sup> розчину аміаку. Потім розчин доводять до мітки, знову перемішують і через 10 хвилин проводять фотометрію.

Відповідно до вимог стандарту, препарат вважається відповідним, якщо маса заліза не перевищує 0,05 мг для продуктів марок А і Б.

#### *6. Визначення масової частки сульфатів*

*Проведення аналізу:* використовують візуально-нефелометричним методом із 46,0 см<sup>3</sup> розчину, що аналізується. При цьому 2 г препарату

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поміщають у порцелянову чашку, додають 1 см<sup>3</sup> розчину з масовою часткою вуглекислого натрію 1 % та випарюють насухо на водяній бані. Залишок розчиняють у 10 см<sup>3</sup> води, що містять 1 см<sup>3</sup> розчину соляної кислоти. Отриманий розчин вносять у мірний циліндр об'ємом 50 см<sup>3</sup>, після чого доводять об'єм розчину до 35 см<sup>3</sup>, додавши воду, і додають 3 см<sup>3</sup> розчину хлористого барію та ретельно перемішують.

Препарат вважають відповідним вимогам даного стандарту, якщо опалесценція розчину, що аналізується, на темному фоні, яку можна спостерігати через 20 хв, не буде інтенсивнішою за опалесценцію розчину, який готують одночасно з розчином, що аналізується, та який містить у такому самому об'ємі 0,1 мг SO<sub>4</sub>, 1 см<sup>3</sup> 1 %-го розчину вуглекислого натрію, 1 см<sup>3</sup> розчину хлористого барію, 1 см<sup>3</sup> розчину хлористоводневої кислоти та 3 см<sup>3</sup> розчину хлористого барію.

#### 7. Визначення перманганатного числа

*Апаратура, посуд і реактиви:* колба, бюретка місткістю 5 см<sup>3</sup>, калій марганцевокислий, кислота сірчана, вода дистильована.

*Проведення аналізу:* 25 см<sup>3</sup> препарату поміщають в конічну колбу, що містить 50 см<sup>3</sup> р-ну сірчаної кислоти, і ретельно перемішують. Колбу занурюють у водяну баню з температурою 20 °С і вміст колби титрують із мікробюретки р-ном перманганату калію до появи червоно-рожевого забарвлення, яке не зникає протягом 1 хв.

Перманганатне число ( $X_1$ ) марганцевокислого калію з масовою часткою 0,1 % на 100 см<sup>3</sup> препарату визначають за формулою:

$$X_1 = \frac{V_1 \times 1000}{V},$$

де  $V_1$  – об'єм розчину марганцевокислого калію, витрачений на титрування, см<sup>3</sup>;  $V$  – об'єм препарату, см<sup>3</sup>.

На основі проведених аналізів визначають середнє арифметичне результатів двох паралельних вимірювань. При цьому, припустимі відхилення між ними не повинні перевищувати 0,5 см<sup>3</sup> [20].

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ V ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

На сучасному етапі, еколого-економічна наука переживає новий етап розвитку, який пов'язаний з різноманітними глобалізаційними економічними і соціальними процесами, швидким науково-технічним прогресом, зростанням економічної стійкості регіонів, а також підвищеними вимогами до національної безпеки, включаючи екологічну безпеку. Усе це вимагає нестандартних підходів та оцінок, а також пропонує нові рішення з боку науки, особливо щодо забезпечення екологічної безпеки процесів реструктуризації підприємств хімічної промисловості.

Природоохоронна діяльність має на меті збереження якості навколишнього середовища на рівні, який гарантує стабільність біосфери. Вона включає два основних напрямки, спрямовані на підприємства.

Перший напрямок – це очищення від шкідливих викидів. Однак, цей підхід не є повністю ефективним, оскільки не може повністю усунути негативний вплив небезпечних речовин на біосферу. Важливо зазначити, що зменшення забруднення в одній частині навколишнього середовища може призводити до збільшення забруднення в іншому. Наприклад, встановлення фільтрів для очищення вихлопних газів може зменшити рівень забруднення повітря, але при цьому може збільшити забруднення води. Речовини, виловлені з газів і стічних вод, можуть спричинити отруєння значних земельних площ [22].

Застосування очисних споруд може суттєво знизити рівень забруднення навколишнього середовища, але це не розв'яже проблему повністю, оскільки такі споруди також генерують відходи, можливо в меншому обсязі, але з більшою концентрацією шкідливих речовин. Більшість очисних споруд також

					<i>ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.058.КР.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Мартинюк В.А.</i>			<b>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бойчук Т.М.</i>					58	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>				НУХТ Каф. ТЖХТ		
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>						

вимагають значних енергетичних витрат, що може бути шкідливим для довкілля.

Крім того, забруднювачі, на очищення яких витрачаються значні кошти, можуть містити речовини, які могли б бути використані, за винятком деяких незначних випадків.

Для досягнення високих еколого-економічних результатів необхідно поєднати процес очищення шкідливих викидів з процесом утилізації видалених речовин, що дозволить поєднати перший і другий напрямки – *усунути причини забруднення*. Для реалізації цього підходу необхідно створити технології виробництва, які мінімізують відходи або, в майбутньому, повністю їх усувають, дозволяючи комплексно використовувати початкову сировину та ефективно утилізувати шкідливі речовини, які шкодять біосфері.

Однак не для всіх видів виробництва існують техніко-економічні рішення, які дозволяють різко зменшити обсяг відходів і їх утилізацію. Тому в реальних умовах підприємства працюють по двом напрямкам, як зазначено вище [21].

Підприємство має дотримуватись наступних принципів:

- уникати надмірного впливу на природне та соціальне середовище;
- не перешкоджати роботі та функціонуванню сусідніх підприємств, не порушуючи їх технологічні процеси через негативний вплив на природне середовище;
- не завдавати шкоди здоров'ю населення.

Як відомо з міжнародною класифікацією, підприємства хімічної та фармацевтичної промисловості належать до групи екологічно-небезпечних виробництв.

Хімічне виробництво базується на широкому використанні машин, апаратів, технологічних ліній і застосуванні специфічних способів очищення сировини та утилізації відходів виробництва.

					<b>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У виробництві мурашиної кислоти приділяється увага заходам, спрямованим на захист навколишнього середовища від тимчасових впливів технологічного процесу. Ці заходи включають в себе:

- максимальна герметизація технологічного обладнання, арматури, трубопроводів та транспортної тари для запобігання витокам;
- використання закритих контейнерів для зберігання сировини та напівфабрикатів;
- очищення забруднених стічних вод після промивки обладнання та санітарної підготовки приміщень. Води з цеху нейтралізації й очистки промислових стічних вод, без попередньої очистки, не виливаються у каналізацію;
- мінімізація утворення пилу під час експлуатації обладнання;
- направлення твердих горючих відходів на установку для термічного знешкодження шляхом спалення;
- використання місцевих відсмоктувачів (пилососів) у місцях підвищеного утворення пилу, з наступним очищенням повітря за допомогою циклонів.

З метою забезпечення чистоти повітря в приміщеннях, застосовується система вентиляції. Ця система видаляє забруднене або нагріте повітря і замінює його свіжим. Механічна вентиляція, здійснювана за допомогою вентиляторів, забезпечує рух повітря усередині приміщення. Застосовується загально обмінна припливно-витяжна вентиляція, що означає, що повітря замінюється по всьому приміщенню.

Каналізаційна система для відведення промислових стоків повністю закрыта і виготовлена з негорючого матеріалу. Для кожного технологічного об'єкту визначено склади, температуру та кількість стоків, які направляються до каналізаційної системи.

Після очищення вихідних газів від залишків мурашиної кислоти, утворені відходи підлягають процесу утилізації.

					<b>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Форміат натрію, мурашина кислота і їхні контейнери вважаються небезпечними відходами і підлягають відповідному видаленню відповідно до регіональних або міжнародних правил. Виливання їх в каналізацію заборонено.

Мурашина кислота природним шляхом розкладається біотичним процесом, а форміат натрію розкладається шляхом окиснення киснем з швидкістю розкладання 7% протягом 5 днів.

Після утилізації відходів, контейнери можуть бути повторно використані або направлені на переробку.

Усі відходи виробництва повинні бути позначені кодovими номерами або маркуванням і бути розділені на відповідні категорії, що можуть бути оброблені окремими місцевими або національними установами для управління відходами.

Виконання цих заходів сприяє зменшенню впливу технологічного процесу на навколишнє середовище під час виробництва даної кислоти [24].

					<b>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						61
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## РОЗДІЛ VI ОХОРОНА ПРАЦІ

Відповідно до положень статті 153 КЗпП, на всіх підприємствах, в установах і організаціях повинні бути створені безпечні та нешкідливі умови праці. Відповідальність за забезпечення таких умов покладається на власника або орган, уповноважений ним, за винятком випадків, коли працівник і власник або уповноважений ним орган уклали трудовий договір щодо дистанційної роботи [24].

Найважливішим завданням охорони праці є забезпечення умов праці, що виключають можливість впливу різних небезпечних виробничих факторів.

Безпека виробничих процесів забезпечується низкою організаційних і проектних рішень. До них відносяться організація трудових операцій, технологічних процесів і процедур технічного обслуговування та контролю обладнання та також інструктажі, навчання працівників та технічні засоби захисту.

Технічні засоби захисту повинні забезпечувати безпеку працівників від початку роботи до її завершення. Вони не повинні втрачати свою функцію перед впливом небезпечних або шкідливих виробничих факторів.

Також не слід забувати про трудові відносини, регулювання, яких має значуще значення в економічній сфері, зокрема в контексті розглянутих питань, оскільки продуктивність та прибутковість підприємницької діяльності залежать від робочого часу.

Крім того, розгляд цієї проблематики сприятиме ефективному захисту прав людини, реалізації її здатності самостійно користуватися власними працездатними здібностями та свободою, забезпечуючи право на працю.

У науковому аспекті трудового права, робочий час визначається як період, протягом якого працівник зобов'язаний працювати згідно з трудовим

					<i>ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.062.КР.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Мартинюк В.А.</i>			<b>ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бойчук Т.М.</i>					62	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>				НУХТ Каф. ТЖХТ		
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>						

договором та законодавством.

Відповідно до статті 158 КЗпП власник робочих місць або уповноважені ними органи зобов'язані вживати заходи щодо полегшення і поліпшення умов праці працівників на основі впровадження передової технології, досягнень науки і техніки, засобів механізації та автоматизації виробництва, ергономічних вимог, зменшення та ліквідації запиленості і загазованості виробничих приміщень, зниження рівня шуму, вібрації та інтенсивності випромінювань.

Професійні отруєння та професійні захворювання виникають, коли вміст токсичних речовин у повітрі перевищує певні концентрації. Гранично допустима концентрація (ГДК) токсичних речовин у повітрі робочої зони - це концентрація, яка не викликає захворювання або відхилень у стані здоров'я, що можуть бути визначені сучасними методами дослідження, при роботі не менше 8 годин на день і 41 години на тиждень протягом періоду практичного стажу. Концентрація, яка не викликає відхилень у стані здоров'я, що може бути визначена сучасними методами досліджень.

ГДК для мурашиної кислоти становить 1 мг/м<sup>3</sup>. Рівень забруднення повітря на робочому місці контролюється газоаналізаторами.

### **Права працівників під час роботи**

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, а також стан засобів колективного та індивідуального захисту, які використовуються працівником, повинні відповідати вимогам дійсного законодавства.

Згідно з правилами, працівник має право відмовитися виконувати доручену роботу, якщо виникла виробнича ситуація, яка створює загрозу для його життя, здоров'я або безпеки людей, які його оточують, або для виробничого середовища чи довкілля.

В такому випадку, працівник зобов'язаний негайно повідомити про це свого безпосереднього керівника або роботодавця. Якщо потрібно, факт існування такої ситуації підтверджується спеціалістами з охорони праці на підприємстві, за участю представника профспілки, якщо вона присутня, або

					<b>ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

уповноваженої особи з питань охорони праці (якщо професійна спілка відсутня), а також страховим експертом з охорони праці.

**Право працівників на пільги і компенсації за важкі та шкідливі умови праці**

Працівники, які працюють в умовах, що відносяться до важких та шкідливих, мають право на безоплатне лікувально-профілактичне харчування, постачання молока або еквівалентних харчових продуктів, газованої солоної води. Вони також можуть користуватися оплачуваними перервами для санітарно-оздоровчих процедур, скороченням робочого часу, додатковою оплачуваною відпусткою, пільговою пенсією, підвищеною оплатою праці та іншими компенсаціями та пільгами, які передбачені законодавством.

Роботодавець може додатково встановлювати пільги та компенсації для працівників за свій рахунок в рамках колективного договору (угоди, трудового договору), які не передбачені законодавством.

Протягом терміну дії трудового договору роботодавець повинен письмово інформувати працівника про зміни виробничих умов, а також зміни у розмірах пільг і компенсацій, з урахуванням тих, які надаються додатково відповідно до Закону "Про охорону праці" (стаття 7), не пізніше як за два місяці до введення таких змін [23].

**Вимоги до виробничих приміщень:**

- Відповідно до ДСТУ 2293-93 виробниче приміщення - це замкнутий простір у спеціально призначених будівлях і спорудах, де люди постійно (по змінах) або періодично (протягом робочого дня) займаються трудовою діяльністю.

- Виробничі приміщення повинні відповідати санітарно-гігієнічним вимогам. Наприклад, об'єм виробничого приміщення на одного працівника повинен бути не менше 15 м<sup>3</sup>, площа - 4,5 м<sup>2</sup>, а висота - 3 метри.

- У випадках, коли концентрація шкідливих речовин у виробничому повітрі перевищує гранично допустимі значення і не відповідає санітарним нормам, його потрібно очищати за допомогою спеціального обладнання.

					<b>ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Викид відчищеного повітря в атмосферу має здійснюватися на висоті не менше 1,5 метра над рівнем даху виробничих будівель.

- Усередині виробничих приміщень має бути створено такий мікроклімат, який забезпечує відчуття теплового комфорту та сприяє досягненню високого рівня працездатності.

**Вимоги до технологічного обладнання:**

Кожному шматку технічного обладнання, що використовується на підприємствах, необхідно мати певну документацію, яка включає:

- Паспорт (виданий виробником підприємства);
- Сертифікат безпеки (результати експертизи, які підтверджують відповідність певним стандартам безпеки);
- Інструкцію з експлуатації.

Служба охорони праці на підприємстві має забезпечити створення карток небезпеки для всього обладнання та виробничих блоків відповідно до "Методичних рекомендацій щодо процедури розробки, узгодження, затвердження та впровадження Планів Ліквідації Аварійних Ситуацій на підприємствах, які виробляють лікарські засоби".

У картці небезпеки зазначається наступна інформація:

- Найменування обладнання;
- Тип обладнання;
- Номер позиції обладнання на технологічній схемі регламенту;
- Призначення обладнання;
- Ознаки, що дозволяють розпізнати аварійну ситуацію на виробництві;
- Сценарій можливої аварійної ситуації та план її ліквідації.

Обладнання не повинно створювати небезпеку через вплив вологого повітря, сонячної радіації, механічної вібрації, високого та низького тиску, температурних коливань, агресивних речовин та мікроорганізмів.

Небезпеки можуть спричинити травми під час експлуатації обладнання. Наприклад, у промисловості широко використовується обладнання, що

					<b>ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

працює при високих температурах (сушарки, випарники) та обладнання, що обертається з великою швидкістю (сепаратори, центрифуги) [26].

Також не слід забувати і про заходи безпеки відповідно до працівників. Основні профілактичні заходи з охорони праці, спрямовані на запобігання ураженням під час роботи з мурашиною кислотою:

- Застосовувати вентиляції та місцевої витяжки для ефективного видалення шкідливих речовин та газів з робочої зони.
- Використання захисного одягу та рукавичок для запобігання контакту мурашиної кислоти з шкірою. Це допомагає знизити ризик виникнення хімічних опіків та подразнень.
- Використання спеціальних засобів для захисту очей та органів дихання, таких як захисні окуляри та респіратори. Це забезпечує надійний захист від пилу, парів та розпилення мурашиної кислоти.

					<b>ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

1. Після проведеного огляду науково-технічної літератури визначено, що мурашина кислота використовується в багатьох галузях промисловості завдяки своїм властивостям.
2. Для отримання мурашиної кислоти було обрано та удосконалено спосіб отримання кислоти із формиату натрію та сульфатної кислоти.
3. Розроблено принципову технологічну схему виробництва метанової кислоти.
4. Виконано розрахунок матеріального та теплового балансу виробництва мурашиної кислоти з продуктивністю 1000 кг/год, з якого вихід 80%- го розчину мурашиної кислоти.
5. Проведено підбір основного та допоміжного обладнання. Наведено конструктивний розрахунок реактору з лопатевою мішалкою.
6. Розроблено апаратурно-технологічну схему виробництва мурашиної кислоти.
7. Розраховано ряд техніко-економічних показників виробництва. Ціна за 1 кг мурашиної кислоти складає 191,08 грн, що відповідає риночним цінам.
8. Наведено показники контролю якості та безпеки отриманої продукції.
9. Наведено відомості про заходи з охорони праці на виробництві та характеристики екологічної безпеки для даної кислоти.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.067.КР.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Мартинюк В.А.</i>			<b>ВИСНОВКИ</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бойчук Т.М.</i>					67	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>				НУХТ Каф. ТЖХТ		
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>						

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Артеменко А.І. Дивовижний світ органічної хімії: Наука та освіта, 2005. 198с.
2. Тіхонова Н.О. Роль харчових добавок і їх роль сприйняття споживачами. 2011. С 8.
3. Гуменюк О.Л. Харчові добавки: методичні вказівки до практичних робіт для студентів спеціальності 181 "Харчові технології"– Чернігів: ЧНТУ, 2019. 85 с.
4. Технічний аналіз харчових добавок та косметичних продуктів: підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», освітньо-професійної програми «Хімічні технології косметичних засобів та харчових добавок» / В. І. Воробйова та ін.; Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 345 с.
5. Способи збільшення терміну придатності в м'ясній продукції/ Семенова А.А. та ін. 2017. С6.
6. Староста В.І. Мурашина кислота. 2005. №7. С. 77-80.
7. Харчова хімія.: конспект лекцій для студентів напрямів підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія», 6.051301. «Хімічна технологія» денної та заочної форм навчання / С.І. Шульга, та ін. – Київ. 2015. 186 с.
8. Загальна хімічна технологія. Курс лекцій для студентів напряму хімічна технологія / Уклад. О. Г. Макаренко. К. : НУХТ, 2013. 232 с.
9. Шастак Є.І. Мурашина кислота – королева органічних кислот. 2018. С4.
10. Ластухін Ю.О. Харчові добавки. Е-коди. Будова. Одержання. Властивості. Навч. посібник. Львів : Центр Європи, 2009. 836 с.
11. Martin Grasemanna Gabor Laurency. Formic acid as a hydrogen source – recent developments and future trends. 2012. P 198-200.
12. Information om håndtering af koncentreret myresyre. 2006. P 1-8.

					<i>ННІХТ.ХТ-4-13.023.161.068.КР.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Мартинюк В.А.</i>			<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Бойчук Т.М.</i>					68	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>			НУХТ Каф. ТЖХТ			
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>						

13. Корозії в хімічних виробництвах і способи захисту: навч. посібник/ І.Я. Клинов. 2000. 250с.
14. Подобій О.В. Хімія та технологія харчових добавок [Електронний ресурс]: конспект лекцій для здобувачів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» освітньо-професійної програми «Хімічна технологія», денної та заочної форм навчання / О.В.Подобій. К.: НУХТ, 2019. 131с. [Електронний ресурс, 101.33 – 22.03.2019].
15. Виробництво сульфатної кислоти контактним методом: навч. посібник/ А.Г. Рудницький та ін.; Дніпропетровськ.;, 2013. 22 с.
16. Пулатов Г.М., Юсупов Ф.М., Бектурдієв Г.М. Властивості сульфата натрію отриманого із відходів виробництва. 2021. С5.
17. Методичні рекомендації до складання матеріального та енергетичного балансу в хімічній технології для студентів напряму підготовки Хімічна технологія [Електронний ресурс] / Уклад. : О. Г. Макаренко, І. В. Житнецький. К. : НУХТ, 2015. 21 с.
18. Касетний фільтр. Вент-фільтр. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ventfilter.kiev.ua/ru/goods/kassetniy-filtr-dlya-ventilyatsii-klass-filtratsii-f5-4734854/> (дата звернення 29.05.2023).
19. Реатор та вакуумно-випарна уставнока. Промвіт. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://promvit.com.ua/>
20. ГОСТ 1706-78. Технологічні умови. Мурашина кислота технічна.
21. Малежик І.Ф. Процеси і апарати харчових виробництв: курсове проектування : навч. посіб. Київ: НУХТ, 2012. 543 с.
22. Джигирей, В. С., Сторожук В. М., Яцюк Р.А., Основи екології та, охорона навколишнього природного середовища (Екологія та охорона природи): 2000. 272 с.
23. Проценко О., Нормативи і тривалість процесу. *Трудове право*. 2019. С 6.

					<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

24. Мамчук І.В. Теоретичні засади формування економічного механізму забезпечення екологічної безпеки процесів реструктуризації підприємств хімічної промисловості регіону. *Агросвіт* № 22. 2011. С 6.

25. Кобилянська І.М., Кобилянський О.В., Яблочников С.Л. Екологія: навч. посібник. Вінниця, 2008. 99 с.

26. Джигирей В. С., Сторожук. В. М., Яцюк Р. А. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища (Екологія та охорона природи). Львів, Афіша. 2000. 272 с.

27. «Про охорону праці» : ЗАКОН УКРАЇНИ від 14.10.1992 р. № 49 : станом на 21 листопада 2002 р: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pu.org.ua/2%20%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE%20%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%20%D0%BE%D1%85%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%83%20%D0%BF%D1%80%D0%B0%D1%86%D1%96.pdf> (дата звернення 10.06.2023).

28. 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.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	70