

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

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

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

«___» лютого 2024 р.

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

«___» лютого 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

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

Виконала: здобувачка V курсу, групи ЗХТ-5-1

_____ СІНКЕВИЧ Яна Іванівна _____
(ПРІЗВИЩЕ, Ім'я, По батькові повністю) (підпис)

Керівник РОМАНОВА Олеся Олександрівна _____
(ПРІЗВИЩЕ, Ім'я та По батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ПРІЗВИЩЕ Ім'я) (підпис)

_____ (підпис)

_____ (підпис)

Рецензент КОВАЛЬОВА Світлана _____
(ПРІЗВИЩЕ Ім'я) (підпис)

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

Здобувачка _____
(підпис)

Київ 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра технології жирів, хімічних технологій харчових добавок та косметичних засобів

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Хімічна технологія

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГЖХТ

Тамара НОСЕНКО

“___” лютого 2024 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧКИ

Сінкевич Яна Іванівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологія отримання мурашиної кислоти

керівник роботи Романова Олеся Олександрівна, доцент, к.т.н.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “30” листопада 2023 року № 901-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи 500 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. Принципово-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

7. Дата видачі завдання 31 жовтня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП	01.11.2023	
2	РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	03.11.2023-09.11.2023	
3	РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	10.11.2023-17.11.2023	
4	РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	18.11.2023-29.11.2023	
5	РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	30.11.2023-07.12.2023	
6	РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	08.12.2023-15.12.2023	
7	РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ	16.12.2023-29.12.2023	
8	ВИСНОВКИ	30.12.2023-05.01.2024	
9	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	03.11.2023-07.01.2024	
10	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. ПРИНЦИПОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	10.11.2023-18.11.2024	
11	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА	10.11.2023-09.01.2024	
12	ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ. КРЕСЛЕННЯ АПАРАТУ (ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД)	10.11.2023-10.01.2024	
13	ПЕРЕДЗАХИСТ, ПЕРЕВІРКА НА АКАДЕМПЛАГІАТ, РЕЦЕНЗУВАННЯ КР	12.01.2024	

Здобувачка

(підпис)

Яна СІНКЕВИЧ

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Олеся РОМАНОВА

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА: 91 С., 30 РИС., 23 ТАБЛ., 45 ДЖЕРЕЛА.

Курсовий проект складається зі вступу, 6 розділів, висновку та списку використаної літератури.

Розділ 1. Розкриває відомості щодо харчових добавок та харчових кислот, більш детально наведено відомості про мурашину кислоту E236, а саме представлено методи добування, сфери застосування, тощо.

Розділ 2. Даний розділ присвячений технологічній частині роботи. Описано вхідну сировину, наведено опис технології виробництва мурашиної кислоти, розроблено принципову технологічну та апаратурно-технологічну схеми виробництва, відповідно підібрано технологічне обладнання, окремо представлено графічне зображення та розрахунок *контактного апарату для окиснення метанолу*.

Також проведено ряд розрахунків, а саме матеріальний баланс виробництва потужністю 500 кг/добу, де вихід мурашиної кислоти становить *470,3 кг/добу*, а за результатами теплового балансу відомо, що загальні витрати тепла становлять *1685033 кДж*.

Розділ 3. Наведено техніко-економічне обґрунтування технології, вказано, що при рентабельності виробництва у 10% ціна за 1 кг мурашиної кислоти 99% становитиме *~695,37 грн*.

Розділ 4. Зазначено дані щодо контролю якості готової мурашиної кислоти відповідно до затверджених стандартів якості.

Розділ 5. Вказано на екологічні проблеми, що спричинені діяльністю хімічних виробництв та методи охорони навколишнього середовища.

Розділ 6. Запропоновано заходи з охорони праці під час роботи з кислотами

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МУРАШИНА КИСЛОТА, ХАРЧОВІ ДОБАВКИ, МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС, ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС, КОНТАКТНИЙ АПАРАТ, МЕТАНОЛ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, СОБІВАРТІСТЬ, БЕЗПЕКА.

ABSTRACT

EXPLANATORY NOTE: 91 P., 30 FIG., 23 TABLES, 45 SOURCES.

The course project consists of an introduction, 6 chapters, a conclusion and a list of used literature.

Chapter 1. Reveals information about food additives and food acids, provides more detailed information about formic acid E236, namely, methods of extraction, areas of application, etc. are presented.

Chapter 2. This section is devoted to the technological part of the work. The input raw materials are described, a description of the formic acid production technology is given, a basic technological and equipment-technological scheme of production is developed, the technological equipment is selected accordingly, a graphic image and calculation of the contact apparatus for methanol oxidation are presented separately.

A number of calculations were also carried out, namely the material balance of production with a capacity of 500 kg/day, where the output of formic acid is 470.3 kg/day, and according to the results of the heat balance, it is known that the total heat consumption is 1685033 kJ.

Chapter 3. The technical and economic justification of the technology is presented, it is indicated that with a production profitability of 10%, the price for 1 kg of formic acid 99% will be ~695.37 UAH.

Chapter 4. Data on quality control of finished formic acid in accordance with approved quality standards are indicated.

Chapter 5. Environmental problems caused by the activity of chemical industries and methods of environmental protection are indicated.

Chapter 6. Proposed occupational safety measures when working with acids

KEY WORDS: FORMIC ACID, FOOD ADDITIVES, MATERIAL BALANCE, HEAT BALANCE, CONTACT APPARATUS, METHANOL, TECHNOLOGICAL SCHEME, COST, SAFETY.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ I АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	10
1.1 Харчові добавки: представники, класи та значення.....	12
1.2 Представники харчових кислот та їх технологічна функція.....	13
1.3 Мурашина кислота E236.....	16
1.4 Методи одержання мурашиної кислоти.....	19
1.5 Сфери застосування мурашиної кислоти.....	22
РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	24
2.1 Характеристика сировини для отримання мурашиної кислоти.....	24
2.2 Технологія виробництва мурашиної кислоти.....	29
2.3 Розробка принципово технологічної схеми.....	31
2.4 Розрахунок матеріального балансу отримання мурашиної кислоти.....	35
2.5 Розрахунок теплового балансу технології.....	43
2.6 Підбір технологічного обладнання.....	45
2.7 Опис апаратурно-технологічної схеми технології.....	57
2.8 Розрахунок контактного апарату.....	60
РОЗДІЛ III ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	65
3.1 Економічні показники виробництва: собівартість, рентабельність.....	65
3.2 Техніко-економічне обґрунтування обраної технології.....	68
РОЗДІЛ IV ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ.....	74
4.1 Стандарти якості мурашиної кислоти.....	74
4.2 Методи виявлення мурашиної кислоти.....	76
РОЗДІЛ V ОХОРОНА ПРАЦІ.....	79
5.1 Охорона праці під час роботи на хімічному підприємстві.....	79
5.2 Охорона праці під час роботи з кислотами.....	81

<i>ННІХТ.ЗХТ-5-1.006.161.КР.ПЗ</i>				
<i>Змн.</i>	<i>Арк.А</i>	<i>№ докум.№</i>	<i>ПідписПі</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Сінкевич Я.І.</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Романова О.О.</i>		
<i>Н. Контр..</i>		<i>Подобій О. В.</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>		
ЗМІСТ				
		<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
		6	6	91
НУХТ Каф. ТЖХТ				

РОЗДІЛ VI ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	82
6.1 Охорона навколишнього середовища у хімічній промисловості.....	82
6.2 Екологічна безпека під час отримання мурашиної кислоти.....	84
ВИСНОВКИ.....	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	87

					ЗМІСТ	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

У сучасному світі харчові добавки є неодмінною складовою частиною харчової промисловості. Вони використовуються з метою поліпшення якості та естетичних характеристик продуктів, а саме: покращення смаку, кольору, консистенції та тривалості зберігання продуктів. Однак, разом зі зростанням використання харчових добавок, з'являються питання щодо їх безпеки та впливу на здоров'я людини.

Однією з таких харчових добавок є мурашина кислота. Мурашина кислота є природною речовиною, яка знаходиться в деяких видів мурах.

Мурашина кислота, також відома як формінова кислота, є органічною речовиною, яка має формулу HCOOH .

Мурашина кислота використовується в багатьох галузях промисловості, зокрема в харчовій, фармацевтичній та косметичній. Вона додається до харчових продуктів як консервант, кислотний регулятор рН, антиоксидант та ароматизатор.

Харчова промисловість використовує мурашину кислоту як консервант, оскільки вона є доступною речовиною, а з урахуванням того, що у світі активно процвітає імпорт та експорт товарів харчової промисловості – консерванти стали невід'ємною складовою більшості продуктів.

Отже, оскільки мурашина кислота має великий попит, буде доречно представити її технологію та інші відомості у даному дипломному проекті.

Актуальність теми полягає не лише у великому попиті на мурашину кислоту у 2020-2023 роках, а й у тому, що на 2024-2025 роки прогнозується зріст попиту, а, отже, й збільшення кількості виробництва мурашиної кислоти.

Мета: описати технологію отримання мурашиної кислоти з формальдегіду та представити відповідні технологічні схеми, розрахунки матеріального балансу та економічної гілки технології.

					<i>ННІХТ.ЗХТ-5-1.008.161.КР.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Сінкевич Я.І.</i>			ВСТУП	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Романова О.О.</i>					8	91
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О. В.</i>			<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>			
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>						

Об'єкт дослідження: технологія гліколевої кислоти.

Предмет дослідження: гліколева кислота.

Завдання:

1. Провести аналітичний огляд науково-технічної літератури щодо:
 - харчових добавок;
 - харчових кислот;
 - мурашиної кислоти: методів отримання, сфер застосування, тощо.
2. Представити технологічну частину роботи:
 - надати характеристику сировини для отримання мурашиної кислоти;
 - навести технологію виробництва;
 - розробити принципову технологічну та апаратурно-технологічну схеми виробництва мурашиної кислоти;
 - розрахувати матеріальний та тепловий баланс технології;
 - провести підбір основного та допоміжного обладнання технології;
 - зробити креслення головний апарат технології, попередньо розрахувавши його параметри.
3. Обґрунтувати технічно-економічні аспекти технології.
5. Навести заходи контролю якості продукції.
6. Запропонувати заходи щодо охорони навколишнього середовища та охорони праці на виробництві.

					ВСТУП	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ І. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Харчові добавки: представники, класи та значення

Сьогодні сотні різних харчових добавок використовуються в харчовій промисловості для виробництва нових продуктів або для досягнення конкретних технічних цілей. У більшості європейських країн використовується понад 540 відомих харчових добавок, у США їх кількість (включаючи відповідні суміші) перевищує 1500, а в Україні до 2014 року було дозволено до використання 300 харчових добавок.

Українське законодавство регулює використання харчових добавок відповідно до нової редакції Закону України від 20 січня 2018 року "Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів" (раніше відомий як Закон про безпечність та якість харчових продуктів), а Державна санітарно-епідеміологічна служба та Міністерство охорони здоров'я України відповідають за виробництво харчових добавок та Державна санітарно-епідеміологічна служба та Міністерство охорони здоров'я України відповідають за державний контроль за виробництвом та використанням харчових добавок. Галузевий контроль за використанням харчових добавок здійснюється через технічні служби підприємств та виробничі служби науково-дослідних центрів.

Харчова добавка – будь-яка речовина, яка зазвичай не вважається харчовим продуктом або його складовими, але яка додається до харчового продукту з технічної метою під час його виробництва і, отже, стає невід'ємною частиною продукту (цей термін не включає забруднювачі, пестициди або речовини, додані до їжа для покращення її поживних властивостей).

					ННІХТ.ЗХТ-5-1.010.161.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сінкевич Я.І.			АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Літ.	Арк.	Аркушіє
Перевір.		Романова О.О.					10	91
Н. Контр.		Подобій О. В.			<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>			
Затверд.		Носенко Т.Т.						

Харчові добавки можуть залишатися в харчових продуктах цілком або у вигляді речовин, що утворюються в результаті хімічної реакції між добавкою та харчовими інгредієнтами.

До харчових добавок не відносяться дієтичні добавки (або БАДи) – речовини, що підвищують харчову цінність продукту.

Харчові добавки класифікують за двома основними ознаками: *технологічними функціями та технологічним призначенням.*

За *технологічним призначенням* виділяють 5 технологічних класів харчових добавок і допоміжні матеріали:

1. Речовини, що покращують забарвлення продуктів: барвники, вибілювачі, фіксатори забарвлення.

2. Речовини, що покращують аромат і смак продуктів: ароматизатори, модифікатори (підсилювачі) смаку і аромату, підсолоджувачі, цукрозамінники, підкислювачі, кислоти, замітники солі.

3. Речовини, що регулюють консистенцію продуктів: емульгатори, піноутворювачі, загусники, гелеутворювачі, желюючі агенти, стабілізатори, наповнювачі.

4. Речовини, що сприяють збільшенню терміну придатності харчових продуктів: консерванти, захисні (інертні) гази, захисна (інертна) атмосфера, антиокисники (антиоксиданти), інгібітори окиснення, синергісти антиоксидантів, ущільнювачі (рослинних тканин), отверджувачі, вологоутримуючі агенти, речовини, що перешкоджають злежуванню і грудкуванню, плівкоутворювачі, покриття, глазуруючі та глянцеувальні агенти, стабілізатори, стабілізатори піни, стабілізатори помутніння).

5. Технологічні добавки (речовини, що полегшують ведення технологічних процесів): регулятори кислотності і лужності, емульгуючі солі, розпушувачі, носії, розчинники, розріджувачі, засоби для таблетування, роздільники, розділяючі агенти, антиадгезиви, піногасники, антиспінюючі агенти, засоби обробки борошна, поліпшувачі борошна, пропеленти, диспергатори. Сьогодні з'явилась велика кількість комплексних харчових

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

добавок – це суміші добавок однакового або різного технологічного призначення.

Допоміжні матеріали: висушувачі, речовини, що полегшують фільтрування, екстрагенти, каталізatori гідролізу і інверсії, охолоджувачі, охолоджувальні і заморожуючі агенти, речовини, сприяючі життєдіяльності корисних мікроорганізмів, каталізatori, ферменти і ферментні препарати, засоби для зняття шкірки (з плодів), освітлювачі (адсорбенти, флокулянти).

Комісія з Codex Alimentarius, залежно від *технологічних функцій* поділила харчові добавки на 23 функціональні класи для маркування [1,2].

На *рисунку 1.1* наведено перелік шкідливих харчових добавок, а саме їх Е-кодифікації та яку саму шкідливу дію вони сприяють на організм.

ДУЖЕ НЕБЕЗПЕЧНІ	E123 E510 E513 E527
НЕБЕЗПЕЧНІ	E102 E110 E120 E124 E127 E129 E155 E180
	E201 E220 E222 E223 E224 E228 E233 E242
	E400 E401 E402 E403 E404 E405 E501 E502
	E503 E620 E636 E637
КАНЦЕРОГЕННІ	E131 E142 E153 E210 E212 E213 E214 E215
	E216 E219 E230 E240 E249 E280 E281 E282
	E283 E310 E954
ШЛУНКОВІ ЗАХВОРЮВАННЯ	E338 E339 E340 E341 E343 E450 E461 E462
	E463 E465 E466
ШКІРНІ ЗАХВОРЮВАННЯ	E151 E160 E231 E232 E239 E311 E312 E320
	E907 E951 E1105
РОЗЛАДИ КИШЕЧНИКА	E154 E626 E627 E628 E629 E630 E631 E632
	E633 E634 E635
ТИСК	E154 E250 E252
НЕБЕЗПЕЧНІ ДЛЯ ДІТЕЙ	E270
ЗАБОРОНЕНІ	E103 E105 E111 E121 E123 E125 E126 E130
	E152 E211 E952
ПІДОЗРІЛІ	E104 E122 E141 E171 E173 E241 E477

Рисунок 1.1 Шкідливий вплив харчових добавок на організм людини

1.2 Представники харчових кислот та їх технологічна функція

Харчові кислоти - це різноманітна група органічних і неорганічних речовин з різними властивостями. Склад і хімічна структура харчових кислот варіюється і залежить від властивостей цільового продукту і природи виробництва кислоти [3].

Харчові кислоти - це різноманітна група органічних і неорганічних речовин з різними властивостями. Основними джерелами харчових кислот є рослинна сировина та продукти її переробки. Органічні харчові кислоти містяться в більшості рослин, включаючи ягоди, фрукти і овочі, в тому числі в кореневій і листовій зелені. Разом з вуглеводами та ароматичними сполуками вони формують смак і аромат фруктів і, зрештою, продуктів їх переробки. Склад і структура харчових кислот варіюються і залежать від характеристик цільової їжі та природи кислотоутворення [4].

Серед харчових кислот, що містяться в рослинних речовинах, розрізняють монокарбоніві, дикарбоніві, трикарбоніві, насичені та ненасичені, ароматичні, гетероциклічні, амінокислоти, гідрокси- та оксокислоти, а також гідрокси- та оксокислоти.

Серед мінеральних кислот у продуктах харчування містяться хлоридна, сірчана та фосфорна кислоти.

Кислоти надають продуктам смаку та сприяють їхньому збереженню. Функція кислот в організмі людини пов'язана з їх участю в травленні.

До основних фізіологічних функцій органічних кислот належать

- стимуляція секреції соків травлення;
- вплив на формування відповідного складу мікрофлори шляхом зниження рН середовища;
- активація перистальтики кишечника;
- уповільнення розвитку процесів гниття у товстому кишечнику.

Окремі представники харчових кислот та їх поширення у природі

Органічні кислоти містяться в багатьох видах рослинної їжі, включаючи ягоди, фрукти, овочі та коренеплоди. Разом з вуглеводами та ароматичними сполуками ці кислоти формують смак і аромат фруктів.

Так яблучна кислота (структурна формула на *рисунку 1.2*) і лимонна (структурна формула на *рисунку 1.3*) – найбільш розповсюджені харчові кислоти. Вони містяться в абрикосах, ананасах, апельсинах, бананах, винограді, вишнях, грейпфруті, грушах, полуниці.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

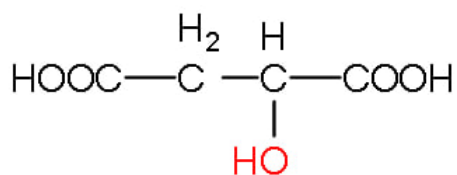


Рисунок 1.2 - Структурна формула яблучної кислоти

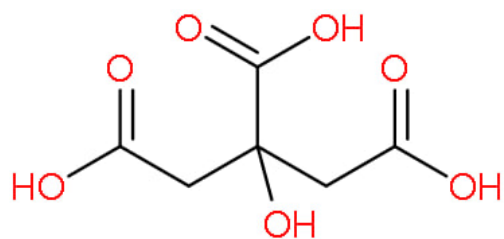


Рисунок 1.3 - Структурна формула лимонної кислоти

У винограді, грушах, сливах, містяться також винна і щавлева кислоти, структурні формули яких представлені на *рисунок 1.4* та *рисунок 1.5* відповідно.

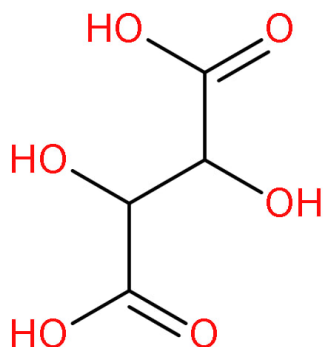


Рисунок 1.4 - Структурна формула винної кислоти

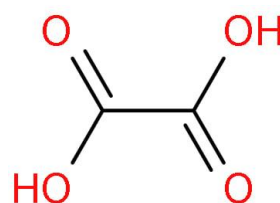


Рисунок 1.5 - Структурна формула щавлевої кислоти

Янтарна (*рисунок 1.6*), гліциринова (*рисунок 1.7*) і гліколева (*рисунок 1.8*) кислоти містяться у вишнях, полуниці, помідорах.

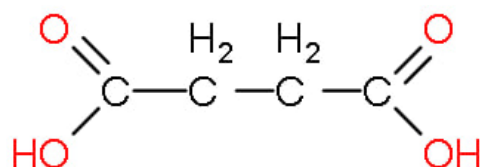


Рисунок 1.6 - Структурна формула янтарної кислоти

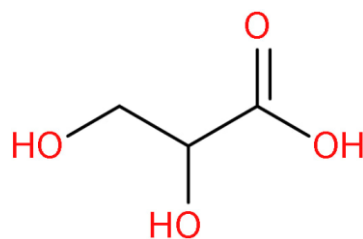


Рисунок 1.7 - Структурна формула гліциринової кислоти

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

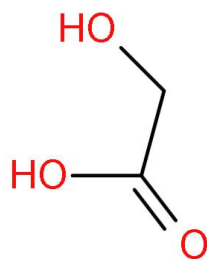


Рисунок 1.8- Структурна формула гліколевої кислоти

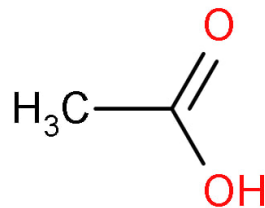


Рисунок 1.9 Структурна формула оцтової кислоти

До складу овочів і фруктів входить оцтова кислота (структурна формула зображена на *рисунку 1.9*). А помідори містять крім органічних такі неорганічні кислоти, як фосфорна, хлоридна, сульфатна кислоти.

У складі молока і молочних продуктів основною органічною кислотою є молочна кислота (*рисунок 1.10*), утворення якої пов'язано з біохімічним перетворенням молочного цукру – лактози під дією молочнокислих бактерій.

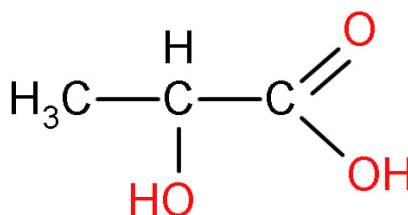


Рисунок 1.10 - Структурна формула молочної кислоти

Наявність харчових кислот у готових продуктах може бути результатом введення кислоти у харчову систему під час технологічного процесу для регулювання її рН. У цьому випадку харчові кислоти використовуються як технологічні харчові добавки.

Кислий присмак продукту обумовлений наявністю іонів гідрогену, які утворюються в результаті електролітичної дисоціації кислот, що входять до його складу.

Показник рН характеризує активність іонів гідрогену. Більшість харчових кислот є слабкими електролітами. У харчових системах можуть знаходитися буферні речовини, які підтримують значення рН середовища

приблизно постійним. Для різних харчових систем (наприклад, соки, молоко, йогурти та ін.) $pH > 3$.

Значення pH впливає на різні технічні параметри харчових систем, а саме: смак і аромат, термостабільність, біологічну стабільність, колоїдну стабільність полідисперсних харчових систем, активність ферментів і умови росту корисної мікрофлори (сир і пиво).

Під час переробки та зберігання кислотність продуктів змінюється. Кислотність зростає під час молочнокислого та оцтовокислого бродіння (квашення капусти, виробництво винного оцту) і знижується під час зберігання фруктів і овочів. Підвищена кислотність у молоці, соках, вині, пиві та інших продуктах свідчить про те, що продукт заквашений.

Виділяють три основні цілі додавання кислот у харчову систему:

- для надання потрібних органолептичних властивостей (смаку, кольору, аромату), які характерні для конкретного продукту;
- для впливу на колоїдні властивості, що обумовлюють формування консистенції, притаманні конкретному продукту;
- для підвищення стабільності, що забезпечує зберігання якості продукту протягом визначеного часу.

Для визначення pH харчових систем використовують стандартні методи аналітичної хімії (колориметричний, електрометричний та ін.). Для визначення кислотності, обумовленої вмістом у харчовій системі речовин кислого характеру, зазвичай використовують титрування цих речовин лугами. Умови титрування залежать від об'єкту дослідження.

За допомогою аналізу кислотного складу продукту можна підтвердити його натуральність і виключити фальсифікацію [3].

1.3 Мурашина кислота E236

Мурашина кислота – це слабка, безбарвна, летка органічна кислота (H_2CO_2 , структурна формула наведена на *рисунку 1.11*).

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

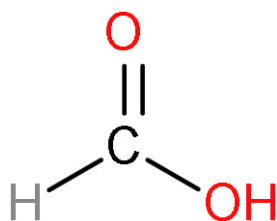


Рисунок 1.11 - Структурна формула мурашиної кислоти

У таблиці 1.1 наведено основні фізичні показники мурашиної кислоти.

Таблиця 1.1- Фізичні властивості мурашиної кислоти

ПОКАЗНИК	ЗНАЧЕННЯ
Хімічна формула	CH ₂ O ₂
Молярна маса, г/моль	46,03
Зовнішній вигляд	Безбарвна рідина
Запах	Різкий
Густина, см ³	1,220
Температура плавлення, °С	8,4
Температура кипіння, °С	100,8
Розчинність у воді	Розчинний
Розчинність	Змішується з ефіром, ацетоном, етилом, гліцерином, метанолом, етанолом. Частково розчинний у бензолі, толуолі, ксилолах
log, P	-0,54
Кислотність, кРа	3,77
Індекс заломлення	1,3714 (при 20 °С)
В'язкість, сР	1,57 (при 268 °С)

[13]

Вона зустрічається в природі в мурахах, кропиві та плодах мильного дерева, а також утворюється як побічний продукт при окисленні терпінової кислоти в атмосфері. Мурашина кислота використовується в шкіряній промисловості для регулювання рН і для кислотного фарбування хутра.

					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

На *рисунку 1.12* наведено джерела добування мурашиної кислоти.



Рисунок 1.12 -Природні джерела мурашиної кислоти

Зовнішній вигляд мурашиної кислоти представлено на *рисунку 1.13*.



Рисунок 1.13 - Зовнішній вигляд мурашиної кислоти

Основне використання мурашиної кислоти – як консервант (E236).

Використовується як антибактеріальний засіб у кормах для худоби. При розпилюванні на свіже сіно чи інший силос він зупиняє певні процеси гниття

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

та змушує корм довше зберігати свою поживну цінність, тому його широко використовують для збереження зимових кормів для великої рогатої худоби.

У птахівництві його іноді додають у корм для знищення бактерій сальмонели. Як консервант у фруктових соках і соліннях має антисептичну дію проти дріжджів. Деякі бджолярі використовують мурашину кислоту як мітицид проти кліща Варроа [5].

Оскільки мурашина кислота швидко метаболізується і немає доказів її накопичення в тканинах організму, її використання в кормах для тварин не призводить до впливу на споживачів. Тому використання мурашиної кислоти як кормової добавки для всіх видів тварин вважається безпечним для споживачів.

Мурашина кислота в концентрації понад 10% вважається їдкою для шкіри та очей.

Оскільки кислота є летючою, вона становить ризик для незахищених працівників не лише через вплив на шкіру та очі, але й через вдихання працівниками, які працюють з цією добавкою.

Комітет FEEDAP вважає, що використання мурашиної кислоти в харчуванні тварин є безпечним для навколишнього середовища.

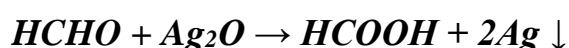
Мурашина кислота в рекомендованих концентраціях пригнічує ріст бактерій у кормах і питній воді та визнана ефективною добавкою до силосу [6].

Штучно мурашину кислоту було синтезовано у 1831 р. — Т. Пелуз, з ціанідної кислоти [7].

1.4 Методи одержання мурашиної кислоти

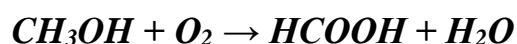
Як представника насичених карбонових кислоти мурашину кислоту можна одержати стандартними способами добування карбонових кислот.

1. Окиснення альдегідів. Наприклад, реакція «срібного дзеркала» — взаємодія альдегідів з амоніачним рочином Аргентум (I) оксиду [8]:



					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Окиснення первинних спиртів сильними окисниками (калій перманганат у кислому середовищі) дозволяє минути стадію утворення альдегіду [9]:

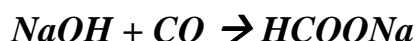


3. Каталітичне окиснення алканів киснем повітря — промисловий спосіб добування нижчих та вищих карбонових кислот [10]:

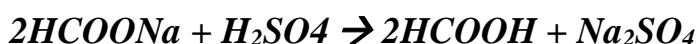


Також мурашина кислота має окремий особливий спосіб отримання:

1. Луг натрію сполучають з чадним газом при участі температури й тиску, внаслідок чого отримують форміат натрію:



2. До форміату натрію додають сульфатну кислоту, внаслідок чого отримуємо мурашину кислоту та натрієву сіль сульфату:



Крім того досить популярним є *лабораторний метод* отримання мурашиної кислоти: у пробірку наливають 5-6 крапель хлороформу і 2-3 мл 10%-вого розчину натрій гідроксиду:



Реакційну суміш постійно перемішують і нагрівають на водяній бані до повного зникнення шару хлороформу. Після цього вміст пробірки охолоджують і розділяють на дві частини для дослідження наявності аніонів форміату і хлору.

До розчину в першій пробірці додають 2 мл 10%-ного розчину нітратної кислоти і кілька крапель 1%-вого розчину аргентум нітрату. Спостерігають утворення білого осаду.

До розчину в другій пробірці додають 1-2 мл 5%-вого розчину калій перманганату і 1 мл 10%-ного розчину сульфатної кислоти. Пробірку закривають коркою з газовідвідною трубкою, кінець якої опускають у пробірку з 2 мл вапняної (баритової) води. Реакційну суміш нагрівають.

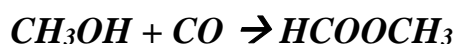
					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Спостерігають зникнення забарвлення калій перманганату і помутніння вапняної води [11].

Також мурашину кислоту отримують розкладанням гліцеринових ефірів щавлевої кислоти, нагріваючи безводний трьохатомний спирт зі щавлевої кислотою (HOOC–COOH), в наслідок чого відганяється H₂O і утворюються щавлеві ефіри. При подальшому нагріванні ефіри розкладаються, виділяючи CO₂, в результаті чого утворюються мурашині ефіри, які після розкладання H₂O дають C₃H₈O₃ і HCOOH.

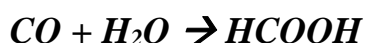
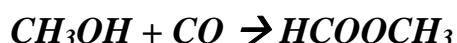
Найбільш відомим та використаним *промисловим методом* отримання мурашиної кислоти є карбонілювання метанолу з подальшою гідратацією.

Рідкофазне карбонілювання метанолу до метилформіату присутності основного каталізатора, такого як метоксид натрію або калію (NaOCH₃ або KOCH₃), і подальший гідроліз до мурашиної кислоти практикується промислово вже з початку 1980-х. Метоксид калію більш розчинний у метилформаті, ніж метоксид натрію, і відповідно забезпечує більш високу швидкість реакції:



Цей метод використовується, наприклад, Eastman Chemical Company, BASF, Kemira, Luxi Chemical Group та Feicheng Acid Chemicals. Ряд варіантів процесу запатентовано [12].

Крім того, було запропоновано синтез мурашиної кислоти шляхом гідролізу метилформіату базується на двостадійному процесі: на першій стадії метанол карбонілюється монооксидом вуглецю; на другій стадії метилформіат гідролізується до мурашиної кислоти та метанолу. Метанол повертається на першу стадію:



					АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

1.5 Сфери застосування мурашиної кислоти

На *рисунку 1.14* представлено сфери застосування мурашиної кислоти.



Рисунок 1.14 - сфери застосування мурашиної кислоти

Мурашина кислота також використовується як:

- протрава при фарбуванні вовни;
- для консервації фруктових соків;
- відбілювач;
- дезінфекційний препарат [9].

Основне застосування мурашиної кислоти — як консервант і антибактеріальний засіб у кормах для тварин. Це також забезпечує швидке бродіння за нижчих температур, зменшуючи втрату поживної цінності. Мурашина кислота здатна зупиняти певні процеси гниття, дозволяючи корму довше зберігати свою поживність, тому її широко використовують для консервування зимових кормів для великої рогатої худоби.

Завдяки своїм кислотним властивостям мурашина кислота також широко використовується у виробництві шкіри (включаючи дублення), а також у фарбуванні та обробці текстилю.

Добре відомо його використання як коагулянту у виробництві гуми.

Мурашина кислота також використовується замість мінеральних кислот у різноманітних миючих засобах.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Деякі складні ефіри формиату є штучними ароматизаторами та ароматизаторами.

Мурашину кислоту можна використовувати як паливний елемент (її можна використовувати безпосередньо в паливі з мурашиною кислоту, клітинах і опосередковано у водневих паливних елементах).

Багато промислових застосувань мурашиної кислоти включають наступне:

- відновник і декальцинатор при фарбуванні та оздобленні текстилю;
- засіб для нарощування та зневолосіння шкір при дубленні шкіри;
- рішення для гальванічного покриття;
- каучуковий коагулянт у створенні латексної гуми та регенерації старої гуми.

Історично склалося так, що мурашина кислота використовувалася найбільше як антибактеріальний засіб і консервант для кормів для худоби. Для зупинки гниття мурашину кислоту наносять на сіно, за рахунок чого корм може зберігатися більш довгий час. Як фумігант, пари мурашиної кислоти випускаються всередину вуликів для знищення інвазивних видів кліщів [13].

РОЗДІЛ II. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика сировини для отримання мурашиної кислоти

Сировиною в методі отримання мурашиної кислоти гетерогенним каталізом виступає метанол і атмосферне повітря.

Повітря з атмосфери, попередньо очищується від пилу.

Метанол, CH_3OH — це прозора безбарвна рідина, яка використовується у виробництві різноманітних хімічних продуктів, як носій водню для паливних елементів і як альтернативне паливо. Структурна формула речовини представлена на *рисунку 2.1*.

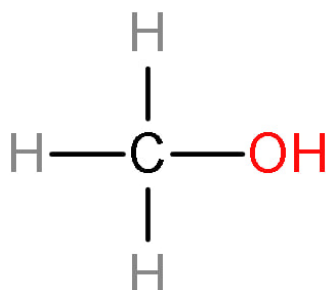


Рисунок 2.1 - Структурна формула мурашиної кислоти

Метанол також відомий під назвою «деревний спирт», оскільки спочатку він вироблявся як побічний продукт перегонки деревини.

Існує багато способів отримання метанолу, але основним методом є синтез природного газу. Газ спочатку стискають, а потім очищають шляхом видалення сполук сірки. Очищений природний газ насичують гарячою водою.

Змішаний природний газ і водяна пара потім надходять у секцію риформінгу для перетворення в синтетичний газ, який є сумішшю вуглекислого газу, окису вуглецю та водню. Цей синтез-газ згодом перетворюється на неочищений метанол у каталітичному нейтралізаторі синтезу шляхом реакції з киснем.

					ННІХТ.3ХТ-5-1.024.161.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сінкевич Я.І.			ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Романова О.О.					24	91
Н. Контр.		Подобій О. В.				<i>НУХТ Каф. ТЖХТ</i>		
Затверд.		Носенко Т.Т.						

Дистиляція видаляє воду та органічні домішки, утворюючи метанол з чистотою 99,5%.

Схема виробництва метанолу наведена на *рисунку 2.2*.

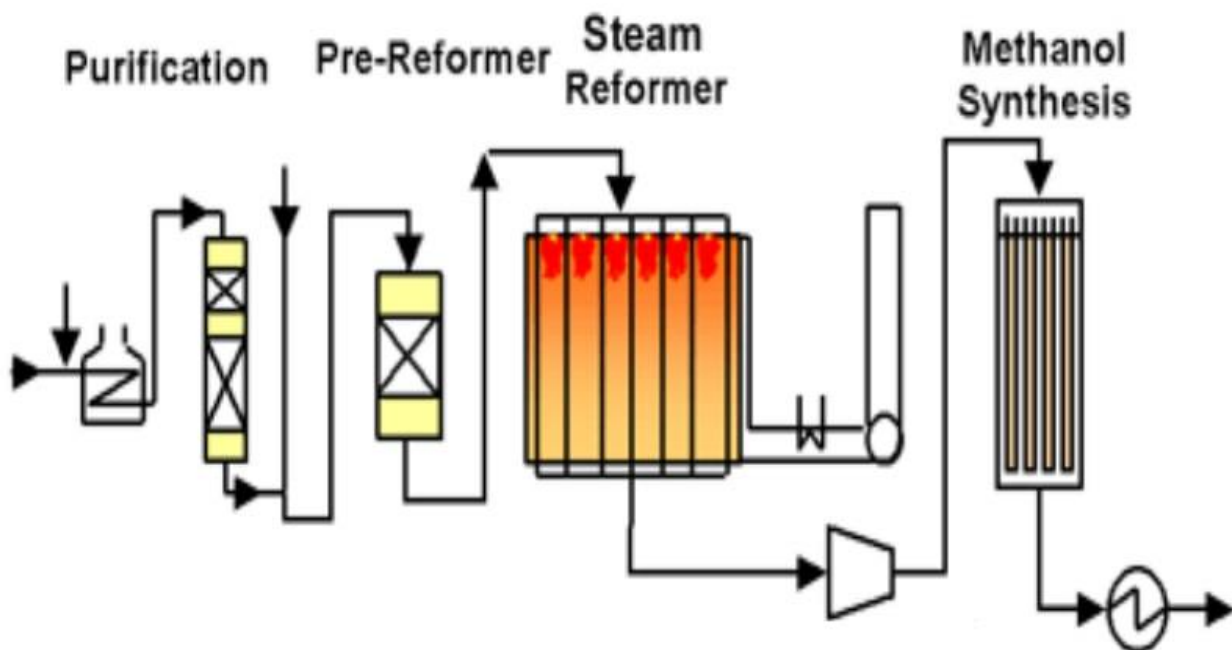


Рисунок 2.2 - Схема виробництва метанолу

Метанол також можна отримати з нафтової сировини, наприклад з метану (відходи), тверді господарські відходи, біомаса, тирса і навіть морські водорості, що потенційно зменшує залежність від імпорту нафти. Оскільки ця сировина є відновлюваною, то метанол стає практично необмеженим ресурсом.

Метанол є чудовим носієм рідкого водню для різних застосувань у паливних елементах. Метанол розчиняється у воді, швидко випаровується і відносно безпечний для навколишнього середовища.

У 2010 році споживання метанолу в США перевищило 5,3 мільйона тонн, а світове споживання досягло 48 мільйонів тонн. Північна Америка є найбільшим у світі споживачем метанолу. Сполучені Штати постачають майже чверть світового метанолу. Заводи задовольняють приблизно половину потреб США в метанолі, а решта поставок імпортується з Тринідаду, Чилі, Венесуели та Канади. Найбільшими ринками метанолу в Сполучених Штатах є виробництво метил-трет-бутилового ефіру (МТБЕ) і формальдегіду.

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

Також зростає попит на оцтову кислоту, іншу похідну метанолу. Близько 50% метанолу, споживаного в США, йде на виробництво МТБЕ і формальдегіду [14].

У таблиці 2.1 наведено основні властивості метанолу.

Таблиця 2.1- Властивості метанолу

ВЛАСТИВІСТЬ	ЗНАЧЕННЯ
Молекулярна маса, г/моль	32,04
Чистота, %	99,85
Домішки, %/мг/кг (не більше):	
- вода	0,100 %
- ацетон	30 мг/кг
- етанол	50 мг/кг
- хлориди	0,5 мг/кг
Питома вага (20/20°C)	0,7910 - 0,7930
Температура замерзання, °C	-97,8
Температура кипіння, °C	64,6
Температура спалаху (закритий тигель, 1 атм), °C	12
Концентрація вибуховості в повітрі	6-36
Розчинність, %:	
- вода в метанолі	100
- метанол у воді	100

Зазвичай метанол виробляється відповідно до специфікацій Міжнародної асоціації виробників і споживачів метанолу (ІМРСА), яка переглядає та оновлює специфікації приблизно кожні два роки.

Застосування:

- хімічна сировина - формальдегід, оцтова кислота, біодизель, олефіни.
- паливо та паливні добавки - транспортні засоби, кораблі, приготування їжі, опалення

- носій водню для метанолових паливних елементів
- рідина для омивання лобового скла
- денітрифікація стічних вод.

У таблиці 2.2 наведено рівень небезпеки та застереження щодо метанолу.

Таблиця 2.2- Рівень небезпеки та застереження щодо метанолу

ПОКАЗНИК	ПОЗНАЧЕННЯ	ОПИС
Легкозаймиста рідина		<p>Метанол легкозаймистий і горить прозорим блакитним полум'ям, яке є бездимним і його важко побачити при денному світлі. Тримати подалі від джерел займання, включаючи тепло, іскри, полум'я та гарячі поверхні.</p> <p>Тримати контейнери щільно закритими, коли вони не використовуються.</p> <p>Ємності слід зберігати в добре провітрюваних і прохолодних приміщеннях.</p>
Здоров'я		<p>Метанол може бути токсичним при ковтанні, вдиханні або контакті зі шкірою, хоча процес поглинання шкірою відбувається повільніше, ніж проковтування або вдихання. Уникайте вдихання парів або туману. Під час роботи з метанолом надягайте хімічно стійкі рукавички та відповідні ЗІЗ. Залежно від діяльності може знадобитися захист органів дихання. У разі проковтування негайно звернутися до лікаря [15].</p>

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Арк.

27

Сьогодні світове виробництво метанолу наближається до 40 мільйонів тонн на рік. Це робить його легкодоступною сировиною. Ще однією перевагою використання метанолу є його дешевизна.

Суміші парів метанолу з повітрям вибухонебезпечні. Граничне значення вибуховості знаходиться в діапазоні 0,6 – 50 об.% [16].

Невеликий вміст метанолу не впливає на сенсорну оцінку, але більш токсичний. Наприклад, метанол у 80 разів токсичніший за етанол і в 4 рази токсичніший за пропанол.

Метанол (метанол) є високотоксичним, тому що він окислюється в організмі і утворює більш токсичні продукти формальдегід і мурашину кислоти. При вживанні 5-10 грамів може виникнути гостре отруєння метанолом, а при прийомі 30-35 грамів – смерть. Характерною ознакою гострого і хронічного отруєння метанолом є атрофія зорового нерва, що призводить до порушення зору або навіть повної сліпоти. Щоб зменшити побічні реакції під час виробництва формальдегіду, метанол змішується з демінералізованою водою перед входом у випарник [12].

Крім того у технології присутні *каталізатори*:

- залізо-молібденовий ($Fe_2O_3+MoO_3$);
- ванадій-титановий ($V_2O_5+TiO_2$);
- теплоносій Даутерм А.

Проміжними та допоміжними продуктами технології є:

- паро-повітряна суміш метанолу й повітря;
- вода;
- формальдегід;
- азеотропна суміш газів;
- гідроксид натрію NaOH;
- N_2 .

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

2.2 Технологія виробництва мурашиної кислоти

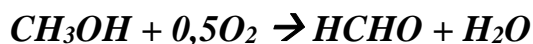
Метанол подається в контактний реактор у вигляді пари, а кисень - у вигляді повітря. Тому першою стадією процесу є підготовка метаноло-повітряної суміші.

Метиловий спирт, розведений водою до концентрації 90%, подається у випарник. Температура кипіння метанолу становить 65 °С, тому випаровування відбувається при 68-80 °С. Одночасно з цим повітря подається у випарник вентилятором і проходить через барботер для змішування з парами метанолу.

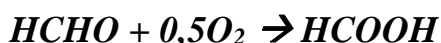
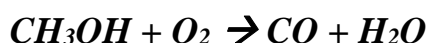
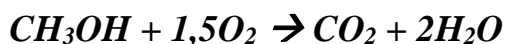
Оскільки суміш парів метанолу з повітрям є вибухонебезпечною, важливо, щоб вміст метанолу в змішаному повітрі не перевищував 6 об'ємних відсотків.

Температура пароповітряної суміші на вході в дивертор повинна становити приблизно 120-180°С. Це необхідно для запобігання конденсації парів спирту. Для окислення метанолу відбувається нагрівання реакційної суміші від контактора і в теплообміннику. Це також знижує температуру реакційних газів перед наступним етапом.

Нагріта пароповітряна суміш надходить у контактний апарат, в трубах якого відбувається окислення метилового спирту на залізо-молібденовому каталізаторі ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MoO}_3$) при температурі 350-380°С. Теплоносієм є Dauterm А. Окислення метанолу до формальдегіду на залізо-молібденовому каталізаторі можна представити наступною реакцією:



Крім основного процесу, в реакторі також відбуваються побічні реакції:



Після контактора окислення метанолу реакційний газ, що містить формальдегід, направляється в контактор, заповнений ванадій-титановим каталізатором.

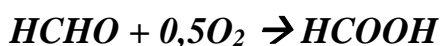
					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

У процесі окислення використовувалися три контактних пристрої. Це пояснюється тим, що температурний діапазон окислення формальдегіду дуже обмежений (95-130°C). Оскільки температура в кожному наступному вузлі контакту підвищується на +5°C, то найбільший вихід мурашиної кислоти досягається при поступовому окисненні формальдегіду до мурашиної кислоти.

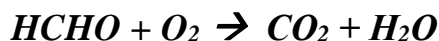
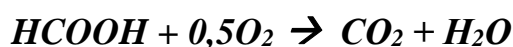
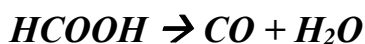
1. Перший реактор – температура становить 100 – 105 °С.
2. Другий реактор – температура становить 110 – 115 °С.
3. Третій реактор – температура становить 120 – 125 °С.

Пара виступає у якості теплоносія.

Процес окиснення метанолу до мурашиної кислоти описується наступною реакцією (реакція відбувається за участі ванадій-титанового каталізатора):



Крім основного процесу в реакторі також протікають побічні реакції:



Також під час надходження на ванадій-титановий каталізатор, метанол, який не вступив в реакцію, в результаті може утворити метилформіат:



Мета цього процесу - відокремити мурашину кислоту від суміші.

Оскільки температура кипіння мурашиної кислоти становить 101°C, для охолодження конденсату використовується холодна вода.

Холодна вода з температурою нижче 15°C подається в простір між трубками конденсатора.

Для отримання необхідної концентрації мурашиної кислоти, тобто її 85% водного розчину, проводиться стадія очищення.

Мурашина кислота утворює з водою азеотропну суміш. Процес очищення мурашиної кислоти можна розглядати як очищення бінарної суміші

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мурашина кислота - азеотропна суміш. Летючим компонентом в цьому випадку є надлишок мурашиної кислоти.

Для збільшення виходу концентрованої мурашиної кислоти очищення слід проводити в двох колонах, одна з яких працює при високому тиску ($1,8 \cdot 10^5$ Па), а інша - при низькому ($0,5 \cdot 10^5$ Па). На даному етапі готова мурашина кислота відправляється на склад з попереднім накопиченням у збірнику

Після стадії вилучення мурашиної кислоти газ, що не конденсується, направляєється в абсорбційну колону для очищення.

Метою цього етапу є видалення залишків мурашиної кислоти.

Далі газовий потік розділяється на відпрацьований та рециркуляційний газ. Відпрацьований газ утилізується, а рециркуляційний газ повертається в систему рециркуляції [12].

2.3 Розробка принципово технологічної схеми

1. Отримання метаноло-повітряної суміші

Метиловий спирт, розведений водою до концентрації 90%, подається у випарник.

Процес випаровування відбувається при температурі 68-80 °С. Одночасно повітря подається у випарник вентилятором і проходить через барботер для змішування з парами метанолу.

Оскільки суміш парів метанолу з повітрям є вибухонебезпечною, важливо підтримувати вміст метанолу в змішаному повітрі нижче 6 об'ємних відсотків.

2. Підігрів

При в ході в контактний апарат температура метаноло-повітряної суміші має відповідати значенню у близько 120-180°C.

За рахунок цього ми можемо уникнути конденсації парів спирту, що міститься у вказаній суміші.

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

3. Окиснення метанолу

Відбувається окиснення метилового спирту на залізо-молібденовому каталізаторі ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MoO}_3$) в діапазоні 350-380°C. У якості теплоносія застосовують Даутерм А.

4. Окиснення метанолу

У процесі окислення використовуються три контактори. Причиною цього є те, що діапазон температур для окислення формальдегіду дуже обмежений (95-130°C). Найвищий вихід мурашиної кислоти досягається шляхом поступового окислення формальдегіду до мурашиної кислоти за рахунок підвищення температури в кожному наступному контакті.

Температура в першому реакторі становить 100-105°C, в другому реакторі 110-115°C і в третьому реакторі 120-125°C. В якості теплоносія використовується пара.

5. Вилучення мурашиної кислоти

У якості теплоносія для конденсації використовуємо воду охолоджену, опираючи на фізичні властивості мурашиної кислоти, адже її температура кипіння становиться 101°C.

Таким чином подаємо у міжтрубну частину конденсатора воду, температуру якої становить не більше ніж 15°C.

6. Ректифікація

Вода з мурашиною кислотою утворює азеотропну суміш. Процес перегонки мурашиної кислоти можна розглядати як перегонку бінарної суміші мурашиної кислоти та азеотропної суміші. Летючим компонентом в цьому випадку є надлишок мурашиної кислоти.

Задля підвищення виходу мурашиної кислоти (конц.) перегонку необхідно реалізуватися за допомогою двох колон, за різних тисків:

1. Перша колона – підвищений тиск ($1,8 - 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$).
2. Друга колона – понижений тиск ($0,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$).

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Технологія можлива без даного етапу, але за участі ректифікації ми маємо можливість отримати більш якісний кінцевий продукт.

7. Збір мурашиної кислоти

Після стадії ректифікації мурашину кислоту збираються у збірнику та транспортують на склад для зберігання.

8. Очистка газової суміші

Після етапу відділення мурашиної кислоти неконденсований газ направляється в абсорбційну колону для очищення. Метою цього етапу є видалення залишків мурашиної кислоти. Потім газовий потік розділяється на відпрацьований газ і рециркуляційний газ. Відпрацьований газ утилізується, а рециркуляційний газ повертається в систему рециркуляції.

Принципова технологічна схема, що описано вище, зображена на *рисунок 2.3*.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						33
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

зі стадії окиснення формальдегіду

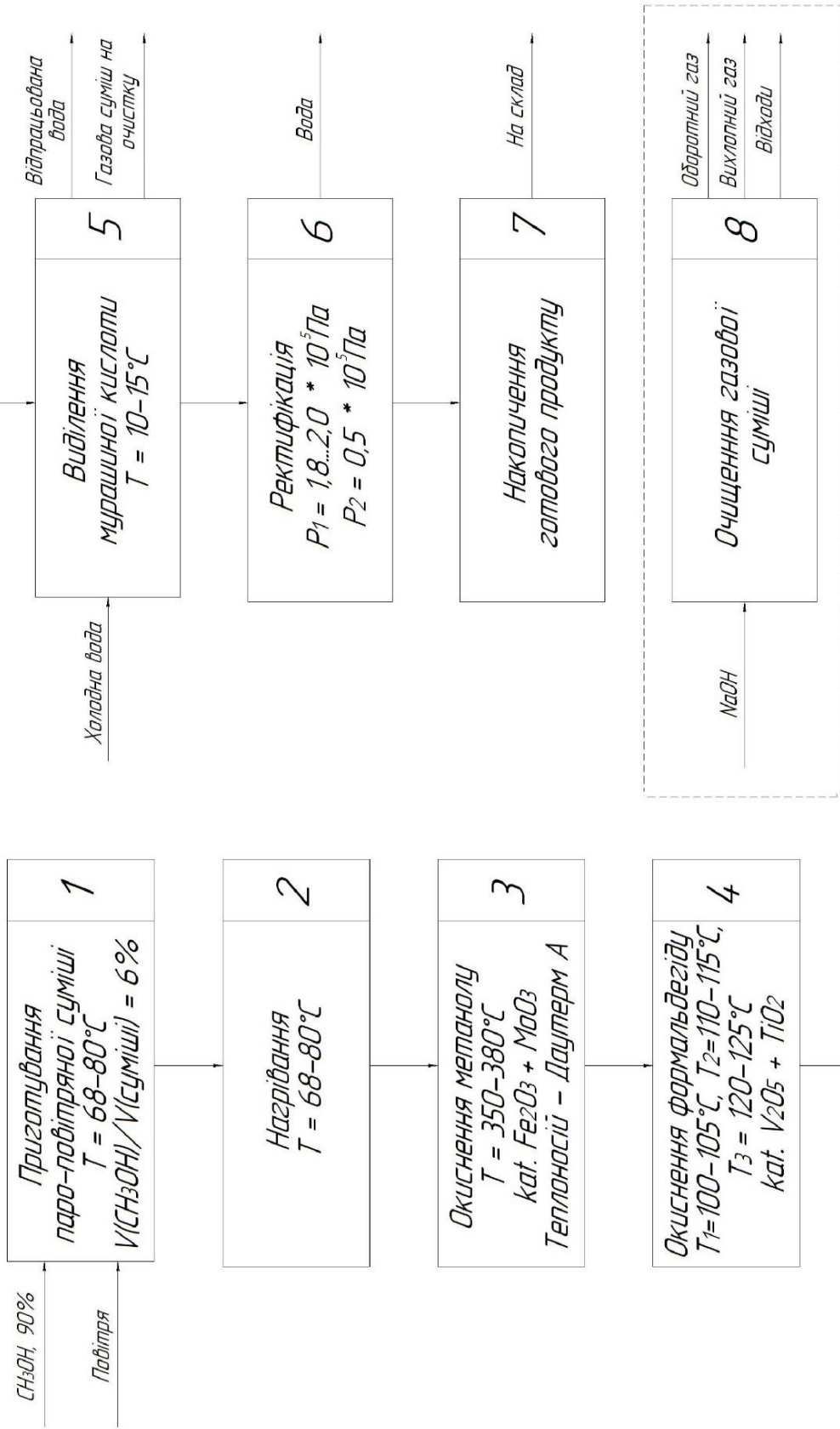


Рисунок 2.3 Принципова технологічна схема виробництва мурашиної кислоти

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

2.4 Розрахунок матеріального балансу отримання мурашиної кислоти

Проведемо розрахунок матеріального балансу технології отримання мурашиної кислоти з метанолу, де потужність виробництва становить 500 кг/добу.

Молярні маси речовин:

- $M(\text{HCOOH}) = 46$ кмоль/кг;
- $M(\text{CO}_2) = 44$ кмоль/кг;
- $M(\text{O}_2) = 32$ кмоль/кг;
- $M(\text{CH}_3\text{OH}) = 32$ кмоль/кг;
- $M(\text{HCHO}) = 30$ кмоль/кг;
- $M(\text{CO}) = 28$ кмоль/кг;
- $M(\text{N}_2) = 28$ кмоль/кг;
- $M(\text{повітря}) = 29$ кмоль/кг.

1. Отримання метанола-повітряної суміші

500 кг розчину метилового спирту з концентрацією 90% випаровується за добу. Таким чином, метанолу в розчині міститься 450 кг.

Втрати метанолу при випаровуванні становлять 3%. Обчислюємо об'єм повітря, необхідний для приготування суміші пари і повітря з вмістом метанолу 6 об. %:

$$V(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{450 \cdot 22,4}{32} = \underline{315 \text{ м}^3}$$

$$V(\text{повітря}) = \frac{315 \cdot 94}{6} = \underline{4935 \text{ м}^3}$$

$$G(\text{повітря}) = \frac{4935 \cdot 29}{22,4} = \underline{6389 \text{ кг}}$$

Розраховуємо склад повітря:

$$G(\text{O}_2) = 0,21 \cdot 6389 = \underline{1341,7 \text{ кг}}$$

$$G(\text{N}_2) = 0,79 \cdot 6389 = \underline{5047,3 \text{ кг}}$$

Втрати по метанолу становлять:

$$450 \cdot 0,03 = \underline{13,5}$$

$$450 - 13,5 = \underline{436,5 \text{ кг}}$$

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

Розрахунок стадії приготування метаноло-повітряної суміші представлено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3- Матеріальний баланс стадії приготування паро-повітряної суміші

СТАТТЯ ПРИХОДУ		СТАТТЯ ВИТРАТ	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Розчин метанолу в т.ч.:			
Метанол	450,0	Метанол	436,5
Вода	50,0		
Повітря в т.ч.		Повітря в т.ч.	
O ₂	1341,7	O ₂	1341,7
N ₂	5047,3	N ₂	5047,3
		Вода	50,0
		Втрати	13,5
ВСЬОГО	6889	ВСЬОГО	6889

2. Підігрів

Втрати на стадії нагрівання складають 1%, дані матеріального балансу представлені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 Матеріальний баланс стадії підігріву

СТАТТЯ ПРИХОДУ		СТАТТЯ ВИТРАТ	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Метанол	436,5	Метанол	432,14
Повітря в т.ч.		Повітря в т.ч.	
O ₂	1341,7	O ₂	1341,7
N ₂	5047,3	N ₂	5047,3
		Вода	50,0
		Втрати	4,36
ВСЬОГО	6825,5	ВСЬОГО	6825,5

3. Окиснення метанолу

Ступінь окислення метилового спирту до формальдегіду становить 95%, а ступінь конверсії - 99%. Побічні продукти утворюватимуться у співвідношенні $\text{НСООН}:\text{СО}_2:\text{СО} = 0,6:1:10$.

Для окислення 1 кг метанолу потрібно 1,5 м³ повітря.

1. Кількість спирту, який було окислено до формальдегіду:

$$G_1 (\text{CH}_3\text{OH}) = 432,14 * 0,95 = \underline{410,5 \text{ кг}}$$

$$n_1 (\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{410,5}{32} = \underline{12,8 \text{ кмоль}}$$

2. Спирту не прореагувало:

$$G_2 (\text{CH}_3\text{OH}) = 432,14 * 0,01 = \underline{4,3 \text{ кг}}$$

3. Кількість спирту, яка приймала участь в утворенні побічних продуктів:

$$G_3 (\text{CH}_3\text{OH}) = 432,14 - 410,5 = \underline{21,64 \text{ кг}}$$

4. Формальдегіду одержано:

$$n_1 (\text{CH}_3\text{OH}) = n (\text{НСНО})$$

$$G (\text{НСНО}) = 12,8 * 30 = \underline{384 \text{ кг}}$$

5. Обчислюємо, скільки повітря приймало участь в окисненні:

$$V (\text{повітря}) = 432,14 * 1,5 = \underline{648,21 \text{ м}^3}$$

6. З повітря надійшло кисню:

$$G (\text{O}_2) = \frac{0,21 * 648,21 * 32}{22,4} = \underline{194,5 \text{ кг}}$$

$$\text{O}_2 = 1341,7 - 194,5 = \underline{1147,2 \text{ кг}}$$

7. Розраховуємо кількість побічних продуктів:

$$G (\text{НСООН}) = \frac{34,2 * 0,6}{11,6} = \underline{1,8 \text{ кг}}$$

$$G (\text{СО}_2) = \frac{34,2 * 1}{11,6} = \underline{2,9 \text{ кг}}$$

$$G (\text{СО}) = \frac{34,2 * 10}{11,6} = \underline{29,3 \text{ кг}}$$

8. Води утворено:

$$G (\text{H}_2\text{O}) = \underline{204,34 \text{ кг}}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розрахунок матеріального балансу стадії окиснення метанолу узагальнено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Матеріальний баланс стадії окиснення метанолу

СТАТТЯ ПРИХОДУ		СТАТТЯ ВИТРАТ	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Метанол	432,14	Формальдегід	384
Повітря в т.ч.		Метанол	4,3
O ₂	1341,7		
N ₂	5047,3		
		Побічні продукти в т.ч.	
		CO	29,3
		CO ₂	2,9
		Мурашина кислота	1,8
		Водяна пара	204,34
		Повітря в т.ч.	
		O ₂	1147,2
		N ₂	5047,3
ВСЬОГО	6821,14	ВСЬОГО	6821,14

4. Окиснення метанолу

Ступінь окиснення формальдегіду до мурашиної кислоти становить 88,8%, а ступінь конверсії - 98%.

Побічні продукти утворюються у співвідношенні CO:CO₂ = 1:4.

На 1,5 м³ повітря в суміші, що надходить на окислення, міститься 1 кг формальдегіду.

1. Кількість метанолу, який було окисненого до мурашиної кислоти:

$$G_1 (\text{НСНО}) = 384 \cdot 0,888 = \underline{341 \text{ кг}}$$

$$n_1 (\text{НСНО}) = \frac{341}{30} = \underline{11,36 \text{ кмоль}}$$

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

2. Кількість не прореагувавшиого формальдегіду:

$$G_2 (\text{HCHO}) = 384 \cdot 0,02 = \underline{7,68 \text{ кг}}$$

3. Маса метанолу, використаного на утворення побічних продуктів:

$$G_3 (\text{HCHO}) = 384 - 341 - 7,68 = \underline{35,32 \text{ кг}}$$

4. Кількість отриманої мурашиної кислоти:

$$G (\text{HCOOH}) = 11,36 \cdot 46 = \underline{522,56 \text{ кг}}$$

5. Обчислюємо масу повітря, яке входить до апарату:

$$V (\text{повітря}) = 384 \cdot 1,5 = \underline{576 \text{ м}^3}$$

6. Обчислюємо масу кисню та азоту, які надійшли з повітрям:

$$G (\text{O}_2) = \frac{0,21 \cdot 576 \cdot 32}{22,4} = \underline{172,8 \text{ кг}}$$

7. Проводимо розрахунок кількості побічних продуктів:

- ті, що утворені з формальдегіду:

$$G (\text{CO}_2) = \frac{70,6 \cdot 1}{5} = \underline{14,1 \text{ кг}}$$

$$G (\text{CO}) = \frac{70,6 \cdot 4}{5} = \underline{56,5 \text{ кг}}$$

- ті, що утворені з метанолу:

$$n (\text{HCOOCH}_3) = n (\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{4,3}{32} = \underline{0,13 \text{ кг}}$$

$$G (\text{HCOOCH}_3) = 0,13 \cdot 60 = \underline{7,8 \text{ кг}}$$

8. Кількість води, що утворилася:

- під час основної реакції:

$$G (\text{H}_2\text{O}) = 11,36 \cdot 18 = \underline{204,48 \text{ кг}}$$

- під час побічних реакцій:

$$G (\text{H}_2\text{O}) = \underline{190,9 \text{ кг}}$$

Розраховані дані матеріального балансу стадії окиснення метанолу представлені в таблиці 2.6.

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

Таблиця 2.6- Матеріальний баланс стадії окиснення метанолу

СТАТТЯ ПРИХОДУ		СТАТТЯ ВИТРАТ	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Формальдегід	384	Мурашина кислота	522,56
Метанол	4,3	Формальдегід	7,68
Водяна пара	204,34	Водяна пара	190,9
Побічні продукти в т.ч.		Побічні продукти в т.ч.	
CO	29,3	CO	56,4
CO ₂	2,9	CO ₂	14,1
Мурашина кислота	1,8		
Повітря в т.ч.		Повітря в т.ч.	
O ₂	1147,2	O ₂	974,4
N ₂	5047,3	N ₂	5047,3
		Метилформіат	7,8
ВСЬОГО	6821,14	ВСЬОГО	6821,14

5. Вилучення мурашиної кислоти

Приймаємо ступінь конденсації як 0,9.

1. Розрахунок ступеню конденсації речовин:

- мурашина кислота:

$$G(\text{HCOOH}) = 522,56 \cdot 0,9 = \underline{470,3 \text{ кг}}$$

- вода:

$$G(\text{H}_2\text{O}) = 190,9 \cdot 0,9 = \underline{171,81 \text{ кг}}$$

2. Кількість неконденсованих речовин:

- мурашина кислота:

$$G(\text{HCOOH}) = 522,56 - 470,3 = \underline{52,26 \text{ кг}}$$

- водяна пара:

$$G(\text{H}_2\text{O}) = 190,9 - 171,81 = \underline{19,09 \text{ кг}}$$

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

Матеріальний баланс стадії відділення мурашиної кислоти наведено у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Матеріальний баланс стадії вилучення мурашиної кислоти

СТАТТЯ ПРИХОДУ		СТАТТЯ ВИТРАТ	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Мурашина кислота	522,56	Мурашина кислота	470,3
Формальдегід	7,68	Вода	171,81
Водяна пара	190,9	Несконденсовані речовини в т. ч.	
Метилформіат	7,8		
Побічні продукти в т.ч.		Формальдегід	7,68
CO	56,4	Метилформіат	7,8
CO ₂	14,1	CO	56,4
Повітря в т.ч.		CO ₂	14,1
O ₂	974,4	O ₂	974,4
N ₂	5047,3	N ₂	5047,3
		Мурашина кислота	52,26
		Водяна пара	19,09
ВСЬОГО	6821,14	ВСЬОГО	6821,14

6. Ректифікація

Мурашина кислота з водою утворює азеотропну суміш концентрацією 77,5%. Після двоетапної ректифікації утворюється 85% розчин мурашиної кислоти.

1. Кількість води у азеотропній суміші:

$$G_2(\text{H}_2\text{O}) = \frac{470,3}{0,775} - 470,3 = \underline{136,5 \text{ кг}}$$

2. Кількість води у розчині мурашиної кислоти:

$$G_2(\text{H}_2\text{O}) = \frac{470,3}{0,85} - 470,3 = \underline{83 \text{ кг}}$$

Матеріальний баланс стадії ректифікації представлено у таблиці 2.8.

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

Таблиця 2.8 - Матеріальний баланс стадії ректифікації

СТАТТЯ ПРИХОДУ		СТАТТЯ ВИТРАТ	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Азеотропна суміш в т.ч.		Розчин кислота в т.ч.	
Мурашина кислота	470,3	Мурашина кислота	470,3
Вода	136,5	Вода	83
Вода	127,7	Вода	181,2
ВСЬОГО	734,5	ВСЬОГО	734,5

У таблиці 2.9 наведено зведений матеріальний баланс технології.

Таблиця 2.9- Зведений матеріальний баланс виробництва мурашиної кислоти

СТАТТЯ ПРИХОДУ		СТАТТЯ ВИТРАТ	
Речовина	Маса, кг	Речовина	Маса, кг
Розчин метанолу в т.ч.		Розчин кислоти в т.ч.	
Метанол	450,0	Мурашина кислота	470,3
Вода	50,0	Вода	83
Повітря в т.ч.		Несконденсовані речовини в т.ч.	
O ₂	1341,7	Формальдегід	7,68
N ₂	5047,3	Метилформіат	7,8
		CO	56,4
		CO ₂	14,1
		O ₂	974,4
		N ₂	5047,3
		Мурашина кислота	52,26
		Водяна пара	19,09
		Вода	165,89
		Втрати	17,78
ВСЬОГО	6889	ВСЬОГО	6889

2.5 Розрахунок теплового балансу технології

Розрахунок теплового балансу проводиться на основі матеріального балансу.

Представимо процес окиснення метанолу наступною реакцією:



Знайдемо кількість тепла, що виділяється в результаті реакції:

$$Q_p = 12,8 \cdot 500 \cdot 156,6 = \underline{1\,002\,240 \text{ Дж}}$$

На реактор поступають речовини з наступною теплоємністю (при $T = 393\text{K}$):

- $C(\text{O}_2) = 56,96 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K}$;
- $C(\text{N}_2) = 29,55 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K}$;
- $C(\text{CH}_3\text{OH}) = 51,829 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K}$.

Розрахуємо, якими є показники фізичного тепла речовин, які надходять до реактора:

$$n(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{432,14}{32} = \underline{13,5 \text{ кмоль}}$$

$$Q(\text{CH}_3\text{OH}) = 51,829 \cdot 13,5 \cdot 393 = \underline{274\,978 \text{ кДж}}$$

$$n(\text{O}_2) = \frac{194,5}{32} = \underline{6,07 \text{ кмоль}}$$

$$Q(\text{O}_2) = 59,96 \cdot 6,07 \cdot 393 = \underline{143\,035 \text{ кДж}}$$

$$G(\text{N}_2) = \frac{0,79 \cdot 648,21 \cdot 28}{22,4} = \frac{14338,4}{22,4} = \underline{640,1 \text{ кг}}$$

$$n(\text{N}_2) = \frac{640,1}{28} = \underline{22,8 \text{ кмоль}}$$

$$Q(\text{N}_2) = 29,55 \cdot 22,8 \cdot 393 = \underline{264\,780 \text{ кДж}}$$

Теплота екзотермічної реакції складається з теплоти екзотермічної реакції та фізичної теплоти реагентів:

$$Q_{\text{пр}} = Q_p + Q(\text{CH}_3\text{OH}) + Q(\text{O}_2) + Q(\text{N}_2)$$

$$Q_{\text{пр}} = 1002240 + 274978 + 143035 + 264780 = \underline{1\,685\,033 \text{ кДж}}$$

Втрати тепла в реакторі становлять близько 5%:

$$Q_{\text{втр}} = 0,05 \cdot 1685033 = \underline{84\,251 \text{ Дж}}$$

Температура продукту на виході з реактора становить 603 К.

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

Теплоємність матеріалу на виході з реактора при цій температурі становить:

- $C(\text{НСООН}) = 70,15 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К};$
- $C(\text{СН}_3\text{ОН}) = 67,43 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К};$
- $C(\text{НСНО}) = 48,35 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К};$
- $C(\text{N}_2) = 30,44 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К};$
- $C(\text{H}_2\text{O}) = 35,26 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К};$
- $C(\text{CO}) = 29,91 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К};$
- $C(\text{CO}_2) = 18,57 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}.$

Фізичне тепло продуктів реакції:

$$n(\text{НСНО}) = \underline{12,8 \text{ кмоль}}$$

$$Q(\text{НСНО}) = 48,35 \cdot 12,8 \cdot 603 = \underline{373\ 184 \text{ кДж}}$$

$$n(\text{СН}_3\text{ОН}) = \frac{4,3}{32} = \underline{0,13 \text{ моль}}$$

$$Q(\text{СН}_3\text{ОН}) = 67,43 \cdot 0,13 \cdot 603 = \underline{5\ 285 \text{ кДж}}$$

$$n(\text{НСООН}) = \frac{1,8}{46} = \underline{0,04 \text{ моль}}$$

$$Q(\text{НСООН}) = 70,15 \cdot 0,04 \cdot 603 = \underline{1\ 692 \text{ кДж}}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{204,34}{18} = \underline{11,35 \text{ кмоль}}$$

$$Q(\text{H}_2\text{O}) = 35,26 \cdot 11,35 \cdot 603 = \underline{241\ 321 \text{ кДж}}$$

$$n(\text{CO}_2) = \frac{2,9}{44} = \underline{0,07 \text{ кмоль}}$$

$$Q(\text{CO}_2) = 18,57 \cdot 0,07 \cdot 603 = \underline{784 \text{ кДж}}$$

$$n(\text{CO}) = \frac{29,3}{28} = \underline{1,05 \text{ кмоль}}$$

$$Q(\text{CO}) = 29,91 \cdot 1,05 \cdot 603 = \underline{18\ 938 \text{ кДж}}$$

$$Q(\text{N}_2) = 30,44 \cdot 22,8 \cdot 603 = \underline{418\ 501 \text{ кДж}}$$

Сумарне фізичне тепло продуктів реакції:

$$\begin{aligned} Q_{\text{витрат}} &= 373184 + 5285 + 1692 + 241321 + 784 + 18938 + 418501 = \\ &= \underline{1\ 059\ 705 \text{ кДж}} \end{aligned}$$

Тепло, яке необхідно відводити з реактора:

$$Q_{\text{відв.}} = Q_{\text{прихід}} - Q_{\text{витрат}} - Q_{\text{втр.}}$$

$$Q_{\text{відв.}} = 1685033 - 1059705 - 84251 = \underline{541\ 077 \text{ Дж}}$$

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

У таблиці 2.10 представлено результат розрахунку теплового балансу технології виробництва мурашиної кислоти на основі матеріального балансу, розрахунок якого було представлено у п.2.4.

Таблиця 2.10 - Тепловий баланс технології виробництва мурашиної кислоти

СТАТТЯ ПРИХОДУ		СТАТТЯ ВИТРАТ	
Речовина	Q, кДж	Речовина	Q, кДж
Метанол	274 978	Формальдегід	373 184
O ₂	143 035	Метанол	5 285
N ₂	264 780		
Q _{p.}	1 002 240	CO	18 938
		CO ₂	784
		Мурашина кислота	1 692
		Водяна пара	241 321
		N ₂	418 501
		Q _{відв.}	541 077
		Q _{втр.}	84 251
ВСЬОГО	1 685 033	ВСЬОГО	1 685 033

2.6 Підбір технологічного обладнання

До *основного технологічного обладнання* за принципово технологічною схемою (рисунок 2.2) ми можемо віднести наступні апарати:

- випарник;
- кожухотрубний теплообмінник;
- контактний апарат для окиснення метанолу – трубчастий контактний реактор;
- контактний апарат для окиснення формальдегіду – трубчастого типу;
- конденсатор;
- ректифікаційні колони;
- порожнистий форсунковий скрублер.

Допоміжне обладнання:

- напірний бак;
- пневматичний мембранний насос;
- вентилятор радіальний вибухозахисний-жаростійкий.

1. Випарник

Основним завданням процесу є випарювання робочого середовища (холодного теплоносія) і переведення його з рідкого стану в паровий (або газовий) стан за рахунок передачі тепла від гарячого теплоносія до холодного, що кипить та випаровується.

Випарники-конденсатори. По обидві сторони поверхні теплопередачі теплоносії змінюють свій агрегатний стан, у той час як гарячий теплоносії віддає тепло та конденсується, інший холодний теплоносії по іншу сторону поверхні нагрівається та випаровується [17].

Випарні апарати *класифікують* за:

- 1) типом поверхні обігріву (парові оболонки, зміювики);
- 2) розташуванням у просторі (горизонтальні, вертикальні);
- 3) видом теплоносіїв (водяна пара, електричний обігрів);
- 4) в залежності від того, рухаються теплоносії ззовні або усередині нагрівальної камери.

Найбільш суттєвою ознакою класифікації вважають вид і кратність циркуляції розчину [18].

Схема однокорпусного випарного апарату представлена на *рисунку 2.4*.

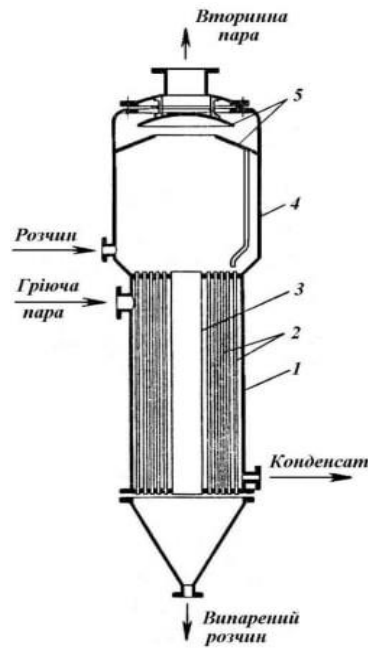


Рисунок 2.4- Однокорпусний випарний апарат

2. Кожухотрубний теплообмінник

Різновид теплотехнічного апарату рекуперативного типу, в якому відбувається теплообмін між двома не змішуваними середовищами, які розділені стінками прохідних каналів.

Кожухотрубні теплообмінники називаються так тому, що тонка трубка, по якій рухається теплоносій, знаходиться в центрі основної оболонки.

Через простоту конструкції та надійність кожухотрубні теплообмінники є на сьогоднішній день найпоширенішими апаратами серед рекуперативних теплообмінників, що використовуються в технологічних процесах в енергетиці, комунальному господарстві, нафтопереробної, хімічної, газової та інших галузях промисловості.

Кожухотрубні теплообмінники складаються з пучка труб, закріплених на трубній решітці і закриті кожухом або кришкою.

Проміжки між трубками, по яких рухаються гарячий і холодний теплоносії, відокремлені один від одного поверхнями теплообміну, і кожен з цих просторів може бути розділений перегородками на кілька проходів. Кількість трубок в корпусі визначає швидкість руху матеріалу, кількість тепла,

що передається через трубки, і кількість тепла, що передається від трубок до матеріалу [19].

У промисловості теплообмінні апарати застосовують для нагрівання „гарячим” теплоносієм „холодного” та охолодження або нагрівання різних речовин до заданих параметрів. Гарячим теплоносієм прийнято називати робоче тіло, яке віддає теплоту, а холодним теплоносієм – речовину, що сприймає цю теплоту [20].

Схема кожухотрубного теплообмінника представлено на *рисунку 2.5*.

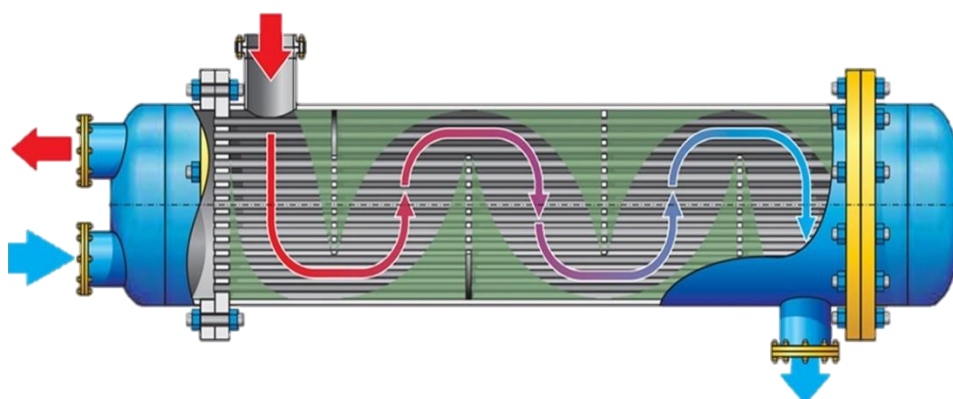


Рисунок 2.5 - Схема кожухотрубного теплообмінника

3. Трубчастий контактний реактор

Трубчасті контактні реактори використовуються для окислення метанолу. У каталітичних реакціях трубчасті хімічні реактори передають тепло в зоні реакції через стінку труби і часто використовуються в процесах високотемпературної газифікації.

Конструктивно трубчасті реактори нічим не відрізняються від аналогічних теплообмінників.

Контактні реактори зазвичай виготовляються на замовлення.

Схему трубчастого контактного апарату наведено на *рисунку 2.6*.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

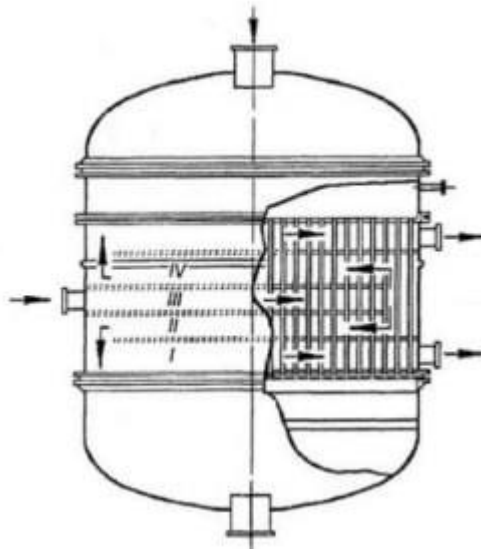


Рисунок 2.6 - Схема трубчастого контактеного апарату

Стабільність процесу в трубчастих реакторах в основному визначається внутрішнім діаметром труби (ВДТ).

Зі збільшенням діаметра внутрішньої труби спрощується конструкція реактора і може бути збільшена його потужність, але погіршується стабільність системи, що виражається, наприклад, у збільшенні параметричної чутливості і величини динамічного сповільнення.

При виборі максимального ВДТ для екзотермічних процесів важливим показником є параметрична чутливість, динамічні характеристики, допустимий гідравлічний опір шару каталізатора, селективність процесу і точність стабілізації вхідних параметрів, які визначаються з аналізу усталених і перехідних процесів в трубках різного діаметру.

Максимальне значення ВДТ в процесі окиснення метанолу до формальдегіду становить 25 мм [21].

4. Конденсатор

Теплоносієм є вода або будь-яка інша неагресивна, невибухонебезпечна, незаймиста рідина з температурою кипіння не вище +60°C.

Усередині конденсаторів КК і ККН знаходиться пучок труб, по яких циркулює охолоджуюча вода. Конденсована пара циркулює між трубками.

Приклад зовнішнього вигляду конденсатора представлено на *рисунку 2.7*

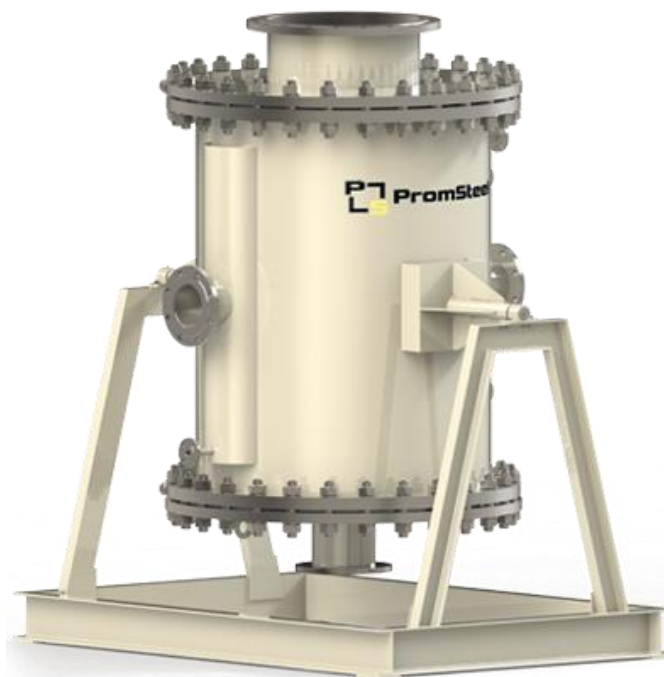


Рисунок 2.7 Зовнішній вигляд конденсатора

У *таблиці 2.11* наведено технічну характеристику конденсатора (КНВ).

Таблиця 2.11 - Технічна характеристика конденсатора (КНВ)

ХАРАКТЕРИСТИКА	ЗНАЧЕННЯ
Промір кожуха, мм	800
Розрахунковий тиск, мПа: - в трубному просторі	1,2
- в міжтрубному просторі	0,8
Довжина конденсатора, мм	6000
Довжина труб, мм	4000

[22]

5. Ректифікаційна колона

Тепломасообмінний апарат, у якому по висоті колони знизу вгору на тарілках знижується температура кипіння рідини від максимальної в кубовій частині до мінімальної на верхній тарілці концентраційної колони [23].

Схема ректифікаційної колони наведена на *рисунку 2.8*.

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

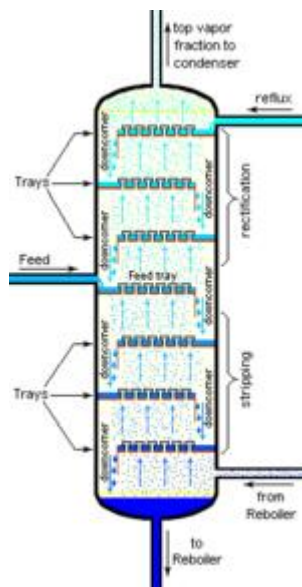


Рисунок 2.8 - Схема ректифікаційної колони

Внизу колони температура практично дорівнює температурі кипіння ВКК при відповідному тиску в колоні. На верхній тарілці колони температура практично дорівнює температурі кипіння НКК.

На кожній тарілці колони встановлюється відповідна концентрація компонента у рідині та відповідна температура кипіння рідини.

Параметри роботи колони залежать від властивостей розділювальної суміші, тиску в колоні, типу контактних пристроїв і режиму роботи тарілки в певних гідродинамічних умовах.

Ректифікаційна колона безперервної дії складається з двох частин: верхньої (концентраційної) частини і нижньої (вичерпної) частини [24].

6. Порожнистий форсунковий скруббер

Доземний сталевий циліндр висотою 10...20 м, в якому газ рухається переважно знизу вверх, а рідина у вигляді краплин – навпаки.

Схематично він зображений на *рисунку 2.9*.



Рисунок 2.9 - Порожнистий форсунковий скруббер

Диспергування рідини здійснюється з допомогою форсунок – відцентрових, а частіше – евальвентних, розташованих у 2-3 яруси по висоті. В кожному ярусі форсунки розміщують так і у такій кількості, щоб весь переріз скрубера був перекритий краплинами рідини [25, 26].

7. Напірний бак

Виготовлені з високоякісного полімеру з відмінною корозійною та хімічною стійкістю. Сфери застосування: системи водопідготовки, котельні, харчові, хімічні та фармацевтичні підприємства.

Зовнішній вигляд напірного баку наведено на *рисунку 2.10*.



Рисунок 2.10 - Зовнішній вигляд напірного баку

У таблиці 2.12 наведено технічну характеристику напірного баку НVP1500.

Таблиця 2.12- Технічна характеристика напірного баку

ХАРАКТЕРИСТИКА	ЗНАЧЕННЯ
Об'єм корпусу, м ³	1,5
Габаритні розміри, D×H, мм	1010×2332
Номінальний тиск, МПа	10,0

[12]

8. Пневматичний мембранний насос

Це тип насосів, які використовують стиснене повітря для переміщення мембрани, внаслідок чого відбувається перекачування рідини. Їх також іноді називають двоступеневими чи діафрагмовими насосами.

Вони можуть бути використані для перекачування різних рідин, включаючи концентровані соки або сік. Їх переваги включають можливість перекачування в'язких і агресивних рідин, а також можливість сухого ходу (відсутність продукту в місці роботи насоса) [27].

Продуктивність пристрою може регулюватися користувачем в діапазоні 0-100% без втрати тиску. Насос приводиться в дію компресором. Зовнішній вигляд даного насосу представлено на *рисунку 2.11*.



Рисунок 2.11 - Пневматичний мембранний насос

Мембранні (діафрагмові) насоси - це поршневі насоси односторонньої дії, які використовуються для перекачування шламів і хімічно агресивних рідин. Циліндр насоса і плунжер відокремлені від перекачуваної рідини мембраною (еластичною перегородкою) з м'якої гуми або спеціальної сталі, завдяки чому плунжер не контактує з перекачуваною рідиною і не піддається впливу хімічно активних середовищ або ерозії. Коли плунжер рухається вгору, діафрагма прогинається вправо під впливом різниці тиску між двома сторонами, і рідина всмоктується через кульовий клапан в насос.

Коли плунжер рухається вниз, діафрагма прогинається вліво, і рідина виштовхується через нагнітальний клапан в напірну лінію. Всі частини насоса, які контактують з перекачуваною рідиною, такі як корпус, клапанна коробка і кульовий клапан, виготовлені з кислотостійких матеріалів або захищені кислотостійким покриттям [28].

Випускається вакуумний мембранний насос багатьма великими марками промислового обладнання.

У таблиці 2.13 наведено технічну характеристику пневматичного мембранного насосу.

Таблиця 2.13- Технічна характеристика пневматичного мембранного насосу

ХАРАКТЕРИСТИКА	ЗНАЧЕННЯ
Продуктивність, л/год	9
Напір, м	80
Тиск подачі повітря, МПа	0,8

[12]

9. Вентилятор радіальний вибухозахищений-жаростійкий

Для використання у вибухонебезпечних зонах і для видалення газоподібних горючих і негорючих середовищ.

При транспортуванні газових сумішей вони не повинні містити твердих домішок, пилу, липких або волокнистих речовин понад 0,1 г/м³.

Зовнішній вигляд даного вентилятора наведено на *рисунку 2.12*.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54



Рисунок 2.12 - Зовнішній вигляд вентилятора радіального

Відцентрові вентилятори з прямим приводом подають об'єм повітря між 1550 м³/год і 6000 м³/год з різними стандартними типами.

Таким чином, робоче колесо вентилятора встановлено безпосередньо на валу двигуна забезпечує ефективне охолодження двигуна потоком повітря вентилятора [29].

Деякі його технічні характеристики наведено у *таблиці 2.14*.

Таблиця 2.14 - Технічна характеристика вентилятора радіального

ХАРАКТЕРИСТИКА	ЗНАЧЕННЯ
Потужність двигуна, кВт	1,1
Частота обертання двигуна, об/хв	3000
Продуктивність, м ³ /год	500-1000

[12]

У *таблиці 2.15* буде представлено марки та габарити представлених вище апаратів.

Таблиця 2.15 - Технологічне обладнання технології виробництва мурашиної кислоти

НАЙМЕНУВАННЯ	МАРКА	ПОТУЖНІСТЬ, ГАБАРИТИ	КІЛЬ- КІСТЬ
Випарник	1200 ВН-2-1,0- 0,6-М1/20Д-5- 1-У-І	Діаметр – 1200 мм Довжина – 5000 мм	1
Теплообмінник кожухотрубний	ТКА	-	1
Контактний апарат для окиснення метанолу	-	Потужність за метанолом – 500 кг/роду	1
Контактний апарат для окиснення формальдегіду	-	Потужність за формальдегідом – 100 кг/роду	3
Конденсатор	КНВ	Діаметр – 800 мм Довжина – 6000 мм	1
Ректифікаційна колона	-	Потужність 50 л/род Колона І: 20 тарілок Колона ІІ: 10 тарілок	2
Порожнистий форсуноквий скрубєр	ПФП	Потужність – 3500 м ³ /род Довжина – 2380 мм Ширина – 1580 мм Висота – 3100 мм	1
Напірний бак	НVP1500	Об'єм корпусу – 1,5 м ³ Довжина – 1010 мм Висота – 2332 мм	1

Вентилятор радіальний	ВРЖ-12-26 №12,5	Потужність – 500..1000 м ³ /год Частота обертання двигуна – 3000 об/хв	5
Мембранний насос	BOXER 7	Потужність – 9 л/хв	2

[12]

2.7 Опис апаратурно-технологічної схеми технології

Метиловий спирт подається в напірний бак **1**, звідки відцентровим насосом **2** подається у випарник **3**, де нагрівається до 80°C парами.

У випарник також подається стиснене атмосферне повітря, утворюючи суміш парів метилового спирту з повітрям. Потім суміш подається вентилятором **4** до теплообмінника **5**, де нагрівається до температури 120-180°C за рахунок тепла реакційного газу від контактора **7**. За допомогою вентилятора **6** нагріта пароповітряна суміш направляється в контактор **8**, заповнений залізо-молібденовим каталізатором, для контактного окислення при температурі 350-380 °С.

Реакційні гази окислення метанолу проходять через трубчасту частину теплообмінника **5** і направляються вентилятором **6** до контакторів **9**, **11** і **13**. Переміщення між апаратами здійснюється вентиляторами **10** і **12**.

Продукти реакції (мурашина кислота) і контактор вентилятором **14** направляються в теплообмінник-конденсатор **15**, де в трубну частину конденсатора подається холодна вода з температурою не вище 15°C.

Сконденсована мурашина кислота насосом **16** направляється в ректифікаційну колону **18**, куди вода подається у вигляді дистилату під тиском $1,8 \cdot 10^5$ Па, а кубовий продукт вентилятором **19** направляється в ректифікаційну колону **20**, яка працює під тиском $0,5 \cdot 10^5$ Па.

Кубовий продукт цієї колони, азеотропну суміш, повертають в колону **18** для зневоднення. Концентрована мурашина кислота виводиться з верхньої

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

частини колони **20** і потрапляє в збірник **22**. Цей процес забезпечується вентилятором **21**.

Газовий потік після конденсатора **15** направляється в абсорбер **23** для очищення за допомогою вентилятора **17**, після чого розділяється на регенований газ і відпрацьований газ. Відпрацьовані гази відправляються на утилізацію, а регеновані повертаються в систему рециркуляції [12].

Описана схема наведена на *рисунку 2.13*.

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

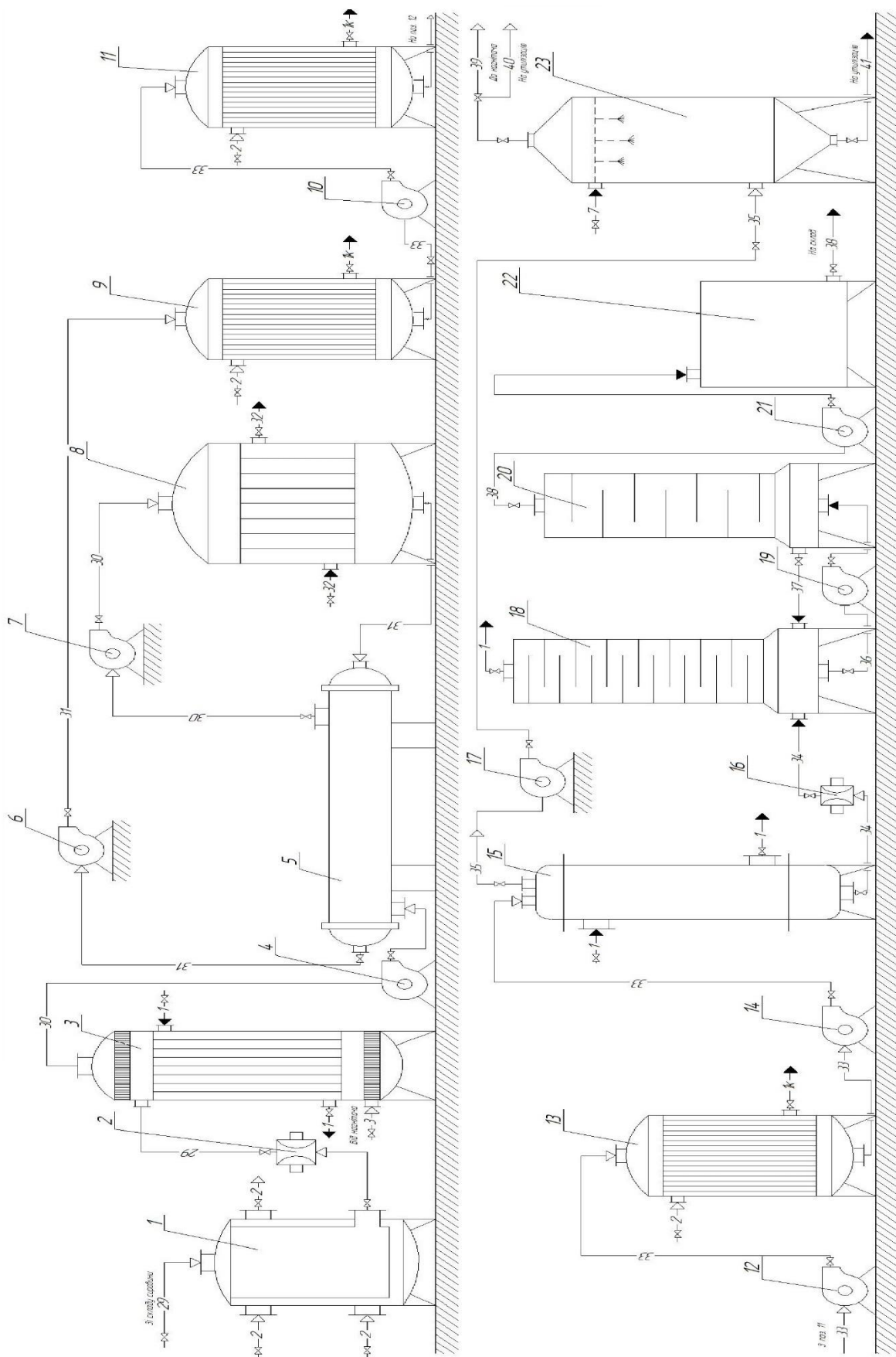


Рисунок 2.13 - Апаратурно-технологічна схема виробництва мурашиної кислоти

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

У таблиці 2.16 наведено специфікацію до апаратурно-технологічної схеми виробництва мурашиної кислоти, яка представлена на *рисунку 2.13*.

Таблиця 2.16 - Специфікація до апаратурно-технологічної схеми отримання мурашиної кислоти

№	НАЙМЕНУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ	КІЛЬКІСТЬ
1	Напірний бак	1
2,16	Відцентровий насос	2
3	Випарник	1
5	Теплообмінник	1
4,6,7,10,12,14,17,19,21	Радіальний вентилятор	9
8,9,11,13	Контактний апарат	4
15	Теплообмінник-конденсатор	1
19,20	Ректифікаційна колона	2
22	Збірник	1
23	Абсорбер	1

2.8 Розрахунок контактного апарату

Розрахунок основних розмірів контактора для окислення метанолу продуктивністю 500 кг/год виконано згідно з методикою:

1. Кількість каталізатора, який міститься в реакторі:

$$V_k = \frac{V_c}{\omega} \rightarrow \omega = \frac{V_c}{V_k}$$

де ω - об'ємна швидкість подачі сировини;

V_c - об'ємна витрата сировини.

Загальний об'єм підтримуваного каталізатора становить $V_k = 1,0 \text{ м}^3$.

Об'єм сировини, що надходить в реактор:

$$V_{\text{СНЗОН}} = n_{\text{СНЗОН}} \cdot 22,4$$

$$V_{\text{СНЗОН}} = 13,5 \cdot 22,4 = \underline{302,4 \text{ м}^3}$$

$$V_c = V_{\text{СНЗОН}} + V_{\text{пов.}}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

$$V_c = 302,4 + 648 = \underline{950,4 \text{ м}^3}$$

$$\omega = \frac{950,4}{1,0} = \underline{950,4 \text{ год}^{-1}}$$

2. Загальна кількість трубок в реакторі:

$$N = \frac{V_k}{0,785 \cdot l \cdot d^2}$$

$$N = \frac{1,0}{0,785 \cdot 1,1 \cdot 0,023^2} = \underline{2 \ 189 \text{ шт.}}$$

де l – довжина трубки, 1,1 м;

d – внутрішній діаметр трубки, 0,023 м.

3. Кількість трубок розташованих по діаметру реактора:

$$n = \sqrt{\frac{4 \cdot N - 1}{3}}$$

$$n = \sqrt{\frac{4 \cdot 2189 - 1}{3}} = \sqrt{\frac{8755}{3}} = \sqrt{2918} = \underline{54 \text{ шт.}}$$

4. Діаметр реактора:

$$D = (n+1) \cdot b$$

$$D = (54+1) \cdot 0,032 = 55 \cdot 0,032 = \underline{1,8 \text{ м}}$$

де b – відстань між центрами труб, 0,032 м.

5. Площа поверхні теплообміну реакційних трубок для відводу теплоти:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}}$$

де K – коефіцієнт теплопередачі, 100 Вт/м²·К;

Δt_{cp} – середня різниця температур теплоносіїв;

Q – теплове навантаження, кДж;

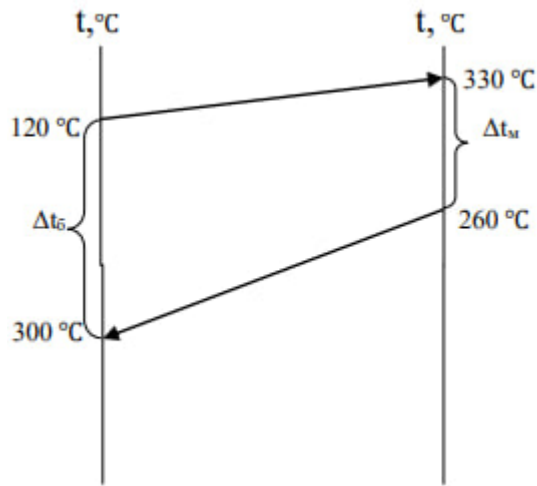
$$t_{1n} = 120 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_{2n} = 260 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_{1к} = 330 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_{2к} = 300 \text{ }^\circ\text{C};$$

					ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61



$$\Delta t_{\delta} = 300 - 120 = \underline{180} \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_M = 330 - 260 = \underline{70} \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_M} = \frac{180}{70} = \underline{2,57}$$

Враховуючи те, що $\Delta t_{\delta}/\Delta t_M = 4,2 > 2$, то середню різницю розраховують за формулою:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_M}}$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{180 - 70}{\ln 2,57} = 116,5 \text{ }^{\circ}\text{C} = \underline{389,5 \text{ K}}$$

$$F_{\text{необ.}} = \frac{1491876500}{3600 \cdot 100 \cdot 389,5} = \frac{1491876500}{140220000} = \underline{10,6 \text{ м}}$$

$$F_{\text{розр.}} = N \cdot \pi \cdot d \cdot l$$

$$F_{\text{розр.}} = 2189 \cdot 3,14 \cdot 0,023 \cdot 1,1 = \underline{173,9 \text{ м}}$$

Розраховані розміри та вихідні дані для контактного апарату окиснення метанолу:

- діаметр реактора, $D = 2,0 \text{ м}$;
- площа поверхні теплообміну, $F = 173,9 \text{ м}^2$;
- довжина трубки, $l = 1,1 \text{ м}$;
- внутрішній діаметр трубки, $d = 0,023 \text{ м}$;
- кількість трубок розташованих по діаметру реактора, $n = 54 \text{ шт}$;
- загальна кількість трубок в реакторі, $N = 2189 \text{ шт}$;
- відстань між центрами трубок, $b = 0,032 \text{ м}$.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Контактний апарат для окиснення метанолу представлено на *рисунку 2.14.*

У *таблиці 2.17* представлено специфікацію до *рисунку 2.14.*

Таблиця 2.17 - Специфікація до контактного апарату для окиснення

ПОЗ.	НАЙМЕНУВАННЯ	КІЛЬКІСТЬ
1	Камерна верхня	1
2	Шпилька	2
3	Гайка	2
4	Прокладка	2
5	Корпус	1
6	Опора-лапа	1
7	Камера нижня	1
А, Б	Патрубки для входу і виходу паро-повітряної суміші	2
В, Г	Патрубки для входу і виходу Даутерм А	2
Д ₁ , Д ₂	З'єднання з атмосферою	2

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

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Арк.

63

РОЗДІЛ ІІІ. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

3.1 Економічні показники виробництва: собівартість, рентабельність

Підприємство - це самостійний суб'єкт господарювання, який створено органами державної влади або місцевого самоврядування (або іншим суб'єктом), які компетентні в даному питанні, задля задоволення потреб як особистих, так і суспільних, шляхом систематичного здійснення діяльності у різних сферах, таких як: виробнича, науково-дослідна, торговельна, та інших видів господарської діяльності.

Як суб'єкти ринкової економіки, підприємства мають самостійний баланс, банківські рахунки, печатки та товарні знаки.

Основним завданням діяльності підприємства є забезпечення потреб суспільства товарами (послугами) відповідного асортименту та належної якості.

Підприємство (фірма) як визначальна ланка національної економіки може функціонувати за певних умов. Реальними суб'єктами ринкових відносин підприємства, незалежно від їхніх масштабів, форм організації, структури власності та сфери діяльності, можуть бути за наступних умов:

1. Коли воно є економічно самостійним товаровиробником. Це дає можливість йому на свій розсуд використовувати майно, що йому належить, визначати програму дій, обирати постачальників та споживачів.
2. Стимулом діяльності підприємства (фірми) є прибуток у процесі кругообігу капіталу.
3. Економічна відповідальність за результати господарської діяльності – як поточними доходами, так і їх капіталом.

					<i>ННІХТ.ЗХТ-5-1.065.161.КР.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Сінкевич Я.І.</i>			ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Романова О.О.</i>					65	91
<i>Реценз .</i>						НУХТ Каф. ТЖХТ		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>						

Створення такого середовища означає, що наша країна переходить до ринкової економіки. Цей процес є складним і займе значний проміжок часу, поки відбуватиметься трансформація форм власності, структур та організації виробництва.

Україна, в нинішніх реаліях, знаходиться на переламному етапі реформації відносин власності та перебуває у потоці становлення механізмів приватної власності, збільшення приватного та підприємницького секторів у ніші економіки. Зараз більш ніж 75% всього обсягу продукції, що виробляє українська промисловість, належить недержавним формам власності.

Цьому також сприяє законодавча база: Закон "Про власність", Закон "Про підприємства в Україні", Закон "Про обмеження монополізму в підприємницькій діяльності та недопущення недобросовісної конкуренції".

Валовий оборот підприємства - це загальний обсяг продукції підприємства, незалежно від того, чи використовується вона всередині підприємства, чи за його межами.

Внутрішньозаводський оборот - це обсяг випуску підприємства, який використовується в межах підприємства для подальшої переробки.

Валовий випуск вимірюється за поточними оптовими цінами, витратами та робочим часом. Показник валової продукції визначає потребу в матеріальних, трудових і фінансових ресурсах, необхідних для виконання виробничої програми. Показник валової продукції має серйозний недолік, який спотворює об'єктивну оцінку результатів діяльності підприємства. Він враховує історичні витрати праці (матеріальні витрати та амортизацію), а це означає, що розрахунки повторюються [30].

Собівартість продукції (робіт, послуг) - це витрати, пов'язані з використанням у технологічному процесі виробництва (виконання робіт, надання послуг) природних ресурсів, сировини, матеріалів, палива, енергії, основних виробничих фондів, нематеріальних активів, спеціального обладнання, інструменту, інвентарю, трудових і фінансових ресурсів, а також

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

витрати на збут готової продукції, включаючи відрахування, податки і платежі, встановлені державою як обов'язкові [31].

На *рисунку 3.1* наведено види собівартості.

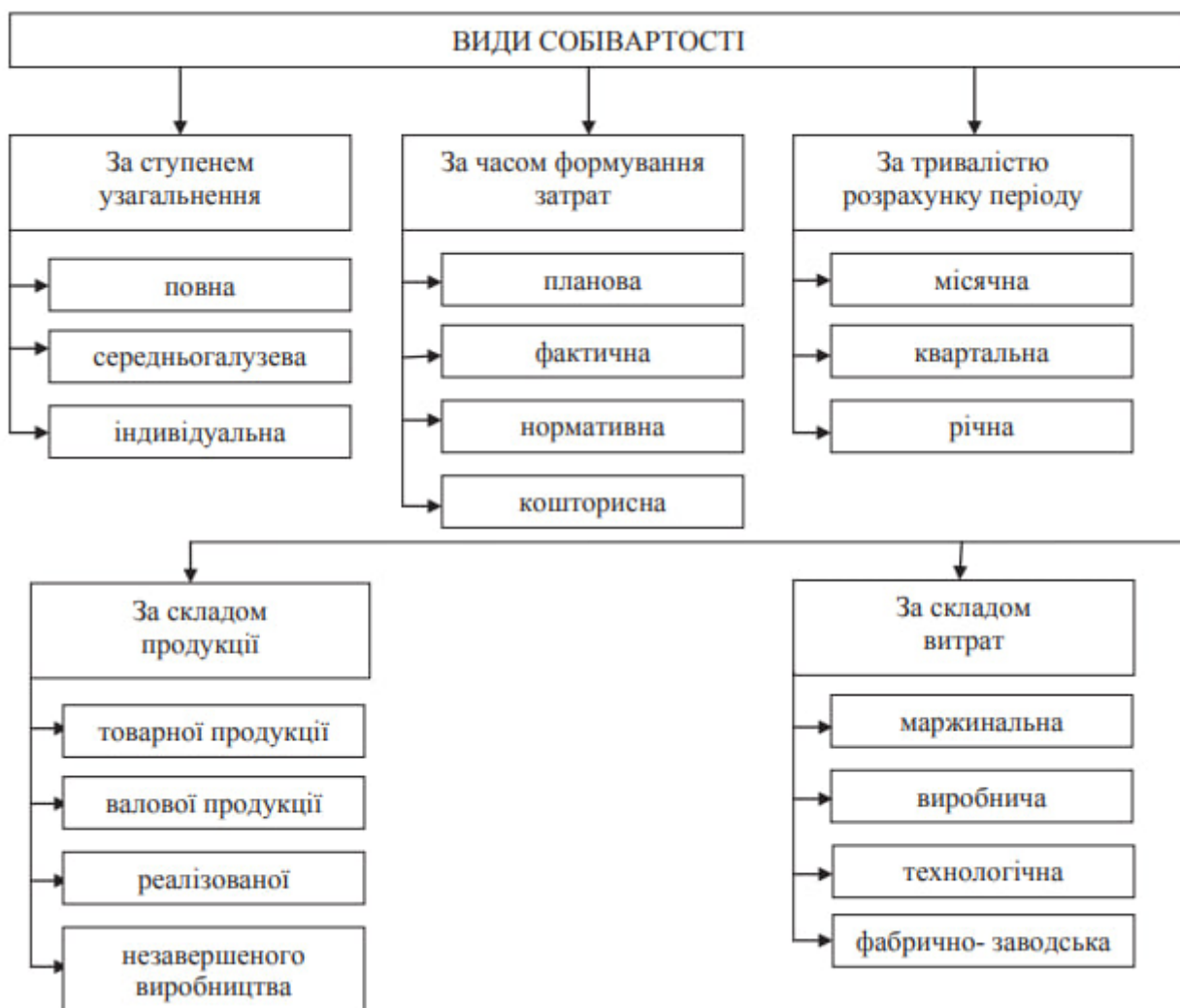


Рисунок 3.1 - Види собівартості

Показники рентабельності характеризують здатність відшкодувати понесені витрати (використані ресурси) і є основою для подальшого розвитку бізнесу підприємства. Показники рентабельності відображають результати діяльності підприємства за межами його прибутку і використовуються як інструмент інвестиційної та цінової політики.

У групі показників рентабельності собівартості продукції виділяють такі показники: операційна рентабельність продукції на основі витрат на виробництво та реалізацію; чиста операційна рентабельність продукції на основі витрат на виробництво та реалізацію.

Дані показники визначаються відношенням операційного прибутку або чистого прибутку від операційної діяльності (за вирахуванням податку на прибуток від операційної діяльності) до собівартості продукції та собівартості реалізованої продукції відповідно.

Показники рентабельності можна класифікувати на наступні групи:

1. Показники, що характеризують собівартість виробництва та окупність інвестиційних проектів.
2. Показники рентабельності продажів.
3. Показники, що характеризують рентабельність капіталу та його складових.

Рентабельність виробничої діяльності (окупність витрат) - це відношення валового прибутку (ВП) або чистого прибутку (ЧП) до собівартості реалізованої продукції (СРП).

При розрахунку рентабельності господарської діяльності пропонується співвідносити прибуток або чистий прибуток, отриманий від господарської діяльності, з витратами на здійснення господарської діяльності.

Основними цілями аналізу рентабельності є

- оцінка ефективності поточної діяльності підприємства;
- визначення впливу різного ряду факторів на зміну рентабельності;
- виявлення змін у прибутковості за певний період часу;
- визначення резервів підвищення рентабельності [32].

3.2 Техніко-економічне обґрунтування обраної технології

За допомогою розрахунку всіх витрат на виробництво, а також враховуючи собівартість продукції ми можемо зрозуміти, чи є доцільним виробництво мурашиної кислоти з метанолу.

У таблиці 3.1 представимо витрати на сировину, якою виступає метанол та вода.

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Таблиця 3.1 - Витрати на сировину для отримання мурашиної кислоти

СИРОВИНА	ОД.ВИМ.	НЕОБХІДНО	ЦІНА, ОД.	СУМА, ГРН
Метанол	кг	450	290	130500
Вода	кг	50	9,50	476
ВСЬОГО	кг	500	299,50	130976

1. Метиловий спирт: $450 \cdot 290 = 130\ 500$ грн

2. Вода: $50 \cdot 9,50 = 476$ грн

Отже, витрати на 500 кг сировини (розчин метилового спирту) для виготовлення мурашиної кислоти становлять 130976 грн.

Транспортно-заготівельні витрати на сировину становлять 5 %:

$$130976 \cdot 0,05 = 65489 \text{ грн}$$

Отже, загальні витрати дорівнюють:

$$130976 + 6549 = 137\ 525 \text{ грн}$$

Енергоспоживання для виробництва мурашиної кислоти з 500 кг розчину метилового спирту становить 900 кВт.

Згідно з постановою Кабінету Міністрів України №1375 ціна за електроенергію в 2024 році складає 2,64 грн за кВт·год.

Виходячи з цього, витрати на електроенергію, що споживається для виробництва мурашиної кислоти, є наступними:

$$900 \cdot 2,64 = 2376 \text{ грн}$$

Кінцевий продукт, мурашина кислота, виробляється зі швидкістю 500 кг на добу. Виробнича зміна триває 12 годин, а кількість робочих днів становить 250, включно з вихідними та державними святами. Виробництво працює 24 години на добу, тому працівники працюють у дві зміни:

- I зміна – 08:00 – 20:00;

- II зміна – 20:00 – 08:00.

За нічні зміни (22:00 - 6:00 наступного дня) за кожну відпрацьовану годину доплачується 25% погодинної ставки.

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ставки для працівників різних розрядів розраховуються шляхом множення ставки для працівників I розряду на відповідний тарифний коефіцієнт.

Відповідно до статті 8 Закону України «Про Державний бюджет України на 2024 рік», з першого січня 2024 року мінімальна заробітна плата в країні становить *7100 грн.* У погодинному розмірі – 42,6 грн. Тарифний коефіцієнт для працівників II категорії становить 1,09, III категорії - 1,18, IV категорії - 1,27 і VIII категорії - 1,64 [33].

Заробітна плата для працівників першої категорії, включаючи мінімальну заробітну плату, є наступною:

$$7100/160 = \mathbf{44,4 \text{ грн}}$$

Заробітна плата за погодинною системою оплати праці для робітників другого розряду першої зміни є наступною:

$$44,4 \cdot 1,09 = \mathbf{48,4 \text{ грн/год}}$$

Заробітна плата за погодинною системою оплати праці для робітників третього розряду першої зміни є наступною:

$$44,4 \cdot 1,18 = \mathbf{52,4 \text{ грн/год}}$$

Заробітна плата за погодинною системою оплати праці для працівників IV розряду в першу зміну є наступною:

$$44,4 \cdot 1,27 = \mathbf{56,4 \text{ грн/год}}$$

Заробітна плата за погодинною системою оплати праці для працівників VIII розряду є наступною:

$$44,4 \cdot 1,64 = \mathbf{72,8 \text{ грн/год}}$$

Заробітна плата працівників категорії 1, які працюють у дві зміни, включаючи оплату за нічну зміну, є наступною:

$$44,4 \cdot 1,25 = \mathbf{55,5 \text{ грн/год}}$$

Заробітна плата працівників категорії 2, які працюють у дві зміни, включаючи оплату за нічну зміну, є наступною:

$$48,4 \cdot 1,25 = \mathbf{60,5 \text{ грн/год}}$$

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Заробітна плата працівників третьої категорії у другу зміну, включаючи оплату за нічну зміну, є наступною:

$$52,4 \cdot 1,25 = 65,5 \text{ грн/год}$$

Заробітна плата (включаючи оплату за нічну зміну) для працівників IV категорії, які працюють у II зміні, є наступною:

$$56,4 \cdot 1,25 = 70,5 \text{ грн/год}$$

Базові оклади працівників, які працюють за погодинною системою оплати праці, наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Основна заробітна плата працівників

ПОСАДА	К-ТЬ	РОЗРЯД	ЗП, ГРН/ГОД	ЗП/ЗМІНА	ЗАГ. ГРН
<i>Інженер-технолог</i>	1	VIII	72,8	873,6	873,6
<i>Апаратник:</i>					
I зміна	7	IV	56,4	676,8	4737,6
II зміна	7		70,5	846	5922
<i>Оператор лінії:</i>					
I зміна	2	II	48,4	580,8	1161,6
II зміна	2		60,5	726	1452
<i>Підсобний робітник:</i>					
I зміна	3	I	44,4	532,8	1598,4
II зміна	3		55,5	666	1998
ВСЬОГО	25		408,5	4902	17743,2

Отже, основна заробітна плата робітників за зміну складає 17743,2 грн.

Компанія надає додаткову заробітну плату як винагороду за роботу, яка перевищує встановлені норми виробітку, або за особливі індивідуальні умови праці. Розмір становить 30% від основної заробітної плати.

Зобов'язання зі сплати внесків на загальнообов'язкове державне соціальне страхування - 22% від основної заробітної плати.

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаткова заробітна плата та сума ЄСВ наведені в *таблиці 3.3*.

Таблиця 3.3 - Додаткова заробітна плата та відрахування до ЄСВ

ПОКАЗНИК	ВІДСОТОК, %	СУМА, ГРН/ЗМІНА
Додаткова заробітна плата	30	5322,96
Відрахування до ЄСВ	22	3903,5
<i>ВСЬОГО</i>	55	9226,46

Отже, сума додаткових витрат на заробітну плату та відрахування до ЄСВ становлять:

$$5322,96 + 3903,5 = \mathbf{9226,46 \text{ грн}}$$

200% від основної заробітної плати за обслуговування та ремонт виробничого обладнання:

$$17743,2 \cdot 2 = \mathbf{35486,4 \text{ грн/зміну}}$$

Витрати, пов'язані з підготовкою та розвитком виробництва, які становлять 10% від основної заробітної плати (брутто-зарплати):

$$17743,2 \cdot 0,1 = \mathbf{1774,32 \text{ грн/зміну}}$$

Загальновиробничі витрати становлять 250% від валового операційного доходу:

$$17743,2 \cdot 2,5 = \mathbf{44358 \text{ грн/зміну}}$$

Розрахуємо *виробничу собівартість*, склавши суму з усіх розрахованих вище витрат:

$$130976 + 6549 + 2376 + 17743,2 + 9226,46 + 35486,4 + 1774,32 + 44358 = \\ = \mathbf{248489,38 \text{ грн/зміну}}$$

Адміністративні витрати становлять 2,0% від виробничої собівартості:

$$248489,38 \cdot 0,02 = \mathbf{4969,78 \text{ грн/зміну}}$$

3,0% від виробничої собівартості становлять витрати на збут:

$$248489,38 \cdot 0,03 = \mathbf{7454,68 \text{ грн/зміну}}$$

Для всіх інших операційних витрат витрати становлять 1% від виробничої собівартості:

$$248489,38 \cdot 0,01 = \mathbf{2484,89 \text{ грн/зміну}}$$

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
						72
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Отже, повні витрати складають:

$$248489,38 + 4969,78 + 7454,68 + 2484,89 = 263398,73 \text{ грн/зміну}$$

Повні витрати на виробництво за рік будуть становити:

$$263398,73 \cdot 250 = 65849682,5 \text{ грн}$$

Рентабельність виробництва становить 10%, отже прибуток буде складати:

$$65849682,5 \cdot 0,1 = 6584968,25 \text{ грн}$$

Загальна сума, без урахування ПДВ дорівнює:

$$6584968,25 + 65849682,5 = 72434650,75 \text{ грн}$$

ПДВ складає 20%:

$$72434650,75 \cdot 0,2 = 14486930,15 \text{ грн}$$

Загальна сума, з урахуванням ПДВ буде складати:

$$72434650,75 + 14486930,15 = 86921580,9 \text{ грн}$$

Розрахуємо вартість 1 кг товарної мурашиної кислоти:

$$86921580,9 / (500 \cdot 250) = 695,37 \text{ грн}$$

Отримана ціна відповідає середній ринковій ціні літра чистої мурашиної кислоти (~99%) і можна зробити висновок, що обраний метод виробництва мурашиної кислоти є доречним.

					ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

РОЗДІЛ IV. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

4.1 Стандарти якості мурашиної кислоти

Якість стала головним критерієм діяльності виробника. Щоб забезпечити належну якість продукції в Україні створена система контролю.

Контроль виконує такі функції:

- підвищує працездатність за введення принципів заохочення;
- сприяє розвитку інтелекту та наукового пошуку;
- сприяє підвищенню економічних показників;
- підвищує якість, безпечність продукції та її конкурентоспроможність;
- захищає права споживачів тощо.

Нині розроблено декілька тисяч методів аналізу. Контроль харчової продукції здійснюють за допомогою *органолептичного, механічного та інструментального (вимірювального) методів*, які застосовують повсякчасно як безпосередній засіб, за допомогою якого можна дати об'єктивну оцінку якості продукції.

Показники безпеки – забезпечують безпеку харчової продукції при споживанні людиною. До таких показників відносять норми, що обмежують вміст у продуктах отрутних металів (ртуті, свинцю, кадмію), радіоактивних ізотопів, небезпечних для здоров'я мікроорганізмів і ін [36].

Вимоги безпеки до мурашиної кислоти:

1. Гранично допустима концентрація (ГДК) парів мурашиної кислоти у повітрі робочої зони виробничих приміщень 1 мг/м¹. При перевищенні ГДК пари мурашиної кислоти сильно подразнюють верхні дихальні шляхи та слизові оболонки очей. При попаданні на шкірні покриви мурашина кислота спричиняє хімічні опіки.

					<i>ННІХТ.ЗХТ-5-1.079.161.КР.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Сінкевич Я.І.</i>			ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Романова О.О.</i>					79	91
						НУХТ Каф. ТЖХТ		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>						

2. Виробниче обладнання має бути герметичним. Місця відбору проб мають бути обладнані місцевими відсмоктувачами, а приміщення – припливно-витяжною вентиляцією.

3. Весь персонал виробництва повинен бути забезпечений спецодягом згідно з галузевими нормами та мати засоби захисту: протигаз марки А або В, гумові рукавички, гумові чоботи, фартухи з прогумованої тканини та захисні окуляри.

4. При попаданні мурашиної кислоти на шкірні покриви або слизову оболонку очей - рясно промити водою і за необхідності надати лікарську допомогу.

5. Якщо хоча б за одним показником не отримано задовільних результатів аналізу, проводять повторний аналіз проби, відібраної з цистерни, або подвійної проби тієї ж партії. Результати повторного аналізу поширюються на всю партію.

Відповідно до ДСТУ 1706-78 технічна мурашина кислота має відповідати фізико-хімічних вимогам, які представлені у *таблиці 4.1*.

Таблиця 4.1 - Фізико-хімічні властивості мурашиної кислоти відповідно до ДСТУ 1706-78

ПОКАЗНИК	ХАРАКТЕРСТИКА	
	А ОКП 24 3141 0120	Б ОКП 24 3141 0200
Зовнішній вигляд	Прозора безбарвна рідина	
Масова частка мурашиної кислоти, %, не менше	98,5	86,5
Розчинність у дистильованій воді	Повна, розчин прозорий	
Масова частка заліза, %, не більше	0,0005	0,0005

Масова частка сульфатів, %, не більше	0,005	0,005
Перманганатне число, см ³ розчину з масовою часткою 0,1 % на 100 см ³ продукту, не більше	5	5
Масова частка нелетючого залишку, %, не більше	0,005	0,005
Масова частка толуолу та бензолу, %, не більше	0,03	Відсутнє
Масова частка оцтової кислоти, %, не більше	0,5	0,5
Сумарна масова частка домішок пропіонової кислоти, бензолу, альдегідів та кетонів, %, не більше	0,1	0,1

[37]

4.2 Методи виявлення мурашиної кислоти

Якісні реакції на мурашину кислоту

1. Тест на мурашину кислоту

Метод ґрунтується на окисленні мурашиної кислоти та інших сумішей, що окислюються дихроматом калію в присутності сірчаної кислоти і йодиду калію. Йодид характеризує процес окислення утворенням вільних іонів і забарвлює аналізований розчин у жовтувато-коричневий колір.

2. Визначення масової частки мурашиної кислоти

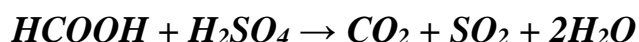
Цей метод заснований на окисленні мурашиної кислоти та інших органічних речовин харчовою пропіоновою кислотою, яка може бути окислена бромідом натрію, надлишок якого визначають йодометричним методом.

Досліди з мурашиною кислотою

1. Розклад мурашиної кислоти.

У пробірку з газовідвідною трубкою наливають 2-3 мл мурашиної кислоти і додають 1-2 мл концентрованої сірчаної кислоти та нагрівають на слабкому полум'ї спиртівки (кип'ятильники!).

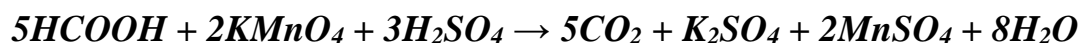
Мурашина кислота, при цьому, розкладається з виділенням карбон (II) оксиду.



При підпалюванні карбон (II) оксид згоряє голубуватим полум'ям до вуглекислого газу (дослід проводити у витяжній шафі!)

2. Окиснення мурашиної кислоти калій перманганатом.

У пробірку з газовідвідною трубкою наливають 1-2 мл мурашиної кислоти, 2 мл 10%-вого розчину сірчаної кислоти і 4-5 мл 5%-вого розчину калій перманганату. Газовідвідну трубку занурюють у пробірку з розчином вапняної води. Реакційну суміш обережно нагрівають. При цьому суміш спочатку буріє, потім знебарвлюється.



Виділяється вуглекислий газ, який легко виявити при пропусканні його через вапняну воду та ми спостерігатимемо помутніння (рисунки 1.8).

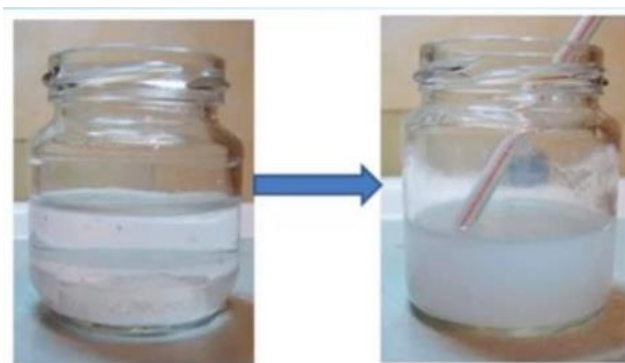
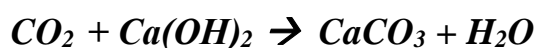
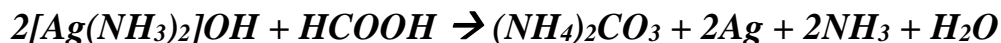


Рисунок 5.1 - Помутніння вапняної води внаслідок пропускання крізь неї вуглекислого газу

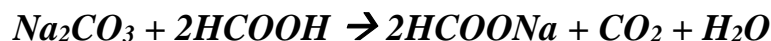
3. Відновлення розчину діамінаргентум гідроксиду.

До 2-3 мл свіжоприготовленого розчину діамінаргентум гідроксиду додають 2 мл мурашиної кислоти. При легкому нагріванні на стінках пробірки утворюється “срібне дзеркало” або випадає чорний осад металічного срібла.



4. Взаємодія мурашиної кислоти з натрій карбонатом.

У пробірку наливають 2 мл 10%-го розчину натрій карбонату і обережно краплями мурашину кислоту. Реакційну суміш закривають коркою з газовідвідною трубкою, кінець якої опускають у пробірку з 2 мл вапняної (баритової) води.



Спостерігаємо виділення вуглекислого газу та помутніння вапняної води, як раніше було представлено на *рисунку 5.1* [38].

					ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ V. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Охорона праці під час роботи на хімічному підприємстві

Система охорони праці - це комплекс лікувально-профілактичних, правових, організаційно-технічних, соціально-економічних, санітарно-гігієнічних та інших заходів та засобів, які опікуються збереженням здоров'я та працездатності людини під час трудової діяльності у різних сферах.

Системи управління охороною праці (СУОП) об'єднують елементи самої системи охорони праці та управління нею. Управління охороною праці - це підготовка, прийняття та реалізація заходів, спрямованих на забезпечення захисту життя і здоров'я працівників.

Водночас система управління охороною праці виступає функціональною підсистемою системи управління всім господарським комплексом України.

Розглядаючи національну систему управління охороною праці, необхідно мати на увазі такі її особливості, як комплексність і взаємопов'язаність системи охорони праці на конкретних об'єктах багаторівневої системи управління.

Залежно від структури власності об'єкта та підпорядкованості галузі проміжний рівень управління може бути на рівні галузі, регіону або підприємства.

До основних завдань управління охороною праці на хімічних підприємствах відносять:

1) відпрацювання заходів, що стосуються державної політики з охорони праці на регіональному і галузевому рівнях;

					<i>ННІХТ.ЗХТ-5-1.079.161.КР.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Сінкевич Я.І.</i>			ОХОРОНА ПРАЦІ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Романова О.О.</i>					79	91
<i>Н. Контр.</i>		<i>Подобій О.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Носенко Т.Т.</i>						
					НУХТ Каф. ТЖХТ			

2) Підготовка, прийняття та реалізація заходів щодо забезпечення безпечних умов праці; облік, аналіз та оцінка стану охорони праці; утримання в належному стані обладнання, споруд та інженерних мереж; забезпечення страхування працівників від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань; організація та проведення навчання з питань охорони праці та підбір спеціалістів;

3) організаційно-методичне керівництво на регіональному і галузевому рівнях;

4) інтегрувати управління охороною праці в єдину систему загального управління виробничою організацією;

5) впровадження широкого спектру позитивного досвіду у сфері охорони праці.

Основними функціями СУОП стосовно роботи хімічних підприємств є планування роботи; розробка, прийняття та скасування нормативних актів; підбір експертів; навчання з питань охорони праці; регламентація робочих процесів; атестація робочих місць за умовами праці; сертифікація об'єктів; реєстрація та облік; експертиза; ліцензування та сертифікація; забезпечення безпеки обладнання, технологічних процесів, будівель, споруд і територій; забезпечення гігієнічних і санітарно-гігієнічних умов праці; санітарно-побутове та лікувально-профілактичне обслуговування; надання медичної допомоги. [43, 44].

					ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Охорона праці під час роботи з кислотами

Персонал, який працює з кислотами та їдкими речовинами, повинен:

1. Знати властивості речовин, з якими працює, та їх дію на організм людини.
2. Виконувати правила внутрішнього розпорядку.
3. Не захаращувати робоче місце і не допускати на нього сторонніх осіб.
4. Усвідомлювати свою особисту відповідальність за дотримання правил охорони праці та техніки безпеки, а також відповідальність перед колегами по роботі.
5. Вміти надавати першу медичну допомогу потерпілим при нещасних випадках.
6. Вміти користуватись первинними засобами пожежогасіння.
7. Користуватися спецодягом та засобами індивідуального захисту.
8. Виконувати роботу з тими речовинами, властивості яких знає і про які проінструктований.
9. Не виконувати вказівки, які суперечать правилам охорони праці.

Персонал, який працює з кислотами та їдкими речовинами, забезпечується спецодягом, спецвзуттям та засобами індивідуального захисту: халат бавовняний, ковпак бавовняний; взуття шкіряне, окуляри захисні, респіратор «Пелюсток», рукавички гумові, фартух спеціальний.

10. Приміщення, де виконуються роботи з кислотами та їдкими речовинами, повинно бути обладнане припливно-витяжною вентиляцією.

11. Зберігати харчові продукти, приймати їжу, палити дозволяється тільки у спеціально відведених для цього місцях.

12. Приміщення, де виконуються роботи з кислотами та їдкими речовинами, повинні бути забезпечені первинним засобами пожежогасіння, зокрема: вогнегасники вуглекислотні; ящик з піском і совком, покривало з вогнетривкого матеріалу. До них необхідно забезпечити вільний доступ [45].

					ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

РОЗДІЛ VI. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1 Охорона навколишнього середовища у хімічній промисловості

Виробництво хімічної продукції дуже тісно пов'язане з питаннями охорони навколишнього середовища. Низка питань, пов'язаних з постачанням сировини та інших ресурсів, включаючи утилізацію побічних продуктів (стічні води, відходи, викиди диму, газів і парів), впливають на умови праці працівників підприємства. У більш широкому сенсі необхідно також говорити про вплив на безпеку та якість життя населення, яке проживає поруч.

Аналіз даних Державного комітету статистики України показує, що хімічні підприємства стабільно розвивали свою інноваційну діяльність в умовах обмежених фінансових ресурсів, за винятком кризового періоду.

З іншого боку, саме в кризовий період значно покращилися основні екологічні показники. Однак цей позитивний результат був досягнутий за рахунок значного скорочення виробництва, а не за рахунок позитивних екологічно орієнтованих інновацій. Така ситуація ще раз підтверджує стереотип про те, що виробництво та екологічна безпека є суперечливими.

Тому стабільний розвиток хімічних підприємств у посткризовий період потребує комплексного підходу, в тому числі впровадження принципово нового екологічно орієнтованого обладнання. Наразі можна сказати, що підприємства активно займаються інноваційною діяльністю, наприклад, витрачаючи кошти на придбання основних засобів.

Згідно з попередніми дослідженнями інноваційної діяльності провідних хімічних компаній, на ці цілі витрачається в середньому 42% їхніх загальних інноваційних коштів.

Слід зауважити, що часто підприємства встановлюють принципово нове обладнання з врахуванням сучасних екологічних вимог. Наприклад, у ПАТ "ДніпроАзот" введено в експлуатацію першу та другу черги станції розподілу

					ННІХТ.ЗХТ-5-1.082.161.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сінкевич Я.І.			ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Романова О.О.					82	97
Н. Контр.		Подобій О.В.			НУХТ Каф. ТЖХТ			
Затверд.		Носенко Т.Т.						

повітря, у ПрАТ "Сєверодонецьке об'єднання АЗОТ" вдосконалено схему виробництва калієвої й натрієвої селітри, введено в експлуатацію установку по реагентній обробці води в цеху з виробництва аміаку тощо.

Таким чином, у перспективі вектор інноваційного розвитку підприємств галузі має бути спрямований на технічне переоснащення і реконструкцію діючих виробництв з впровадженням ресурсозберігаючих, мало- і безвідходних технологій. Такий підхід сприятиме зменшенню витрат, що пов'язані з виробництвом, та збереженню довкілля [39].

Основними нормативно-правовими актами, що встановлюють та регулюють заходи щодо збереження і оздоровлення навколишнього середовища, раціонального використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки є закони України "Про охорону навколишнього природного середовища", "Про тваринний світ", "Про охорону атмосферного повітря", "Про природно-заповідний фонд України", "Про карантин рослин", Земельний, Водний, Лісовий кодекси та інші документи [34,35].

Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" було прийнято в 1991 році; закон регламентує використання природних ресурсів, нагляд і контроль, економічний механізм забезпечення охорони довкілля, визначає державну, громадську та соціальну експертизи, закріплює екологічні права та обов'язки громадян. Закон закріплює право громадян України на безпечне для життя довкілля.

Закон України про охорону атмосферного повітря (1992 рік) встановлює екологічні закони та нормативи в галузі охорони атмосферного повітря, екологічної безпеки атмосферного повітря, а саме гранично-допустимих концентрацій забруднюючих речовин, гранично-допустимих викидів забруднюючих речовин для стаціонарних та пересувних джерел викидів та ін.. Важливим є регулювання діяльності підприємств, що впливає на негативні зміни клімату; для осіб, винних в порушенні законодавства про охорону атмосферного повітря, може застосовуватися адміністративна, цивільна або кримінальна відповідальність [40-42].

					ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2 Екологічна безпека під час отримання мурашиної кислоти

Регенерований газ утилізується як відходи після видалення залишків мурашиної кислоти.

Форміат натрію, мурашина кислота та їхні контейнери повинні утилізуватися як небезпечні відходи. Вміст тари необхідно утилізувати відповідно до місцевих/міжнародних норм. Його не можна виливати в каналізацію.

Після утилізації контейнери можуть бути використані повторно або перероблені.

Усі виробничі відходи повинні бути закодовані/марковані та розподілені за категоріями, які можна утилізувати окремо на регіональних або національних підприємствах з переробки відходів.

Мурашина кислота біологічно розкладається, а форміат натрію розкладається зі швидкістю 7% протягом 5 днів через нестачу кисню.

Варто зазначити, що мурашина кислота з концентрацією $\geq 85\%$ є небезпечною для водних організмів. Значення її гострої токсичної дії на деякі види водних організмів зазначені в *таблиці 5.1*.

Таблиця 5.1

Таблиця 5.1 - Гостра токсичність мурашиної кислоти на водні організми

Вид водного організму	Значення, мг/л	Час взаємодії, год
Риба	103	96
Водні безхребетні	365	48
Водорості	1240	72

[12]

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналітичний огляд науково-технічної літератури щодо:
 - харчових добавок – речовин, які вводять в продукти харчування з метою поліпшення технологічних та органолептичних властивостей;
 - харчових кислот, представниками яких є лимона, винна, оцтова, яблучна, гліколева, мурашина, щавлева кислоти та інш.
 - мурашиної кислоти – харчовий індекс E236, використовують як консервант, рідше як згущувач та для контролю смаку, рН.
2. Представили технологічну частину роботи:
 - надано характеристику сировини для отримання мурашиної кислоти, якою є: метанол, повітря, вода, каталізатори;
 - навели технологію виробництва, а саме окиснення метанолю-повітряної суміші.
 - розроблено принципову технологічну та апаратурно-технологічну схеми виробництва мурашиної кислоти;
 - розраховали матеріальний технології та вказали, що на виробництво потужністю 500 кг/добу загальні втрати становитимуть 17,78 кг, а вихід мурашиної кислоти дорівнюватиме 470,3 кг;
 - за розрахунком теплового балансу технології було встановлено, що всього тепла витрачається 1685033 кДж;
 - проведено підбір основного та допоміжного обладнання технології, основним обладнанням є контактний апарат, ректифікаційна колона, кожухотрубний теплообмінник, випарник, абсорбер;
 - зробили розрахунки головного апарату технології, яким є контактний апарат для окиснення метанолу.

					ННІХТ.ЗХТ-5-1.085.161.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сінкевич Я.І.			ВИСНОВКИ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Романова О.О.					85	97
Н. Контр.		Подобій О.В.			НУХТ Каф. ТЖХТ			
Затверд.		Носенко Т.Т.						

3. Обґрунтувати техніко-економічні аспекти технології. При рентабельності виробництва у 10% ціна за 1 кг мурашиної кислоти становитиме ~695,37 грн.

5. Навели заходи з контролю якості продукції та вказали, що показники якості та безпеки мурашиної кислоти відповідають ДСТУ 1706-78.

6. Наведено відомості щодо охорони навколишнього середовища та вказано, що виробництво мурашиної кислоти має багато побічних газів, а також вихлопні гази, до того ж, у роботі присутні формальдегід та метанол, тому утилізації відходів під час виробництва мурашиної кислоти має виділятися достатньо уваги та ресурсів.

7. Запропоновано заходи з охорони праці на виробництві та під час роботи з кислотами.

					ВИСНОВКИ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Харчові добавки: тексти лекцій для студентів спеціальності 181 "Харчові технології" / Уклад.: Гуменюк О.Л. Чернігів: ЧНТУ, 2019. 177 с.
2. Харчові добавки. Вітаміни. : дайджест. Вип. 45 [Електронний ресурс] / Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка ; підгот. О. В. Олабоді. Київ, 2018. 21 с.
3. О. І. Петрова, Л.О. Стріха. Харчова хімія : Метод. рек. для самост. вивч. дисципліни для здобувачів вищ. освіти «Бакалавр». Миколаїв : Миколаїв. нац. аграр. ун-т, 2019. 57 с.
4. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни "Харчова хімія" для студентів за напрямом підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» / Укл. Л.Л. Руднева. Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2016. 46 с.
5. Formic acid (Formate). *Megazyme*. 2020. P. 16.
6. Scientific Opinion on the safety and efficacy of formic acid when used as a technological additive for all animal species. *EFSA Journal*. 2014. Vol. 12, no. 10. P. 3827.
7. Конспект лекцій для студентів спеціальностей 103 «Науки про Землю», 184 «Гірництво», 185 «Нафтогазова інженерія та технології» (модуль «Органічна хімія») / уклад. Н.В. Бунякіна. Полтава: Національний університет імені Юрія Кондратюка», 2022. 84 с.
8. Курта С.А. Органічна хімія Лекція №10. Розділ 12. Альдегіди й кетони. 20 с.
9. Методичні вказівки для підготовки до зовнішнього незалежного оцінювання з дисципліни «Хімія», розділ «Органічна хімія» для слухачів підготовчого відділення. Чокан Л.О., ст. викл., Одеса, ОДЕКУ, 2011. 78 с.
10. Хімічні технології органічних речовин: навч. посібник / укл. О. І. Василькевич, І. В. Кощій, Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 165 с.

					ННІХТ.ЗХТ-5-1.087.161.КР.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сінкевич Я.І.			СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Романова О.О.					87	97
Н. Контр.		Подобій О.В.				НУХТ Каф. ТЖХТ		
Затверд.		Носенко Т.Т.						

11. Методичні вказівки для лабораторного практикуму з навчальної дисципліни «Біоорганічна хімія» для студентів ДВНЗ «Ужгородський національний університет» в галузі знань 22 «Охорона здоров'я» / укл. Балог І.М., Головка-Камошенкова О.М., Король Н.І., Кривов'яз А.О., Кут М.М., Лендел В.Г., Онисько М.Ю., Русин І.Ф., Сливка М.В., Фаринюк Ю.І., Фізер М.М., Ужгородський національний університет: Ужгород, 2020. 44 с.

12. Подмокова К.В. Удосконалення технології виробництва мурашиної кислоти: Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра. Київ, 2021. 77 с.

13. Banen Mahdi Talib. Manufacture of Formic acid. *University of Babylon*. 2021. P. 56.

14. Methanol facts. *Methanol Institute*. P. 1.

15. Methanol technical data sheet. *Methanol Institute*. P. 1.

16. Рижков В.Г., Манідіна Є.А., Куріс Ю.В., Троїцька О.О. Безпека газового господарства : навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти магістра денної і заочної форм навчання спеціальності 263 «Цивільна безпека» за освітньо-професійною програмою «Охорона праці». Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 170 с.

17. Процеси та апарати хімічних виробництв: Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини», освітня програма "Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини" / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Б.І. Дуда, А.Р. Степанюк, С.В. Гулієнко, Р.В. Кичак, Я.Г. Гоцький. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 116 с.

18. Процеси та апарати хімічних виробництв: курс лекцій / Онищук Оксана Олександрівна, Жолт Олександрович Кормош. Луцьк : Вежа-Друк, 2020. 155 с.

19. Збірник доповідей XI Всеукраїнської науково-практичної конференції «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки». К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 85 с.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

20. Кожухотрубний теплообмінник: Методичні вказівки до виконання розрахункової частини курсового проекту з дисципліни “Теплотехнічні процеси та установки” для студентів усіх форм навчання спеціальності “Енергетичний менеджмент” /Укл. Т.О. Ринкова, В. П. Баб’як, В. І. Шкляр. К.: ІВЦ ”Видавництво «Політехніка»”, 2005. 50 с.

21. Popa D. C., Gliga V. I., Szabo L. Construction of a New Type of Modular Tubular Machine. *Advanced Engineering Forum*. 2013. Vol. 8-9. P. 437–444.

22. Конспект лекцій до розділу «Теплові процеси» з курсу —Процеси та апарати хімічних виробництв» для студентів III–IV курсів усіх спеціальностей / Укл. О.С. Смірнова, С.О. Опарін, А.О. Черемисінова. Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2013. 106 с.

23. Марціновський Д.В. Ректифікаційна установка у виробництві етилового спирту. Розробити епюраційну колону з ковпачковими тарілками. : Кваліфікаційна робота бакалавра. Суми, 2020. 74 с.

24. Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи з навчальної дисципліни „Виробничі процеси та обладнання об’єктів автоматизації” для студентів денної та заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050202 „Автоматизація та комп’ютерноінтегровані системи”/ Н.М. Корчик, С.В. Белікова. Рівне: НУВГП, 2011, 47с.

25. Хімічні методи очистки газів та стічних вод. Навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальністю 183.00.01 «Технології захисту навколишнього середовища» / Манідіна Є.А. Запоріжжя: ЗДІА, 2017. 128 с.

26. Загальна хімічна технологія: Роздавальний матеріал для аудиторної і самостійної робіт / Уклад,: С.В. Іванов, Н.М. Манчук, П.С. Борсук, Н.О. Шаркіна. К.: НАУ, 2006. 96с.

27. ETATRON. Хімічні насоси. URL: <https://www.etatron.com.ua/news/?sid=2305> (date of access: 20.01.2024).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	89

28. Федік Л. Ю. Виробничі процеси і обладнання об'єктів автоматизації: навч. посіб. / Л. Ю. Федік, Л. О. Гуменюк, П. О. Гуменюк. Луцьк: Вежа-Друк, 2020. 286 с.

29. Radial fans. *Bahcivan. Electrical motors & ventilation fans*. 2015. P. 2.

30. «Економіка та фінанси підприємства: конспект лекцій: навч. посіб. для студентів спеціальності 073 «Менеджмент», освітньо-професійних програм «Менеджмент і бізнесадміністрування», «Менеджмент інвестицій та інновацій», «Менеджмент міжнародного бізнесу», «Логістика» першого бакалаврського рівня вищої освіти / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: О.В. Гук. Електронні текстові дані (1 файл: 2 265 Кбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 165 с.

31. Бондаренко Н.М, Устименко А.К. Собівартість продукції: економічна сутність та її види. *Науковий вісник Херсонського державного університету*. 2015. Т. 2, № 11. С. 51–54.

32. Лебедева А. М. Методичні аспекти аналізу рентабельності діяльності підприємства. *Вісник ОНУ імені І.І.Мечнікова*. 2012. Т. 17, № 2-4. С. 29–36.

33. Про Державний бюджет України на 2024 рік : Закон України від 09.11.2023 р. № 3460-ІХ.

34. Про охорону атмосферного повітря : Закон України від 16.10.1992 р. № 2707-ХІІ : станом на 1 жовт. 2023 р.

35. Про природно-заповідний фонд України : Закон України від 16.06.1992 р. № 2456-ХІІ : станом на 1 січ. 2024 р.

35. Основи проектування хімічних виробництв. Конспект лекцій для студентів, що навчаються за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія / Укладачі Галстян А. Г. Київ: НАУ, 2020. 82 с.

36. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Експертиза та безпека продукції виробництв харчових добавок» для студентів спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / Укладачі: Т.О.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Овсяннікова, С.В. Жирнова, Н.В. Ларінцева, О.М. Чаплигіна, Т.В. Школьнікова. Харків: НТУ «ХП», 2021. 36 с.

37. ДСТУ 3057– 95. Метанол технічний. Технічні умови. На заміну ГОСТ 2222– 78 ; чинний від 1996-01-17. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 1995. 33 с.

38. Органічна хімія. Практикум. Методичний посібник для студентів спеціальності: 040106, Екологія та охорона навколишнього середовища. / Сливка М.В., Фаринюк Ю.І., Хрипак Н.П., Онисько М.Ю., Лендел В.Г. Ужгород: ВАТ «Патент», 2015. 158с.

39. Жук О.І. Екологічні аспекти інноваційного розвитку підприємств хімічної промисловості. Северодонецьк. С. 2.

40. Тексти (конспект) лекцій з дисципліни «Захист життєвого середовища перебування людини та охорона праці», змістовний модуль «Захист життєвого середовища перебування людини» для студентів усіх спеціальностей та форм навчання. / Укл.: О. Л. Скуйбіда. Запоріжжя: Каф. ОП і НС, НУ «Запорізька політехніка», 2022. 35 с.

41. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 р. № 1264-ХІІ: станом на 8 жовт. 2023 р.

42. Про охорону атмосферного повітря: Закон України від 16.10.1992 р. № 2707-ХІІ: станом на 1 жовт. 2023 р.

43. Крюковська О.А., Левчук К.О. Охорона праці в галузі (для хімічних спеціальностей) під редакцією к.т.н., доцента Толока А.О.: Навч. посібник. 2011. 230 с.

44. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 р. № 2694-ХІІ : станом на 1 жовт. 2023 р.

45. Інструкція з охорони праці під час робіт з кислотами та їдкими речовинами, Україна. 6 с.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	91