

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра біоінженерії і води



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА
на тему: **РОЗРОБКА ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ**
ВИРОБНИЦТВА ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ НА ОСНОВІ
ПРОДУЦЕНТА Acetobacter aceti.

Здобувачки **Мельниченко О.С.**

IV курс, група БіО-48

Керівник к.т.н., доц. Палвашова Г.І.

Консультанти:

к.е.н., доц. Крупіна С.В.

д.т.н., доц. Зиков О.В.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від ____ червня 2023 р., протокол № ____

Завідувачка кафедри БіВ _____ Олена КОВАЛЕНКО

Одеса - 2023 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	Технології вина та туристичного бізнесу
Кафедра	Біоінженерії і води
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Спеціальність	Біотехнології та біоінженерія
Освітня програма	Біотехнології та біоінженеря

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

Олена КОВАЛЕНКО

« _____ » _____ 2023 р

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА МЕЛЬНИЧЕНКО ОЛЕКСАНДРИ СЕРГІЙВНИ

1.Тема роботи: РОЗРОБКА ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ НА ОСНОВІ ПРОДУЦЕНТА *Acetobacter aceti*.

Затверджена наказом академії від 13 вересня 2022 року наказ № 565-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи: 14 червня 2023 року

3. Вихідні дані роботи:

Асортимент: Оцтова кислота ,

Фасування: поліетиленові бочки об'ємом від 50 до 100 л.

Продуктивність: $G_{нд} = 1500$ т/рік, робочий цикл здійснюється за 300 днів на рік.

4.Перелік питань, які потрібно розробити: Анотація. Техніко-економічне обґрунтування отримання оцтової кислоти. Аналіз стану ринку виробництва оцтової кислоти в Україні. Наукова частина. Огляд літературних джерел. Характеристика посівного матеріалу. Характеристика поживних середовищ. Технологічна частина проєкту. Технологічна схема. Опис технологічних процесів. Схема постадійного контролю. Вимоги до якості готової продукції. Продуктовий розрахунок і матеріальний баланс. Інженерно-технічна частина. Економічна частина. Розрахунок економічної ефективності проєкту. Охорона праці та навколишнього середовища. Охорона праці. Охорона навколишнього середовища. Перелік джерел посилання. Додатки.

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

1. Аркуш 1 - План цеху та повздовжній переріз
2. Аркуш 2 -Технологічна схема виробництва оцтової кислоти
3. Аркуш 3 - Апаратурно-технологічна схема виробництва оцтової кислоти
- 4.Аркуш 4 - Монтажний лист обладнання (Реактор)

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Технологічна частина	к.т.н., доц. Палвашова Г.І.	7.02.2023	14.06.2023
Економічна частина	к.е.н., доц. Крупіна С.В.	7.02.2023	14.06.2023
Інженерно-технічне забезпечення	д.т.н., доц. Зиков О.В.	7.02.2023	14.06.2023

7. Дата видачі завдання 7 лютого 2023 року

Керівник _____ Палвашова Ганна Ігорівна

Завдання прийняв до виконання _____ Мельниченко Олександра Сергіївна

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Анотація. Техніко-економічне обґрунтування отримання оцтової кислоти	01.03 – 12.03	Виконав
2.	Наукова частина. Огляд літературних джерел за темою проєкту	12.03 – 20.03	Виконав
3.	Технологічна частина. Технологічна схема. Опис технологічних процесів.	20.03 – 27.03	Виконав
4.	Схема постадійного контролю. Вимоги до якості готової продукції	28.03 - 05.04	Виконав
5.	Продуктовий розрахунок і матеріальний баланс.	06.04 – 12.04	Виконав
6.	Економічна частина. Розрахунок економічної ефективності проєкту. Розрахунок виробничої програми.	13.04 – 30.04	Виконав
7.	Інженерно-технічне забезпечення проєкту	13.04 – 30.04	Виконав
8.	Охорона праці та навколишнього середовища	13.04 – 30.04	Виконав
9.	Перелік джерел посилання. Додатки	01.05 – 07.05	Виконав
10.	Оформлення РПЗ	08.05 – 30.05	Виконав

Здобувач-дипломник _____ Мельниченко Олександра Сергіївна

Керівник роботи _____ Палвашова Ганна Ігорівна

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник _____ Мельниченко Олександра Сергіївна

ЗМІСТ

Анотація 4

Вступ 8

Розділ 1.Техніко-економічне обґрунтування проєкту 9

1.1 Аналіз стану ринку виробництва оцтової кислоти в Україні 9

1.2 Техніко-економічне обґрунтування отримання оцтової кислоти 13

Розділ 2. Наукова частина. Огляд літературних джерел за темою проєкту 15

2.1 Характеристика посівного матеріалу 15

2.2 Характеристика поживних середовищ 19

Розділ 3. Технологічна частина проєкту 23

3.1 Технологічна схема 24

3.2 Опис технологічних процесів 25

3.3 Схема постадійного контролю 32

3.4 Вимоги до якості готової продукції 35

3.5 Продуктовий розрахунок і матеріальний баланс виробництва оцтової кислоти 38

Розділ 4. Інженерно-технічна частина 47

4.1 Інженерно-технологічне забезпечення 47

4.2 Підбір технологічного обладнання 50

4.3 Розрахунки основного технологічного обладнання 52

Розділ 5. Економічна частина проєкту 59

5.1 Розрахунок економічної ефективності проєкту 60

Розділ 6. Охорона праці та навколишнього середовища 67

6.1 Охорона праці 68

6.2 Охорона навколишнього середовища 76

Висновки 79

Перелік джерел посилання 81

Додатки 83

Додаток А Технологічна схема виробництва оцтової кислоти 84

Додаток Б План цеху з повздовжнім перерізом 86

Додаток В Апаратурно-технологічна схема виробництва оцтової кислоти 88

Додаток С Реактор (монтажний лист) 90

Посада	Прізвище	Підпис	Дата	КРБ.БіВ.1.513-03.1.3			
Студент	Мельниченко О.С.		14.06.23				
				Розробка проєктних рішень для виробництва оцтової кислоти на основі продуцента <i>Acetobacter aceti</i>	Стадія	Арк	Арку шів
Консул.	Крупіна С.В.				КРБ	3	92
					ОНТУ гр. БіО-48		
Керівник	Палвашова Г.І.						
Зав. каф.	Коваленко О.О.						

АНОТАЦІЯ

Оцтова кислота - це товарний хімічний продукт, що має кілька застосувань у хімічній та харчовій промисловості, а світовий попит на неї становить приблизно 15 мільйонів тонн на рік. Виробництво оцтової кислоти можна умовно розділити на хімічний і ферментативний способи, причому хімічний спосіб є переважаючим у сучасній промисловості.

В даному дипломному проєкті досліджено виробництво оцтової кислоти з використанням *Acetobacter aceti*, виконано основні проєктні розрахунки (матеріальні, енергетичні та технічні розрахунки основного та допоміжного обладнання), проведено порівняння з іншими відомими методами, розглянуто їх переваги та недоліки.

Наведено хімічні та фізичні характеристики сировини, основних та проміжних продуктів процесу, описано технологічну схему процесу та вказано норми на режим процесу. Наведено характеристики і норми утворення відходів, а також характеристики виробничих небезпек, методи і засоби їх запобігання та особливі вимоги безпеки. Підібрано засоби контролю та автоматизації технологічних процесів і запропоновано заходи з охорони навколишнього середовища.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи

Мета - розробка проєктних рішень для виробництва оцтової кислоти на основі продуцента *Acetobacter aceti*.

Для реалізації мети роботи необхідно вирішити наступні завдання:

- провести літературний та патентний пошук способів виробництва оцтової кислоти
- розглянути біотехнологічні аспекти отримання оцтової кислоти;
- проаналізувати способи виготовлення оцтової кислоти;
- описати технологію виробництва оцтової кислоти з використанням продуцентів;
- скласти матеріальний баланс виробництва та провести продуктовий розрахунок виробництва оцтової кислоти на основі продуцента культури *Acetobacter aceti*;

- розробити апаратурно-технологічну схему виробництва оцтової кислоти на основі продуцента;
- підібрати відповідне апаратурне обладнання;
- розробити заходи щодо охорони праці та охорони навколишнього середовища.

Робота складається з 90 сторінок друкованого тексту. В ній використовується 15 таблиць, 3 рисунки та 4 додатки.

В розділі 1, описується техніко-економічне обґрунтування з виробництва оцтової кислоти і наведений аналіз ринку виробництва оцтової кислоти на основі продуцента *Acetobacter aceti*. В розділі наведено 2 таблиці.

В розділі 2, проведена наукова частина, огляд джерел, перспективні напрямки, опис поживного середовища та посівного матеріалу. В розділі наведено 2 таблиці та 1 рисунок.

В розділі 3, зображена технологічна схема, описується технологія виробництва оцтової кислоти, наведено продуктивний розрахунок дипломного проєкту, інженерно-технологічне забезпечення. В розділі наведено таблиці та 1 рисунок технологічної схеми.

В розділі 4, описується економічна частина і розрахунок економічної ефективності. В розділі наведено 9 таблиць.

В розділі 5, описується охорона праці та навколишнього середовища.

В додатках описується план цеху з виробництва оцтової кислоти за допомогою продуцента *Acetobacter aceti*, апаратурно-технологічна схема виробництва оцтової кислоти та показана схема роботи кожухотрубного теплообмінника.

Об'єкт дослідження – глибинний спосіб виробництва оцтової кислоти на основі продуцента культури *Acetobacter aceti*;

Предмет дослідження – посівний матеріал та поживні середовища для культивування продуцента *Acetobacter aceti*;

Ключові слова: оцтова кислота, біосинтез, оцтовокислі бактерії, випарювання, виділення, продуцент, *Acetobacter aceti*, поверхневий метод, глибинний метод, культивування, субстрат.

ABSTRACT

Acetic acid is a commodity chemical with several applications in the chemical and food industries, with a global demand of approximately 15 million tons per year. The production of acetic acid can be conditionally divided into chemical and enzymatic methods, and the chemical method is predominant in modern industry.

In this diploma project, the production of acetic acid using *Acetobacter aceti* was investigated, the main project calculations were performed (material, energy and technical calculations of the main and auxiliary equipment), a comparison was made with other known methods, and their advantages and disadvantages were considered.

The chemical and physical characteristics of the raw materials, the main and intermediate products of the process are given, the technological scheme of the process is described, and the standards for the process regime are indicated. The characteristics and norms of waste generation, as well as the characteristics of industrial hazards, methods and means of their prevention, and special safety requirements are given. The means of control and automation of technological processes were selected and environmental protection measures were proposed.

The purpose and tasks of the qualification work

The goal is to develop project solutions for the production of acetic acid based on the producer *Acetobacter aceti*.

To realize the goal of the work, it is necessary to solve the following tasks:

- conduct a literature and patent search for methods of acetic acid production
- consider the biotechnological aspects of obtaining acetic acid;
- to analyze methods of production of acetic acid;
- describe the production technology of acetic acid using producers;
- draw up a material balance of production and carry out a product calculation of acetic acid production based on the producer of the *Acetobacter aceti* culture;
- to develop an equipment-technological scheme for the production of citric acid based on;
- choose appropriate hardware;
- develop measures for labor protection and environmental protection.

The work consists of 90 pages of printed text. It uses 15 tables and 3 figures.

In section 1 describes the technical and economic rationale for the production of acetic acid and provides an analysis of the market for the production of acetic acid based on the producer *Acetobacter aceti*. There are 2 tables in the section.

In section 2, the scientific part is carried out, a review of sources, promising directions, a description of the nutrient medium and seed material. The section contains 2 tables and 1 figure.

In section 3 shows the technological scheme, describes the production technology of acetic acid, provides the product calculation of the diploma project, engineering and technological support. The section contains tables and 1 diagram of the technological scheme.

In section 4 describes the economic part and the calculation of economic efficiency. The section contains 9 tables.

In section 5 describes labor and environmental protection.

The appendices describe the plan of the workshop for the production of acetic acid with the help of the producer *Acetobacter aceti*, the equipment and technological scheme of the production of acetic acid, and the scheme of the shell-and-tube heat exchanger is shown.

The object of research is an in-depth method of acetic acid production based on the culture producer *Acetobacter aceti*;

The subject of the study is seed material and nutrient media for cultivation of producer *Acetobacter aceti*;

Key words: *acetic acid, biosynthesis, acetic acid bacteria, evaporation, isolation, producer, Acetobacter aceti, surface method, deep method, cultivation, substrate.*

ВСТУП

З кислот жирного ряду оцтова кислота має велике технологічне значення, широко використовується у різних галузях промисловості, і її виготовлення підвищується в усіх країнах.

Оцтова кислота - широко використовується в харчовій, хімічній, мікробіологічній промисловостях та медицині. Отримується оцтова кислота з спиртовмісної рідини.

Оцтова кислота CH_3COOH належить до гомологічного ряду жирних (аліфатичних) кислот, вона є одною з найпростіших членів і найважливішим представником цього ряду.

Оцтова кислота має різкий запах, приємним кислим смаком, но при потраплянні на шкіру викликає опіки. Вона добре з'єднується з водою, спиртом, ефіром, ацетоном, хлороформом і т.д. і сама є гарним розчинником для великої кількості органічних з'єднань.

При нагрівання оцтова кислота розчиняє невелику кількість фосфору і велику кількість сірки, в ній також розчиняються газоподібні речовини, такі як: HCl , HBr , HF , а також SO_2 і інші неорганічні речовини.

Оцтова кислота є кислотою одноосновною. Її хімічний характер визначається наявністю карбоксильної групи - $COOH$.

Структурна формула оцтової кислоти представлена на рис.1

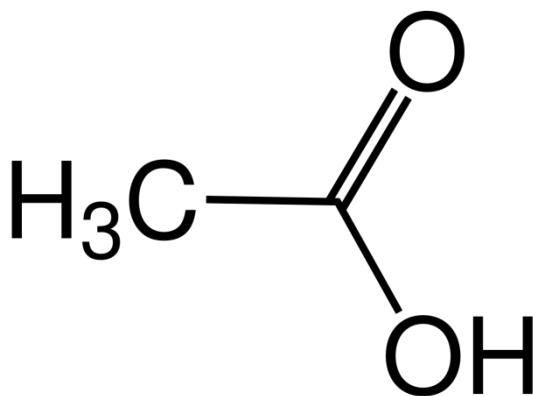


Рис.1 Структурна формула оцтової кислоти.

РОЗДІЛ 1

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

Оцтова кислота CH_3COOH одна з найважливіших органічних кислот у хімічній промисловості та основна хімічна речовина в органічній хімії та інших галузях.

Про пряме використання оцтової кислоти повідомлялося вже давно. Її застосовували в медицині та як харчовий консервант. За цей час застосування оцтової кислоти урізноманітнилося, щоб задовольнити потреби сучасного життя. У різних концентраціях вона використовується як харчова добавка, харчовий консервант, антимікробний засіб, підсилювач аромату і смаку, їстівний пакувальний матеріал і штучний агент для дозрівання продуктів харчування.

Оцтова кислота - безбарвна, прозора, гігроскопічна рідина з характерним кислим смаком і різким запахом, добре розчинна у воді. Це один з основних продуктів харчової та хімічної промисловості [7].

1.1. Аналіз стану ринку виробництва оцтової кислоти в Україні

Очікується, що світовий ринок оцтової кислоти у 2021 році оцінюватиметься у 7,2 млрд доларів США і зростатиме на 5,0% протягом прогнозованого періоду. Зростання попиту на текстильну продукцію через збільшення чисельності населення та розширення застосування вінілацетатного мономеру є основними факторами, що зумовлюють зростання доходів ринку оцтової кислоти. Крім того, зростання попиту на очищену терефталеву кислоту (ПТА) з боку текстильної та пакувальної промисловості, а також збільшення використання складноєфірних розчинників у лакофарбовій промисловості також сприяють зростанню доходів на ринку оцтової кислоти.

Таблиця 1.1. Ринок оцтової кислоти

Глобальний ринок оцтової кислоти			
Покриття звіту	Подробиці		
Базовий рік:	2021 рік	Прогнозований період:	2022-2029 роки
Історичні дані:	2017-2022	Розмір ринку в 2021 році:	9,87 мільярда доларів США.
Прогнозований період з 2022 по 2029 CAGR:	5,2%	Розмір ринку в 2029 році:	14,80 мільярда доларів США.
Охоплені сегменти:	за кінцевим використанням	• Пластмаси та полімери • Їжа та напої • Клеї • Фарби та покриття • Фармацевтика	
	від Derivative Outlook	• Диклофенак • Кеторолак • Толметин • Індометацин	
	за процесом виробництва	• Біологічний маршрут • Синтетичний маршрут • Окислення парафіну • Карбонілювання метанолу • Окислення олефінів • Супутній продукт терефталевої/ізофталевої кислоти	
	за додатком	• Вінілацетатний мономер • Оцтовий ангідрид • Ацетатні ефіри • Очищена терефталева кислота • Етанол • Інші	

Наразі оцтову кислоту в Україні виробляють у різних концентраціях: 6%, 9%, 70% та 96% на 14 підприємствах (табл. 1.2) лише методом хімічного синтезу, коли ацетальдегід окислюють киснем у присутності каталізатора або н-бутаном і розбавляють після окиснення. Проте ці методи не дуже корисні, оскільки оцтова кислота містить токсичні альдегіди та солі важких металів, які є шкідливими для людського організму [12,24].

Відомим методом виробництва оцтової кислоти за кордоном є мікробіологічний синтез з використанням оцтовокислих бактерій, таких як *Acetobacter aceti*, *Acetobacter pasteurianus*, *Acetobacter peroxydans* та *Acetobacter orleaniensis*. Це метод мікробного синтезу з використанням проміжних видів. Цей метод є доступним і не вимагає дещо складного обладнання або синтетичних умов [10].

Techon Orbi Chem (Великобританія) прогнозує, що світовий попит на оцтову кислоту буде зростати на 2,6% на рік у період з 2017 по 2022 рік. Однак виробничі потужності з виробництва оцтової кислоти зростатимуть швидше, ніж попит, приблизно на 3% на рік, що може призвести до зниження їх

завантаження виробниками в цей період: у 2017 році споживання оцтової кислоти становило близько 7,7 млн тонн на рік, а до 2022 року цей показник становитиме близько 8,99 млн тонн на рік. Крім того, виробничі потужності з виробництва продукту в 2004 році оцінювалися в 9,88 млн тонн на рік, які до 2022 року зростуть до 11,8 млн тонн на рік. За цих обставин очікується, що коефіцієнт використання виробничих потужностей знизиться з 78% у 2017 році до 76,5% у 2010 році (80% у 2015-2016 роках).

Сьогодні, завдяки швидкому розвитку хімічних технологій, з'явилися економічно ефективні методи виробництва оцтової кислоти (CH_3COOH) з нехарчової сировини. Оцтову кислоту отримують шляхом нагрівання та сухої перегонки деревної тріски (лісовий оцет) та шляхом переробки мінеральних вуглеводнів (нафта та природний газ). Така оцтова кислота містить шкідливі альдегіди та солі важких металів. З цієї причини Франція і Болгарія заборонили використання "синтетичної" оцтової кислоти для харчових продуктів, а в США діє довгострокова національна заборона.

Відомим методом виробництва оцтової кислоти, який широко використовується за кордоном, є метод мікробіологічного синтезу з використанням оцтовокислих бактерій, таких як: *acetobacter aceti*, *acetobacter pastulianus*, *acetobacter peroxidans*, *acetobacter oleaniensis* та інших проміжних видів. Цей метод є доступним і не потребує складного обладнання чи синтетичних умов.

В Україні діє стандарт Міністерства аграрної політики України "Замінники оцту, одержані з оцтової кислоти. Технічні умови" СОУ 15.87-37-411:2006, який дозволяє виробникам розбавляти оцтову кислоту водою і виробляти замінники оцту з ароматизаторами або без них. Однак склад цього продукту не має нічого спільного з натуральною оцтовою кислотою.

Натомість оцтова кислота, вироблена мікробіологічними методами, які широко використовуються за кордоном, має наступні переваги [15,25]:

- Безпечна для організму людини;
- Не містить шкідливих нерозчинних домішок;
- Містить ферменти, мінерали та вітаміни, які дозволяють

організму очищатися та детоксикуватися природним шляхом;
Зміцнює імунну систему і допомагає запобігти різним інфекціям. Вважається, що натуральні ферментовані продукти кращі за синтетичні кислоти, оскільки не містять залишків різних концентрованих речовин, шкідливих для людського організму. Крім того, до складу натуральної оцтової кислоти входять лише органічні компоненти, ферментовані оцтовокислими бактеріями.

Таблиця 1.2 Виробництво синтетичної оцтової кислоти

Виробник	Річна потужність, кг/рік	Форма випуску, концентрація	Ціна за одиницю продукції, грн
ТОВ «Akura»	1000	0,33 л, 9 % оцет	36,00
ООО «Оліс ЛТД»	20000	1 л, 9 %, оцет	14,00
ООО «Кама»	15000	1 л, 9 %, оцет	19,00
ООО «Віктор і К»	12000	1 л, 9 %, оцет	17,00
ТОВ «Рідний край»	15600	1 л, 9 %, оцет	16,00
ТМ «Клебріг»	82000	1 кг, 97%, крижана	63,00
ООО «MexiChem»	100000	1 кг, 97%, крижана	80,00
ООО «Екохімхолдинг»	78000	1 кг, 97%, крижана	86,00

Оцтову кислоту можна виробляти як з відновлюваної, так і з викопної сировини. Це дає виробникам більшу гнучкість реагувати на мінливі ринкові умови та забезпечує економічну перевагу перед іншими кислотами, такими як мурашина кислота. Оцтова кислота на біологічній основі виготовляється з відновлюваної сировини, наприклад біомаси. Зростаючий інтерес до екологічно чистих продуктів підвищує попит на біооцтову кислоту. Виробництво оцтової кислоти регулюється суворими екологічними нормами. Ці правила діятимуть і в майбутньому, збільшуючи витрати та певною мірою стримуючи зростання ринку. Використання рослинної сировини, такої як біомаса, для виробництва оцтової кислоти набирає популярності завдяки своїй екологічності та низькій вартості. Саме це створить нові можливості для виробників, які працюють на ринку оцтової кислоти протягом наступних п'яти років.

Ринок оцтової кислоти зростатиме в найближчі роки завдяки зростанню попиту з боку галузей кінцевого споживання. Оцтова кислота широко

використовується в різних галузях промисловості, включаючи текстильну, фармацевтичну, харчову та хімічну промисловість. Текстильна промисловість є найбільшим споживачем оцтової кислоти, на яку припадає понад 30% світового попиту. Оцтова кислота використовується в текстильній обробці для друку, фарбування та оздоблення тканин. Він також використовується як мастило для пряжі та у виробництві текстурованої нитки. Очікується, що зростання текстильної промисловості в країнах, що розвиваються, таких як Китай та Індія, стимулюватиме попит на оцтову кислоту в цьому застосуванні протягом прогнозованого періоду. Іншим великим споживачем оцтової кислоти є промисловість харчових продуктів і напоїв. Використовується як інгредієнт для приготування соусів, солінь і заправок для салатів. Оцтова кислота також використовується як консервант у оброблених харчових продуктах, таких як сир і м'ясні продукти. Зростаюча індустрія харчових продуктів і напоїв у всьому світі стимулюватиме попит на оцтову кислоту протягом прогнозованого періоду.

1.2 Техніко-економічне обґрунтування отримання оцтової кислоти

У даній кваліфікаційній роботі представлені розрахунки для створення виробничої та маркетингової лінії з виробництва оцтової кислоти з використанням штамів *Acetobacter aceti* як сировини для харчового та промислового виробництва.

Оцтова кислота має кілька застосувань у харчовій промисловості і традиційно відома як оцет. Це також підкислювач, який використовується для надання характерного смаку продуктам харчування. Іноді її також використовують для знезараження м'яса від мікробів і як м'який засіб для видалення накипу в харчовій промисловості. Зовсім недавно повідомлялося, що оцтову кислоту використовують як антимікробний харчовий консервант. Диверсифіковані харчові культури ставлять великий попит на розробку таких інновацій, і оцтова кислота може бути ефективним рішенням.

Проаналізовано ситуацію на ринку, міжнародне та вітчизняне виробництво

оцтової кислоти.

Запропоновано впровадити виробництво оцтової кислоти з використанням штамів *Acetobacter aceti*. На основі аналізу харчової промисловості буде створено лінію з виробництва оцтової кислоти в Одеській області.

РОЗДІЛ 2

НАУКОВА ЧАСТИНА.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ ПРОЄКТУ

Мікроорганізми, що окислюють етанол до оцтової кислоти, зазвичай називають оцтовокислими бактеріями(ОЦБ). Цей особливий первинний метаболізм при низькому рН відрізняє їх від усіх інших бактерій. Оцтовокислі бактерії можуть відігравати не лише позитивну роль у виробництві деяких продуктів і напоїв, таких як оцет, чайний гриб і какао, але також можуть псувати інші продукти і напої, такі як вино, пиво, безалкогольні напої та фрукти. Фізіологічно, вони перетворюють спирти на кислоти шляхом окислення, і хоча оцтовокислі бактерії були широко вивчені, дослідники все ще розгадують механізми їхнього унікального метаболізму.

2.1. Характеристика посівного матеріалу

Оцтовокислі бактерії (ОКБ) належать до родини Acetobacteriaceae, яка включає кілька родів і видів. В даний час виділяють роди Acetobacter, Acidomonas, Amyamaea, Asaia, Bombella, Commensalibacter, Endobacter, Gluconacetobacter, Granulibacter, Komagataeibacter, Kozakia, Neoasaia, Nekomagataea, Nguyenibacter, Saccharibacter, Swaminathania, Swingia, Tanticharonia та 19 інших. Завдяки високій здатності окислювати етанол до оцтової кислоти та високій стійкості до оцтової кислоти, що виділяється у бродильне середовище, основними збудниками оцтового бродіння є бактерії родів Acetobacter, Gluconacetobacter, Gluconobacter та Komagataeibacter.

Найчастіше у виробництві оцту використовують такі види: Acetobacter aceti, Acetobacter cerevisiae, Acetobacter malorum, Acetobacter oeni та Acetobacter pasteurianus, Acetobacter pomorum, Gluconacetobacter entanii, Gluconacetobacter liquefaciens, Gluconobacter oxydans, Komagataeibacter europaeus, Komagataeibacter hansenii, Komagataeibacter intermedius, Komagataeibacter medellinensis, Komagataeibacter oboediens та Komagataeibacter xylinus.

Оцтова кислота відноситься до первинних метаболітів певних мікроорганізмів, а саме бактерій. Продуцентами оцтової кислоти можуть бути оцтовокислі бактерії роду: *Acetobacter*, *Gluconobacter*. Серед них розрізняють дві групи мікроорганізмів:

1) *peroxydans* – у таких бактерій оцтова кислота накопичується як проміжний продукт, представником є *Gluconobacter oxydans*;

2) *suboxydans* -у яких вироблена оцтова кислота не піддається подальшому окисненню. До *Acetobacter suboxydans* належить група мікроорганізмів, у яких вироблена оцтова кислота не піддається подальшому окисненню. До цієї групи належать такі мікроорганізми як: *Acetobacter aceti*, *Acetobacter pasteurianus* та багато інших нових досліджених видів мікроорганізмів.

Згідно літературних даних вигідними для біотехнології продуцентами оцтової кислоти, можуть бути: *Acetobacter* sp. RKY4, *Acetobacter aceti* NRRL B-999, *Acetobacter pasteurianus* CICC7015, *Acetobacter aceti* M23 за використання яких було досягнуто максимальний вихід кінцевого продукту.

Загальну характеристику біосинтезу оцтової кислоти з використанням різних штамів оцтовокислих бактерій, використовуваних для одержання оцтової кислоти, наведено у (табл. 2.1).

Вибір біологічного агента проводився за допомогою аналізу умов культивування, особливостей процесу біосинтезу, концентрації кінцевого продукту та складу і вартості поживного середовища. З даних, наведених у табл. 2.1, можна зробити висновок, що найкращими продуцентами оцтової кислоти є бактерії *Acetobacter* sp. RKY4 та *Acetobacter aceti* NRRL B-999. Штам *Acetobacter* sp. RKY4 на середовищі з оптимальною концентрацією етанолу за 48 годин культивування виробляє 47,1 г/л оцтової кислоти. Продуцент *A. aceti* NRRL B-999 утворював більшу концентрацію цільового продукту 52,5 г/л, проте за значно більшої тривалості культивування 144 год.

За культивування штаму *A. pasteurianus* CICC7015 разом з *S. cerevisiae* було отримано протягом 190 год культивування 52,51 г/л оцтової кислоти,

проте для мікроорганізмів необхідно використовувати 2 різних середовища для культивування, які не є вигідними.

Таблиця 2.1 Особливості одержання оцтової кислоти за допомогою *Acetobacter* sp. *RKY4*, *A. aceti* NRRL B-999, *A. pasteurianus* CICC7015 з *S.cerevisiae* , *A. aceti* M23

Біологічний агент	Склад поживного середовища,	Тривалість культивування, год	Концентрація оцтової кислоти, г/л	Особливості процесу культивування	Використана література
<i>Acetobacter</i> sp. RKY4	Етанол-40 г/л Гліцерин-10 г/л Кукурудзяний екстракт-10г/л (NH ₄)H ₂ PO ₄ -1 г/л MgSO ₄ ×7H ₂ O-0,5 г/л	48	47,1	Культивування в колбах місткістю 250мл при t=30°C Та pH=6,5	Kim J.N., Choo J.S., Wee Y.J., Yun J.S., Ryu H.W. Culture Medium Optimization for Acetic Acid Production by a Persimmon Vinegar-Derived Bacterium. <i>Twenty-Sixth Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals</i> , 2005, 861–869.
<i>Acetobacter aceti</i> NRRL B-999	Спирт етиловий 96%-100 г/л Оцтова кислота 80%–175 г/л Дигідрофосфат калію–3,5 г/л Гідрофосфат амонію – 7 г/л Сульфат магнію C ₅ – 3,5г/л	144	52,5	Культивування з дробним підживленням при t=28°C та pH=6,3	Awad H. M., Diaz R., Malek R. A., Othman N. Z., Aziz R. A., El Enshasy H. A. Efficient Production Process for Food Grade Acetic Acid by <i>Acetobacter aceti</i> in Shake Flask and in Bioreactor Cultures. <i>E-Journal of Chemistry</i> , 2012, 9 (4), 2275–2286.
<i>Acetobacter pasteurianus</i> CICC7015 з <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Етанол-4 г/л Дріжджовий екстракт-2г/л MgSO ₄ ·7H ₂ O- 0.2 г/л K ₂ HPO ₄ -0.1 г/л Глутамат натрію- 0,4 г/л.	190	60,0	Культивування складається з трьохстадій при pH=3,8- 4,3 та t=32°C	Wang Z., Yan M., Chen X., Li D., Qin L., Li Z Liang X. Mixed culture of <i>Saccharomyces cerevisiae</i> and <i>Acetobacter pasteurianus</i> for acetic acid production.

Підбивши всі підсумки, можна зробити висновок, що доцільніше для одержання оцтової кислоти використовувати оцтовокислі бактерії *A. aceti* NRRL B-999.

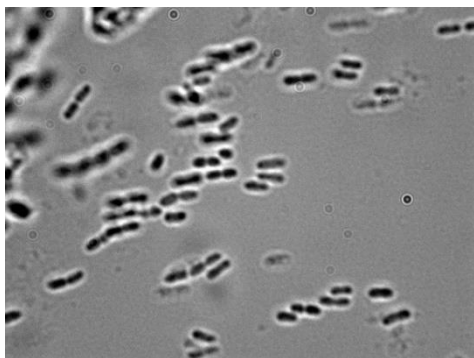


Рис.2 *Acetobacter aceti* під мікроскопом

Acetobacter – рід оцтовокислих бактерій (родини *Acetobacteraceae*), що характеризуються можливістю перетворення етанолу на оцтову кислоту за аеробними умовами.

Acetobacter aceti - грамнегативна бактерія, яка пересувається за допомогою перитрихових джгутиків. Луї Пастер довів, що вона є причиною перетворення етанолу в оцтову кислоту в 1864 році.

Це нешкідливий мікроорганізм, який присутній у навколишньому середовищі повсюдно, існує у спиртових екологічних клітинах, до яких належать квіти, фрукти, медоносні бджоли, а також у воді та ґрунті. Він живе скрізь, де відбувається цукрове бродіння. Найкраще росте при температурі від 25° до 30°C та при рН від 5,4 до 6,3. Протягом тривалого часу використовується в бродильній промисловості для виробництва оцтової кислоти зі спирту. *Acetobacter aceti* є облігатним аеробом, тобто для свого росту потребує кисню.

Acetobacter aceti має економічне значення, оскільки використовується у виробництві оцту шляхом перетворення етанолу, що міститься у вині або сидрі, в оцтову кислоту. Оцтова кислота, створена *A. aceti*, також використовується у виробництві пластмас, гуми та інших фотохімічних речовин. *A. aceti* вважається ацидофілом, тобто здатним виживати в кислому середовищі, завдяки тому, що має підкислену цитоплазму, яка змушує майже всі білки в геномі розвивати кислотну стійкість. *A. aceti* став важливим для розуміння процесу, за допомогою якого білки можуть досягти кислотної стійкості.

Для того, щоб спирт окислювався більш ефективно, в рідині необхідно

створювати оптимальні умови для їх розвитку. Найкраще оцтовокислі бактерії відчують себе за температури близько 30°C та при концентрації спирту, що не перевищує 12—14%. Сучасні дослідження показали, що максимальна швидкість росту *A. aceti* досягається при більш низькій концентрації спирту. Характерною особливістю цих бактерій являється їх висока потреба в кисні.

Тривалий час вважали, що із-за низької розчинності кисню у воді (та в розчині етилового спирту) бактерії можуть розвиватися лише на поверхні рідини або в тонкій плівці. Клітини оцтовокислих бактерій ацидофільні, вони ростуть при досить низьких значеннях рН (близько 4,0) з оптимумом рН між 5,0 та 6,0.

2.2. Характеристика поживних середовищ

Для вирощування оцтовокислих бактерій використовують кілька синтетичних середовищ, таких як YGP (дріжджовий екстракт-глюкоза-пептон), YGM (дріжджовий екстракт-глюкоза-маніт) або на середовищі з використанням етилового спирту, оцтової кислоти, дигідрофосфату калію, сульфат магнію та гідрофосфат амонію.

У таблиці 2.2 розглянемо вартість поживних середовищ

Таблиця 2.2 Вартість поживних середовищ

Продуцент	Компонент поживного середовища, г/л	Вартість поживного середовища, грн	Швидкість росту штаму, год
Acetobacter aceti	Дріжджовий екстракт 30 г/л	28,95	72
	Глюкоза 50 г/л		
	Пептон 55 г/л		
	Дріжджовий екстракт 20 г/л	25,99	67
	Глюкоза 35 г/л		
	Маніт 44 г/л		
	Етиловий спирт 96%	21,27	48
	Оцтова кислота 80%		
	Дигідрофосфат калію		
	Гідрофосфат амонію		
	Сульфат магнію		

Підбивши підсумки, можна зробити висновок, що більш оптимальним середовищем для роду *Acetobacter aceti* є середовище з використанням етилового спирту, оцтової кислоти, дигідрофосфату калію, сульфат магнію та

гідрофосфат амонію, оскільки, воно має нижчу умовну вартість, та вищу продуктивність.

Характеристика етилового спирту

Етанол (етіловий спирт, вінний спирт) — органічна сполука, представник ряду одноатомних спиртів складу C_2H_5OH (скорочено **EtOH**). За звичайних умов є безбарвною, легкозаймистою рідиною. Згідно з Національним стандартом України ДСТУ **4221:2003** етанол — це токсична речовина з наркотичною дією, за ступенем впливу на організм людини належить до четвертого класу небезпечних речовин, має канцерогенні властивості.

Оскільки він легко розчиняється у воді та інших органічних сполуках, етанол є інгредієнтом у ряді продуктів, включаючи засоби особистої гігієни та косметичні засоби, фарби, лаки та паливо.

У засобах особистої гігієни етанол можна використовувати як в'яжучий засіб і консервант. Він використовується як розчинник у деяких побутових виробках, включаючи фарбу. Більшість бензину в Сполучених Штатах містить етанол для підвищення продуктивності транспортних засобів.

Як харчова добавка етанол використовується для рівномірного розподілу харчових барвників і для посилення смаку харчових екстрактів. Оскільки етанол є дуже чистою формою алкоголю, його використання в продуктах харчування регулюється FDA та Бюро алкоголю, тютюну та вогнепальної зброї. FDA позначило етанол як загальновизнану безпечну (GRAS) речовину для використання в харчових продуктах.

Для перетворення етанолу на ацетальдегід необхідно відняти від його молекули два атоми водню. Це може бути досягнуто двома шляхами: каталітичним окисненням пари етилового спирту киснем, причому водень спалюється у воду, або шляхом каталітичного дегідрування при пропусканні етанолу при температурі 280 – 300 °C під відповідним каталізатором.

Характеристика допоміжних матеріалів: бентоніту, хлориду амонію, сульфату магнію, монофосфату калію

Поєднання природних матеріалів і процесів попередньої обробки з наноматеріалами є альтернативою, яку необхідно оцінити для підвищення ефективності та зниження витрат на процеси очищення води.

Для досягнення цієї мети повторного використання води зазвичай використовуються такі матеріали та технології, як процеси активованого вугілля, окислення, зворотного осмосу і активного мулу. Однак ці процеси, як правило, не підходять для усунення різних забруднювачів комплексної природи, таких як фармацевтичні препарати, поверхнево-активні речовини та важкі метали, які містяться у стічних водах промислових підприємств, які використовують ці сполуки, або у водах, які зараз використовуються для зрошення.

Таким чином, дослідники активно вивчають застосування нанотехнологій у галузі навколишнього середовища, оскільки вони забезпечують потенційні переваги, серед яких низька вартість, повторне використання та висока конкуренція для усунення та відновлення забруднюючих речовин. Багато наноматеріалів, таких як вуглецеві нанотрубки, наномембрани, оксиди металів, цеоліти та дендримери, допомагають покращити найкомпетентніші шляхи лікування серед покращених водних методів. Одним з таких наноматеріалів є бентоніт.

Бентоніт – природний глинистий мінерал, різновид вибілюючих глин, складається в основному з мінералів.

Бентонітова глина присутня в багатьох засобах для догляду за шкірою, але деякі люди також додають її в їжу або напої з метою полегшення проблем з травленням або виведення токсинів з організму. Користь бентонітової глини для здоров'я вивчалася в багатьох дослідженнях, хоча в більшості з них використовувалися тварини або клітинні моделі.

Використання бентоніту при виготовленні оцтової кислоти заснована на пастеризації оцту при 85—90°C з наступним освітленням за допомогою бентонітових глин з невеликою кількістю лимонної кислоти.

Із бентонітових глин готують 2 % водну суспензію, яку змішують з

попередньо освітленим оцтом.

Освітлення оцту проводять змішуванням 1000 дм³ оцту з 2,5 кг повітряно — сухого бентоніту. Суміш оцту з бентонітом ретельно перемішують протягом 30—40 хвилин. При утворенні великої кількості завислих пластів вугриць суміш залишають для освітлення на 10—12 годин, попередньо провівши визначення кислотності.

Хлорид амонію - хімічна сполука, амонієва сіль соляної кислоти.

Хімічна формула хлористого амонію координаційної будови — NH_4Cl .

У харчовій промисловості хлорид амонію використовують як харчову добавку та поживну речовину для дріжджів при виготовленні хліба. Він є кормовою добавкою для великої рогатої худоби та інгредієнтом поживних середовищ для дріжджів і багатьох мікроорганізмів.

Сульфат магнію - утворюється шляхом об'єднання магнію, сірки і кисню. Часто має назву англійської солі.

Він білий з текстурою, схожою на структуру кухонної солі, добре розчинний у воді.

Монофосфату калію - має вигляд безкольорових або білих кристалів. Запаху не має. Отримують калій фосфорнокислий в процесі взаємодії гідроксиду калію або калію вуглекислого з ортофосфорною кислотою.

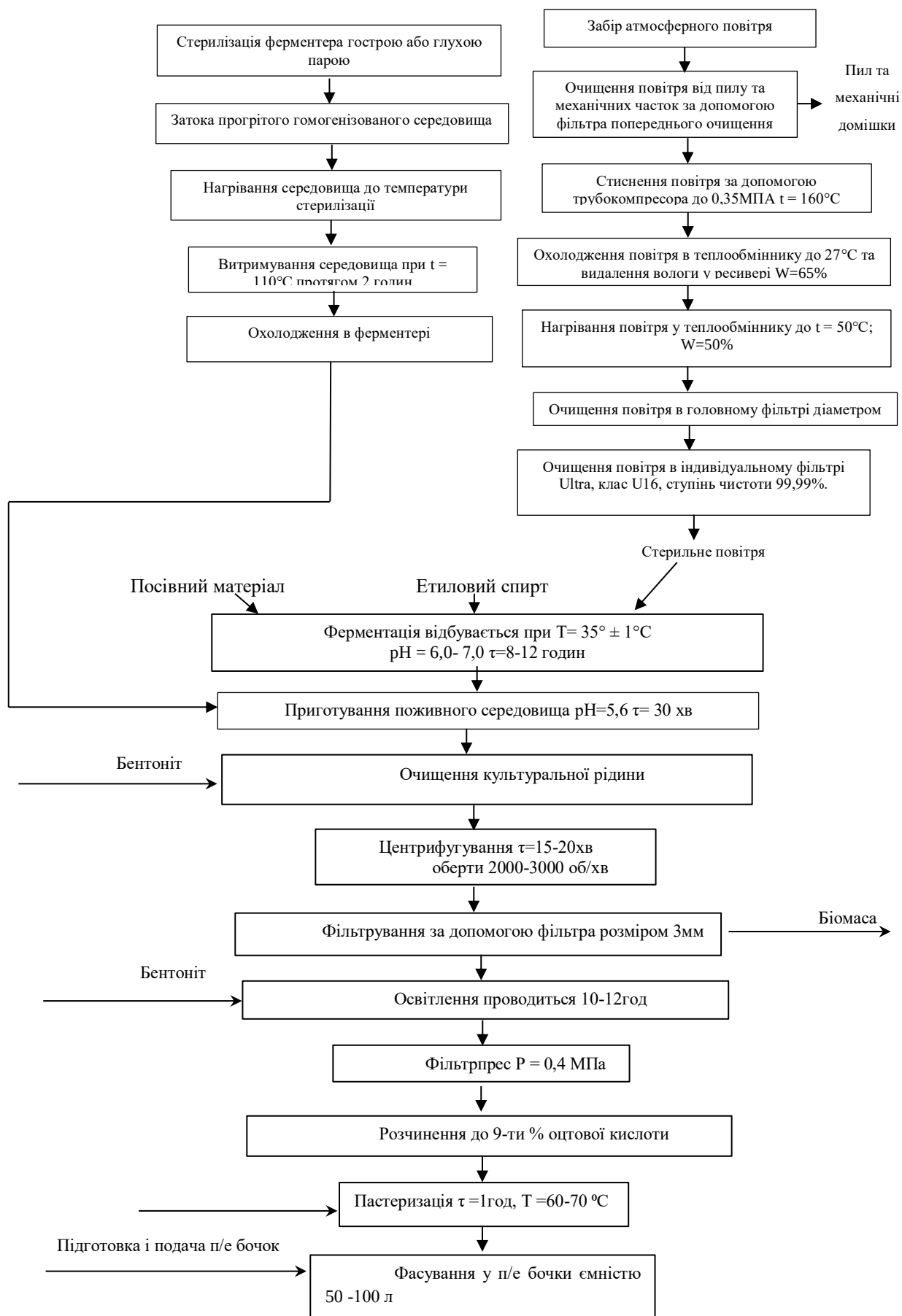
РОЗДІЛ 3

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА ПРОЄКТУ

В даному розділі наведена технологічна схема ділянки виробництва оцтової кислоти в концентрації 9%: при культивуванні штаму *Acetobacter acetii*, яка синтезує 47,1 г/л цільового продукту протягом 48 годин на середовищі з етанолом. Ця методика є найбільш актуальною в сучасному світі, оскільки вона є менш енерговитратною і вихід сировини збільшується.

Перевага віддана безперервній схемі виробництва з максимально механізованим обладнанням. При цьому мінімальними є втрати і відходи сировини, а також витрати пари, води і електроенергії. Перевага надана автоматизованому обладнанню, що забезпечує зниження собівартості готового продукту.

3.1 Технологічна схема виробництва оцтової кислоти



3.2 Опис технологічних процесів

Технологічна схема виробництва оцтової кислоти складається з допоміжних робіт (підготовка виробничих приміщень, підготовка обладнання та приготування поживного середовища) та технологічного процесу (підготовка посівного матеріалу, біосинтез цільового продукту).

Промислове виробництво оцтової кислоти включає наступні технологічні стадії:

- 1) одержання посівного матеріалу;
- 2) підготовка живильного середовища;
- 3) оцтовокисле бродіння;
- 4) концентрування та розлив готового продукту

Підготовка стерильного повітря

Одним з найважливіших факторів забезпечення чистоти в чистих приміщень, де відбувається виробництво оцтової кислоти є очищення великих обсягів вентиляційного повітря відповідно до технологічних особливостей процесів, які проводяться у цих приміщеннях. Необхідний ефект досягається застосуванням декількох ступенів очищення, причому вирішальне значення має фінішна ступінь, у якій повинні використовуватися фільтри здатні уловлювати практично всі частки діаметром більше 0,1 мкм.

Повітря, що подається в чисті приміщення, повинне бути стерильним, тому першочергового значення набуває його очищення і стерилізація.

Повітря, яке використовується для аерації середовища у процесі отримання посівного матеріалу в інокуляторі та у процесі виробничого культивування в ферментері, повинно бути стерильним та мати температуру 28- 30°C

Фільтр – найважливіший компонент системи очистки повітря для чистих приміщень, оскільки з його допомогою остаточно встановлюється необхідний ступінь чистоти приміщення. Треступінчасте очищення повітря за допомогою фільтрів грубого, тонкого очищення на першому й другому ступені, відповідно, і мікрофільтрів або фільтрів абсолютно тонкого очищення на третьому ступені дозволяє досягти необхідного результату.

У відповідності з європейськими стандартами EN 779, EN 1822 та ДСТУ EN 1822-1-2001 фільтрувальні елементи класифікуються на групи і класи залежно від якості фільтрування (ефективності або проникності).

Згідно з стандартом фільтрувальні елементи підрозділяються на такі групи:

Група G – фільтри грубого очищення – фільтри попередньої очистки(course dust filters);

Група F – фільтри тонкої очистки (fine dust filters);

Група H – фільтри (High Efficiency Particular Airfilters) HEPA;

Група U – фільтри (Ultra Low Penetration Air) ULPA.

Належна виробнича практика GMP орієнтована на застосування спеціальних систем очистки (стерилізації), повітря і які використовують принцип високоефективної фільтрації, повітря що подається в приміщення за допомогою HEPA фільтрів (High Efficiency Particulate Air/Particle Absorption).

Етапи стерилізації повітря:

- ***Забір атмосферного повітря***

Забір повітря здійснюється повітрозбірником на висоті близько 15–20 м від поверхні землі.

- ***Очищення повітря від пилу та механічних часток***

На цій стадії на фільтрі з повітря видаляється основна маса великих фракцій механічних та пилу. Для цього використовують фільтри попереднього очищення.

- ***Стиснення повітря***

За допомогою турбокомпресора повітря стискають до 0,35 МПа, при температурі 160°C. Тиск повітря у компресорі забезпечують відповідно із розрахунку тиску на подолання опору в системі підготовки повітря.

- ***Охолодження повітря та видалення вологи***

Після компресора повітря охолоджується в теплообміннику до температури 26-30°C. Далі у ресивері відбувається стабілізація вологості повітря $W = 60-70\%$.

- ***Нагрівання повітря.***

Підігрів повітря відбувається в теплообміннику до температури, вищої від температури культивування на 5–10 °С, тобто до 50°C, його вологість становить $W = 50 \%$.

- ***Очищення повітря в головному фільтрі***

Подальше очищення повітря відбувається у фільтрі з діаметром пор 1 мкм, як фільтрувальний матеріал використовують синтетичні волокна. Ступінь очистки такого повітря становить $E = 95 \%$. Заміну фільтрувального матеріалу проводять 2 рази на рік. Але в разі передчасного забруднення, або зволоження чи інфікування фільтруючого матеріалу, проводять позачергову заміну.

- ***Очищення повітря в індивідуальному фільтрі***

Остання операція цієї стадії – очищення повітря в індивідуальних фільтрах Ultra, клас U16, ступінь чистоти 99,99%.

Підготовка обладнання і комунікацій

На підприємстві, після закінчення чергового технологічного циклу, здійснюють миття обладнання.

Базовою, відправною точкою вимог НВП (GMP) є функціональна відповідність обладнання. Обладнання необхідно розміщати й обслуговувати таким чином, щоб воно відповідало своєму призначенню. Виробниче обладнання повинно бути спроектоване таким чином, щоб його можна було легко і ретельно очищати. Очищення повинне проводитися відповідно до методик, докладно викладених в письмовому вигляді. Устаткування (інвентар), що застосовують для миття й очищення, слід вибирати і використовувати так, щоб воно не стало джерелом контамінації. Обладнання повинно бути встановлене таким чином, щоб не допустити ризику помилок або контамінації.

При поверхневому культивуванні стерилізують апаратуру для приготування посівного матеріалу (ємності для засівання, кювети, ємності для води, для готування посівної суспензії, посівні комунікації), а також виробничі кювети. Стерилізація кювет і скляного посуду у посівному відділенні

проводиться сухою парою при температурі 160°C не менше 60 хв. Апаратуру й комунікації стерилізують гострою парою при температурі 105-120 °C і надлишковому тиску 0,05-0,1 МПа. Приміщення, особливо посівні бокси, стерилізують опроміненням за допомогою спеціальних бактерицидних ламп.

При стерилізації обладнання є небезпека навіть при високих температурах не домогтися стерильності в результаті того, що в процесі теплової обробки внутрішніх порожнин апаратів відбувається конденсація пари біля стінок. Повітря, що виділяється з парогазової суміші, покриває стінки апарата повітряною плівкою, у результаті чого умови нагрівання стінки погіршуються. Погано піддаються стерилізації різні патрубки і люки, тому що в них утворюються повітряні пробки. Для поліпшення умов стерилізації при конструюванні апаратури варто скорочувати число швів, збільшувати діаметр і зменшувати висоту відводячих і підводячих штуцерів.

Усі вентилі перед установкою перевіряють гідравлічним опресуванням при тиску 0,3 МПа. Для герметизації фланців і вентилів використовують особливі прокладки з параніту, обробленого графітом, для герметизації кришок апаратів застосовують шнур із прогумованої тканини діаметром до 19 мм, а для завантажувальних люків - гуму товщиною 14 мм. Герметичність з'єднань перевіряють при надлишковому тиску пари 0,15- 0,2 МПа. Перед поданням середовища ретельно перевіряють сальникове ущільнення мішалки, тому що в процесі стерилізації щільність насадки може змінитися. Особлива увага приділяється стерилізації апаратури й комунікації для подачі піногасника. Стерилізацію цих вузлів проводять при 125-135°C протягом 1,5-2 год. На стадії стерилізації ведеться постійний мікробіологічний контроль стерильності поживного середовища, подаваного у ферментатор повітря, піногасника й т.п. На мікробіологічну чистоту перевіряють відділення стерилізації, його стіни і підлогу, апаратуру, комунікації, а також руки працюючих.

Водопідготовка.

Вода, яка використовується у виробництві оцтової кислоти є одним з найбільш важливих продуктів. Вона застосовується як для технологічних цілей, для первинного миття обладнання, для остаточного споліскування обладнання так і для теплоенергетики. У залежності від призначення води у технологічному процесі і від потребуємого ступеня її очистки розрізняють наступні категорії:

- вода питної якості;
- вода очищена.

Вода питна подається у емальовану ємність з якої насосом подається в установку зворотного осмосу, де відбувається видалення більше 96% одновалентних іонів; більше 98% двовалентних іонів; більше 97% кремнію; більше 98% пірогенів, бактерій. Фільтруючі елементи – поліамідні мембрани. Далі вода надходить в збірник, де зберігається при температурі 20°C. Цю воду за допомогою насоса подають на теплообмінник , де нагрівають до температури 70°C. Нагріту воду до температури 70°C через насос подають у ємність, з якої воду використовують для приготування деяких не стерильних розчинів та для миття обладнання.

Підготовка стерильного поживного середовища.

Поживні середовища, на яких вирощують мікроорганізми, мають відповідати таким мінімальним вимогам: у них мають бути присутні всі елементи, з яких будується клітина, причому в такій формі, в якій мікроорганізми здатні їх засвоювати. До складу бактеріальної клітини входять такі елементи (% до маси сухої речовини): вуглець – 50; кисень – 20; азот – 10-14; водень – 8; фосфор –3; сірка, калій, натрій – 1; кальцій, магній, хлор – 0,5; залізо – 0,2; решта елементів – близько 0,3.

На вибір оптимального режиму стерилізації впливають гетерогенність рідкого середовища, її фізико-хімічні властивості, якісний і кількісний склад.

Стерилізацію поживних середовищ можна вести двома способами: періодичним і безперервним, у виробництві оцтової кислоти використовується

періодичний спосіб культивування. У цьому випадку процес ведуть у кілька етапів:

- 1) стерилізація ферментатора й всіх комунікацій гострою або глухою парою;
- 2) потоку прогрітого гомогенізованого середовища;
- 3) нагрівання середовища до температури стерилізації;
- 4) витримування при цій температурі протягом часу, необхідного для загибелі всіх мікроорганізмів;
- 5) охолодження стерильного середовища в цій же ємності.

Цей спосіб стерилізації досить тривалий, і тому щоб уникнути істотних змін у складі середовища процес ведуть при надлишковому тиску 0,05- 0,1 МПа, при температурі 110-120°C на протязі 1 -1,5 год з моменту досягнення граничної температури.

Для приготування поживного середовища усі компоненти готуються у певній кількості для кожного апарату та перед вирощуванням посівного матеріалу стерилізуються при температурі 120°C протягом 40 хв.

Коли готують оцет з продуктів харчової промисловості (вина, сироватки, сусла, сидру), то необхідності в добавках немає. Але якщо в якості сировини використовують технічний спирт, картопляний або зерновий крохмаль, то доводиться вносити фосфат амонію, сульфат магнію, кальцію – цитрат і кальцію – пантотенат, сусло, а саме: г/л: $(\text{NH})_4\text{HPO}_4$ – 1,16, KH_2PO_4 – 1,16, Mg_2SO_4 – 0,58. Етилового спирту має бути 9,3%. Так само живильне середовище повинна містити оцтову кислоту – 0,7%, яка служить джерелом вуглецю та енергії для бактерій. Також додають дріжджовий автолізат, який містить потрібний набір амінокислот.

Тому в процесі росту культури завжди відбувається споживання оцтової кислоти і часткове її окислення в ЦТК.

Кількість споживаної оцтової кислоти залежить від швидкості росту бактерій. При глибинному культивуванні концентрації поживних речовин повинні бути в 5 разів вище, ніж при поверхневому культивуванні, оскільки в

першому випадку виростає набагато більше біомаси.

Окислення спирту відбувається в особливих генераторах або чанах, заповнених буковими стружками, на яких поселяються оцтовокислі бактерії. Велика поверхня стружок створює для бактерій хороші умови аерації. Перед початком процесу стружки просочують оцтовою кислотою.

Потім в них вносять поживне середовище, який приготований з 6 % оцту і 3% етилового спирту. Після окислення отримують оцет, що містить 9% оцтової кислоти. Поживне середовище, окислюючись, одночасно фільтрується через ці ж букові стружки. Щодня отриману оцтову кислоту ділять на дві нерівні частини: 2/3 його йдуть на приготування нового поживного середовища і 1/3 – на розфасовку.

Оцтовокисле бродіння проводять безперервним способом при глибинному проточному культивуванні оцтовокислих бактерій у батареї послідовно сполучених апаратів. Для цього способу найкращою сировиною для оцтовокислих бактерій є етиловий спирт, отриманий із зерно-картофельної сировини.

Вирощування бактерій ведуть при температурі 28,37°, при рН 3,0...3,2 та при концентрації спирту 7,15 %.

Після накопичення 8 % оцтової кислоти розвиток бактерій сповільнюється і при її вмісті в межах 12.14 % зростання бактерій повністю припиняється.

На життєдіяльність оцтовокислих бактерій великий вплив робить реакція середовища. Прийнято вважати, що оптимальний рН для їх розвитку знаходиться в межах 3,0...3,2, проте надлишок оцтової кислоти у зброджувальному середовищі пригноблює життєдіяльність бактерій-продуцентів. Після накопичення 8 % оцтової кислоти розвиток бактерій сповільнюється і при вмісті 12,14% кислоти повністю припиняється.

Посівний матеріал готують у виробничому інокуляторі (л.2 поз. 1), який має аератор, мішалку й оболочку для охолодження. У змішувач (л.2 поз.2) набирають воду і при постійному перемішуванні перекачують насосом (л.2

поз.3) сусло з оцукрювача.

У посівному ферментері (л.2 поз.11) середовище спочатку підігрівають гострою парою до 100°C під тиском, а потім заповнюють охолодженим живильним середовищем. Посівний матеріал вносять у кількості 15%.

Проводять очищення культуральної рідини, пропускаючи її через шар бентоніту і центрифугують 15-20 хв. При 2500об/хв. (л.2 поз.4), після цього проводиться фільтрування за допомогою фільтра розміром 3мм. (л.2 поз.5), при цьому виділяється біомаса, яка слугує живленням для оцтових бактерій в подальшому. Потім, знову проводять освітлення за допомогою шару бентоніту, цей процес коливається від 10 до 12 годин, перемішують і додають трохи лимонної кислоти, знову перемішують і відділяють оцтову кислоту за допомогою фільтр-пресу (л.2 поз.10).

Після очищення за допомогою води розчиняють оцтову кислоту до 9% і проводять пастеризацію (л.2 поз.7) за температури 70°C, проводять розлив у бочки ємністю 50-100л.

Для отримання оцтової есенції або крижаної оцтової кислоти оцтову кислоту концентрують за допомогою ректифікації.

Підготування сировини.

Для промислового виробництва оцтової кислоти як субстрат застосовують етиловий спирт – який одержують зброджуванням вуглеводів дріжджами, або використовують технічний спирт. У нашому випадку ми використовуємо спирт, отриманий зброджуванням вуглеводів.

3.3 Схеми постадійного контролю

Схему постадійного контролю виробництва оцтової кислоти

Acetobacter acetі наведено у табл. 3.1

Номер контрольної точки та назва стадії	Об'єкт контролю і показник, що визначається	Засоби та методи контролю	Періодичність перевірки та порядок відбору проб	Нормативна характеристика показника, що визначається
ДР 1. Підготовка аераційного повітря				
Кт 1.1 Грубе очищення повітря	Ступінь очищення повітря, перепад тиску, повітря на виході з фільтру	Манометр, перевірка ступеня очищення згідно паспорту фільтру	Після очищення повітря у фільтрі грубого очищення	E = 80 %, тиск згідно паспорту
Кт 1.2 Компресування повітря	Температура, тиск, Ступінь стиснення повітря	Манометр технічний, термометр	Після компресування повітря	P = 0,75 МПа t = 200-250 °C
Кт 1.3 Охолодження повітрята	Температура, охолоджене повітря, повітря	Термометр технічний, психрометричний	Після охолодження повітря тавидалення зайвої вологи	t = 17-18 °C, W = 70-80 %
Кт 1.4 Нагрівання повітря	Нагріте повітря, температура, вологістьповітря	Термометр технічний, психрометричний метод	Після нагрівання повітря	t = 35-40 °C W = 50 %
Кт 1.5 Очищення повітря в головному фільтрі	Очищене повітря, ступіньочищення, перепад тисків	Манометр, перевірка ступеня очищення згідно паспорту фільтра	Після очистки повітря у фільтрі головного очищення	E = 90-95 %
Кт 1.6 Очищення повітря в індивідуальному у фільтрі	Очищене повітря, ступіньочищення	Перевірка ступеня очищення згідно паспорту фільтра	Після очистки повітря в індивідуальному фільтрі	E = 99,999 %
ДР 2. Приготування та стерилізація титрувальних агентів				
Кх 2.1.,2.3,2.5,2.7 Приготування 6-% розчину HCl	Концентрація розчину HCl	Хімічний метод	Концентрація визначається після приготування титрувального агенту	C = 6%
Кт, Кх,Км 2.2,2.4,2.6,2.8. Приготування та стерилізація 6-% розчину NaOH	Концентрація розчину NaOH, температура, тиск, час, стерильність розчину	Манометр технічний, годинник, хімічний метод, мікроскоп	Тиск визначається безперервно під час стерилізації, концентрація визначається після приготування розчину, мікробіологічний контроль після стерилізації у апараті	C = 6%, P=0,15 МПа, t=131 оC, τ = 40 хв, відсутність сторонньої мікробіоти
ДР 3 Приготування та стерилізація поживних середовищ.				
ДР 3.1. Приготування та стерилізація поживного середовища для вирощування інокуляту об'ємом 3 л в колбах на качалках				

Номер контрольної точки та назва стадії	Об'єкт контролю і показник, що визначається	Засоби та методи контролю	Періодичність перевірки та порядок відбору проб	Нормативна характеристика показника, що визначається
Кт, Км 3.1.2. стерилізація поживного середовища	Поживне середовище, температура, час, стерильність	Манометр технічний, годинник, мікроскоп	Тиск та температура визначається безперервно під час стерилізації, мікробіологічний контроль після стерилізації	$P=0,05$ МПа, $t=112$ °С, $\tau = 30$ хв, відсутність мікробіоти
ТП 4. Зберігання культуральної рідини				
Кт, Км 4.1 Зберігання культуральної рідини	Температура, швидкість, мікробіологічна чистота культуральної рідини.	Термометр технічний, мікроскоп	Температура визначається під час зберігання Відбір проб культуральної рідини проводять кожні 2-4 год	$t = 15$ °С, відсутність сторонньої мікробіоти
ТП 5. Відділення біомаси				
Кт, Км 5.1 Сепарування культуральної рідин	Тривалість процесу, температура, мікробіологічна чистота рідини.	Термометр технічний, годинник, мікроскоп	Температура визначається під час процесу. Відбір проб культуральної рідини проводять кожні 2-4 год	$t = 40$ °С, $\tau = 2$ год, відсутність сторонньої мікробіоти
ТП 6. Очищення цільового продукту				
Кт, Км 6.1 Очищення фільтрату на установці мембранного розділення	Тривалість процесу, мікробіологічна чистота.	Годинник, мікроскоп.	Відбір проб культуральної рідини проводять кожні 2-4 год	$\tau = 6$ год, відсутність сторонньої мікробіоти
Кт, Км 6.2 Доочищення розчину на вугільно-очисній батареї	Температура, тривалість процесу, тиск, мікробіологічна чистота.	Годинник, термометр технічний, годинник, манометр, мікроскоп	Температура визначається під час процесу. Відбір проб культуральної рідини проводять кожні 2-4 год	$t = 15$ °С, $P=2$ МПа $\tau = 4,5$ год, відсутність сторонньої мікробіоти
ТП.7 Концентрування оцтової кислоти				
Кт, Кх 7.1 Концентрування оцтової кислоти у вакуум-випарному апараті	Температура, тривалість процесу, тиск, концентрація вихідного продукту	Годинник, термометр технічний, годинник, манометр, хімічний метод	Температура визначається під час процесу, концентрація визначається в кінці процесу	$t = 100,3$ °С, $P=1,7$ МПа $\tau = 3$ год, $C=15\%$

Номер контрольної точки та назва стадії	Об'єкт контролю і показник, що визначається	Засоби та методи контролю	Періодичність перевірки та порядок відбору проб	Нормативна характеристика показника, що визначається
ТП. 8 Охолодження цільового продукту				
Кт, Кх 8.1 Розведення та охолодження оцтової кислоти.	Температура, концентрація вихідного продукту	Термометр технічний, хімічний метод	Температура та концентрація визначається вкінці процесу	t = 30 °C, C=9%
ТП. 9 Пакування, маркування, відвантаження				
Км, Кх 9.1 Фасування, пакування, маркування оцтової кислоти	Концентрація вихідного продукту, мікробіологічна чистота	Хімічний метод, мікроскоп	Відбір проб проводять перед процесом розливу	C=9%, відсутність сторонньої мікробіоти

Таблиця 3.1 Схема постадійного контролю біосинтезу оцтової кислоти

3.4 Вимоги до якості готової продукції

Оцтова кислота – їдка речовина, чії пари подразнюють слизові оболонки верхніх дихальних шляхів, а потрапляння на тканини здатне викликати значні хімічні опіки. Крім цього, ця кислота є легкозаймистою речовиною. Відповідно, робота з оцтовою кислотою передбачає використання засобів особистого захисту, таких як протигаз, окуляри, рукавички і костюм хімічного захисту.

Характеристика хімічного складу та екологічної чистоти оцтової кислоти наведено в табл.3.4.

Таблиця 3.4 – Характеристика хімічного складу та екологічної чистоти готової продукції.

Показники	Норматив	Випробування
Зовнішній вигляд	Безбарвна прозора рідина, без сторонніх включень	Відповідає
Смак	Кислий смак, характерний для оцтової кислоти	Відповідає
Запах	Без стороннього	Відповідає
Можливість розчинятися у воді	Повна	Відповідає
Масова частка основної речовини, % не менше	99,8	99,9
Масова частка оцтового альдегіду, %, не більше	0,004	0,0008
Масова частка мурашиної кислоти, % не більше	0,04	0,03
Масова частка сульфатів (SO ₄), %, не більше	0,0003	0,0001
Масова частка хлоридів (Cl), %, не більше	0,0001	0,0001
Масова частка речовини, що окислюється двохромовим калієм, 0,1см ³ розчину тіосульфату натрію, не більше	2,0	1,5
Масова частка нелеткого залишку, % не більше	0,002	0,001
Стійкість фарбування розчину марганцево-кислого калію, хв, не менше	60	180

Визначення значення рН оцтової кислоти

Рівень рН оцтової кислоти вимірювали за допомогою рН-метра.

Для цього в ємність наливають 15-20 мл оцтової кислоти, потім занурюють електрод рН-метра і протягом 30-60 секунд оцінюють результат. Рівень рН 1М водного розчину оцтової кислоти становить 2,4.

Визначення температури спалаху, температури плавлення, температури кипіння.

Температура спалаху залежить не тільки від фізико-хімічних властивостей і параметрів оцтової кислоти, а й від конструкції методу

визначення та пристрою. Для визначення температури спалаху використовувався відкритий і закритий прилад.

Метод вимірювання в закритому тиглі.

Вимірювання в закритому тиглі використовуються для моделювання поведінки рідин у щойно відкритих контейнерах, коли горючі пари накопичуються над поверхнею. Метод закритого тигля використовується частіше, ніж метод відкритого тигля, оскільки він забезпечує точніші та надійніші результати та менш чутливий до лабораторних умов.

Відкритий тигельний метод вимірювання.

Метод відкритого тигля імітує займання або випадковий розлив рідини у відкритій ємності та використовується для нафтопродуктів з низьким тиском насиченої пари, зазвичай мінерального масла та мазуту. У більшості випадків речовини, класифіковані як легкозаймисті речовини на основі аналізу закритого тигля, можуть бути класифіковані як негорючі речовини на основі температури спалаху відкритого тигля.

Під час виробництва оцтової кислоти та подальшого її контролю необхідно щоб отримання речовин відповідали державним стандартам, які прописані в ГОСТ 19814-74.

Упаковка, маркування, транспортування та зберігання

Упаковка та маркування – відповідно до ГОСТ 3885-73.

Для упаковки тари з оцтовою кислотою застосовують стружку деревини, просочену розчинами хлористого кальцію, хлористого магнію або сірчаноокислого амонію, а також шлаковату або інший ущільнюючий нематеріальний матеріал.

На тару наносять знак небезпеки згідно з ГОСТ 19433-88 (клас 8. Підклас 8.1, класифікаційний шифр 8142, серійний номер ООН 2789).

Продукт перевозять усіма видами транспорту відповідно до правил перевезення вогнебезпечних вантажів.

Продукт зберігають у закритій тарі у приміщеннях, спеціально пристосованих для зберігання вогнебезпечних речовин, захищених від дії

прямих сонячних променів та атмосферних опадів.

3.5 Продуктовий розрахунок і матеріальний баланс виробництва оцтової кислоти

З ТЕО потреба в продукті оцтової кислоти складає $G_{нд} = 1\,500$ т. За умовами замовника цю кількість оцтової кислоти потрібно виробити за 300 днів. За даними максимальний синтез оцтової кислоти досягається за умов росту штаму *Acetobacter acetii* на середовищі такого складу (г/л):

Спирт етиловий 96% - $C_1 - 100$

Оцтова кислота 80% - $C_2 - 175$

Дигідрофосфат калію - $C_3 - 3,5$

Гідрофосфат амонію - $C_4 - 7$

Сульфат магнію - $C_5 - 3,5$

Всього - $C_{\Sigma\phi} = 289$

Відповідно до нормативно-технічної документації вміст сухих речовин в готовому продукті має складати не менше 94%. Для розрахунку викоритовували наступні коефіцієнти: коефіцієнт запаса (втрати культуральної рідини або посівного матеріалу від нестерильних операцій)

3.5.1. Розрахунок виробничих циклів

Кількість продукту на добу, $G_{нд} = G_{нт}/T_{рд}$

$$G_{нд} = 1500/300 = 5 \text{ кг/добу} \quad (3.1)$$

Кількість продукту за добу з урахуванням втрат за виробничий цикл ($E_{св}$):

$$G_{пд} = G_{нд}/(1 - E_{св})$$

$$G_{пд} = 5/(1 - 0,35) = 8 \text{ кг/доба} \quad (3.2)$$

Кількість оцтової кислоти за цикл:

$$G_{цд} = G_{пт} * T_{рд} / 24$$

$$G_{цд} = 8 * 10_{\text{подгот.операц.}} + 96 - \text{из ТСХ} / 24 = 35,3 \text{ кг/цикл} \quad (3.3)$$

Об'єм КР, що зливається за одну ферментацію (цикл)

$$V_{кр} = (K1 * V_d * T_{цф}) / 24 = (1,1 * 5 * 106) / 24 = 24,2 \text{ м}^3/\text{цикл} \quad (3.4)$$

$$K1 = 1,1 - 1,5$$

Кількість ферментацій (циклів) на рік

$$N_{\text{ц}} = G_{\text{зад}} * G_{\text{цд}}$$

$$N_{\text{ц}} = 1500/24,2 = 61,9 = 70. \quad (3.5)$$

3.5.2. Розрахунок кількості стадій підготовки посівного матеріалу для біосинтезу оцтової кислоти продуцентом Acetobacter aceti

За виробничий цикл отримують $V_{\text{кр}} = 8,81 \text{ м}^3$ культуральної рідини. При одержанні культуральної рідини потрібно врахувати її витрати в результаті краплевиносу через колектор відпрацьованого повітря, які становлять від 10 до 15%.

Отже, кількість поживного середовища та посівного матеріалу перед виробничим біосинтезом становитиме:

$$V_{\text{роб.1}} = V_{\text{кр}} / (1 - E_{\text{ф}}) = 8,1 / (1 - 0,15) = 10 \text{ м}^3, \quad (3.6)$$

де $E_{\text{ф}}$ – втрати культуральної рідини під час біосинтезу.

Виробничий біосинтез здійснюють у ферментері з робочим об'ємом $V_{\text{роб.1}} = 10 \text{ м}^3$.

При вибраному коефіцієнті заповнення $K_{\text{зап}} = 0,6$ розраховують геометричний об'єм ($V_{\text{ф}}$), що становить

$$V_{\text{ф}} = V_{\text{роб.1}} / K_{\text{зап}} = 10 / 0,6 = 17 \text{ м}^3. \quad (3.7)$$

Приймаємо найближчий за об'ємом стандартний ферментер $V_{\text{сф}} = 20 \text{ м}^3$.

Уточнюємо раніше прийнятий коефіцієнт заповнення

$$K_{\text{зап}} = V_{\text{роб.1}} / V_{\text{сф}} = 8,1 / 20 = 0,405. \quad (3.8)$$

Уточнений коефіцієнт заповнення перебуває у вибраних межах, отже геометричний об'єм ферментера вибрано вірно. (0,4-0,5)

Кількість посівного матеріалу (доза) для ферментера становить 10% від об'єму поживного середовища.

Тоді кількість поживного середовища в ферментері буде становити:

$$V_{\text{пс.1}} = V_{\text{роб.1}} / (1 + X_{\text{ф}}) = 10 / (1 + 0,1) = 9 \text{ м}^3, \quad (3.9)$$

де $X_{\text{ф}}$ - доза посівного матеріалу для ферментера.

Кількість посівного матеріалу становить:

$$V_{\text{пм1}} = V_{\text{роб.1}} - V_{\text{пс.1}} = 10 - 9 = 1 \text{ м}^3. \quad (3.10)$$

Для одержання 1 м^3 інокулятору в посівному апараті враховуємо втрати

в результаті краплевиносу через колектор відпрацьованого повітря, які становлять від 10 до 15%.

Тоді кількість поживного середовища та посівного матеріалу в посівному апараті становитиме:

$$V_{\text{роб.2}} = V_{\text{пм.1}} / (1 - E_{\text{па}}) = 1 / (1 - 0,10) = 1,1 \text{ м}^3. \quad (3.11)$$

Кількість посівного матеріалу становить 10% від об'єму поживного середовища. Тоді кількість поживного середовища в посівному апараті буде становити:

$$V_{\text{пс2}} = V_{\text{роб.2}} / (1 + X_{\text{па}}) = 1,1 / (1 + 0,1) = 1 \text{ м}^3, \quad (3.12)$$

де $X_{\text{па}}$ – доза інокуляту для посівного апарату.

Кількість посівного матеріалу для посівного апарату становить

$$V_{\text{пм2}} = V_{\text{роб.2}} - V_{\text{пс2}} = 1,1 - 1 = 0,1 \text{ м}^3 \text{ або } 100 \text{ л.} \quad (3.13)$$

Кількість інокуляту $V_{\text{роб.2}} = 1,1 \text{ м}^3$ можна одержати під час культивування дріжджів у посівному апараті геометричний об'ємом

$$V_{\text{па2}} = V_{\text{роб.2}} / K_{\text{зап}} = 1,1 / 0,6 = 1,8 \text{ м}^3 = 2 \text{ м}^3. \quad (3.14)$$

Приймаємо найближчий за об'ємом стандартний ферментер $V_{\text{сф}} = 2,0 \text{ м}^3$.

Уточнюємо коефіцієнт заповнення:

$$K_{\text{з1}} = V_{\text{роб.2}} / V_{\text{сф}} = 1,1 / 1,0 = 1,1. \quad (3.15)$$

Приблизний загальний геометричний об'єм ферментерів при заданому

$$K_{\text{зф}} = 0,6 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{фг}} = V_{\text{ф}} / K_{\text{зф}} = 8 \text{ 100} / 0,6 = 13 \text{ 500} \quad (3.16)$$

Вибираємо з таблиці найближчій за об'ємом ферментер, м^3

$$V_{\text{ф}} = 100,0 \text{ м}^3$$

Кількість виробничих ферментерів при заданому $K_{\text{з}}$. Од.

$$V_{\text{фг}} = V_{\text{ф}} / V_{\text{фг}} = 13 \text{ 500} / 100 = 135 \quad (3.17)$$

Уточнюємо коефіцієнт заповнення вибраних з таблиці ферментерів частка, $K_{\text{зф}}$

$$K_{\text{зф}} = V_{\text{ф}} / V_{\text{фг}} * N_{\text{фг}} = 8 \text{ 100} / 100 * 1 = 81 \quad (3.18)$$

Оскільки, уточнений коефіцієнт заповнення не перевищує заданих меж приймаємо до установки кількість ферментерів $N_{\text{фг}} + 1$ запасний.

3.5.3. Розрахунок кількості посівних апаратів

Приблизний загальний геометричний об'єм посівного апарата при заданому $K_{\text{па}} = 0,6 \text{ м}^3$

$$V_{\text{пт}} = V_{\text{па}} / K_{\text{па}} = 1052,63 / 0,6 = 1\,754,38 \text{ м}^3 \quad (3.19)$$

Вибираємо з таблиці найближчий за об'ємом ферментер, м^3

$$V_{\text{пт}} = 100,0 \text{ м}^3$$

Кількість посівних апаратів при заданому $K_{\text{з}}$, од.

$$N_{\text{пр}} = V_{\text{пт}} / V_{\text{пт}} = 1\,754,38 / 100,0 = 17,543 \quad (3.20)$$

Уточнюємо коефіцієнт заповнення вибраних з таблиці ферментерів частка, $K_{\text{зпа}}$

$$K_{\text{зпа}} = V_{\text{па}} / V_{\text{пт}} * N_{\text{пт}} = 1052,63 / 100,0 * 1 = 10,526 \quad (3.21)$$

Оскільки уточнений коефіцієнт заповнення не перевищує заданих меж приймаємо до установки кількість ферментерів $N_{\text{пт}} + 1$ запасний.

3.5.4. Розрахунок кількості інокуляторів

Приблизний загальний геометричний об'єм інокулятора при заданому $K_{\text{ін}} = 0,6 \text{ м}^3$

$$V_{\text{ін1г}} = V_{\text{ін1}} / K_{\text{ін}} = 100,669 / 0,6 = 167,78 \text{ м}^3 \quad (3.22)$$

Вибираємо з таблиці найближчий за об'ємом інокулятор

$$V_{\text{ін1т}} = 100,0 \text{ м}^3$$

Кількість інокуляторів апаратів при заданому $K_{\text{ін}}$, од.

$$N_{\text{ін1р}} = V_{\text{ін1г}} / V_{\text{ін1т}} = 167,78 / 100,0 = 1,67 - \text{приймаємо } 2$$

Уточнюємо коефіцієнт заповнення вибраних з таблиці ферментерів частка, $K_{\text{зін}}$

$$K_{\text{зін}} = V_{\text{ін1}} / V_{\text{ін1т}} * N_{\text{ін1р}} = 100,669 / 100 * 1 = 1,006 \quad (3.23)$$

Оскільки уточнений коефіцієнт заповнення не перевищує заданих меж приймаємо до установки кількість ферментерів $N_{\text{ін1т}} + 1$ запасний

3.5.5. Розрахунок кількості інокуляторів

Приблизний загальний геометричний об'єм інокулятора при заданому $K_{\text{ін}} = 0,6 \text{ м}^3$

$$V_{\text{ін2г}} = V_{\text{ін2}} / K_{\text{ін}} = 9,6334 / 0,6 = 16,05 \text{ м}^3 \quad (3.24)$$

Вибираємо з таблиці найближчий за об'ємом інокулятор $V_{ін2т} = 20$

Кількість інокуляторів апаратів при заданому $K_{ін}$. од.

$$N_{ін2р} = V_{ін2т} / V_{ін2т} = 16,05/20 = 0,8 - \text{приймає } 1$$

Уточнюємо коефіцієнт заповнення вибраних з таблиці ферментерів частка, $K_{інф}$

$$K_{ін} = V_{ін2} / V_{інт} * N_{інр2} = 9,6334/20*1 = 0,48 \quad (3.25)$$

Оскільки уточнений коефіцієнт заповнення не перевищує заданих меж (0,5-0,65) приймаємо до установки кількість ферментерів $N_{ін2т} + 1$ запасний

3.5.6. Розрахунок кількості качалочних колб

Приблизний загальний необхідний об'єм качалочних колб при заданому $K_{кол} - 0,2$

$$K_{колг} = V_{кол} / V_{кол} = 0,884/0,2 = 4,42л \quad (3.26)$$

Об'єм 1 качалочної колби

$$K_{колг} = 0,884 \text{ л}$$

Кількість качалочних колб при заданому $K_{кол}$. од.

$$N_{кол} = V_{колг} / V_{колг} = 4,42/0,884 = 5.$$

Для одержання 100 л посівного матеріалу в інокуляторі враховуємо втрати в результаті краплевиносу через колектор відпрацьованого повітря, які становлять 10%.

Тоді кількість поживного середовища та посівного матеріалу перед культивуванням в інокуляторі становитиме:

$$V_{роб.3} = V_{пм2} / (1 - E_{ін}) = 100 / (1 - 0,10) = 111,1 \text{ л.} \quad (3.27)$$

Кількість посівного матеріалу становить 10% від об'єму поживного середовища.

Тоді кількість поживного середовища в інокуляторі буде:

$$V_{пс.3} = V_{роб.3} / (1 + X_{ін}) = 111,1 / (1 + 0,1) = 101,01 \text{ м}^3, \quad (3.28)$$

де $X_{ін}$ - доза посівного матеріалу для інокулятора.

Кількість посівного матеріалу для інокулятора становить

$$V_{пм.3} = V_{роб.3} - V_{пс.3} = 111,1 - 101,01 = 10,1 \text{ л.} \quad (3.29)$$

Кількість інокуляту $V_{\text{роб.3}} = 111,11$ л можна одержати під час культивування мікроміцету в інокуляторі геометричним об'ємом

$$V_{\text{ін3}} = V_{\text{роб.3}} / K_{\text{зап}} = 111,1/0,6 = 185,2 \text{ л.} \quad (3.30)$$

Приймаємо найближчий за об'ємом ферментер $V_{\text{сф}} = 100,0$ л та уточнюємо коефіцієнт заповнення.

$$K_{31} = V_{\text{роб.2}} / V_{\text{сф}} = 111,1 / 100,0 = 1,11 \quad (3.31)$$

Для одержання 10,1 л посівного матеріалу в малому інокуляторі враховуємо втрати в результаті краплевиносу через колектор відпрацьованого повітря, які становлять 10%.

Тоді кількість поживного середовища для малого інокулятора перед культивуванням в малому інокуляторі становитиме:

$$V_{\text{роб.4}} = V_{\text{пм3}} / (1 - E_{\text{ін}}) = 10,1 / (1 - 0,1) = 11,2 \text{ л.} \quad (3.32)$$

Кількість посівного матеріалу для малого інокулятора становить 10% від об'єму поживного середовища в малому інокуляторі.

Тоді кількість поживного середовища в малому інокуляторі буде становити:

$$V_{\text{пс.4}} = V_{\text{роб.4}} / (1 + X_{\text{ін}}) = 11,2 / (1 + 0,1) = 10,2 \text{ л,} \quad (3.33)$$

де $X_{\text{ін}}$ - доза посівного матеріалу для інокулятора.

Кількість посівного матеріалу становить

$$V_{\text{пм4}} = V_{\text{роб.4}} - V_{\text{пс.4}} = 11,2 - 10,2 = 1 \text{ л} \quad (3.34)$$

Кількість інокуляту $V_{\text{роб.4}} = 11,2$ л можна одержати під час культивування мікроміцету в малому інокуляторі:

$$V_{\text{ін4}} = V_{\text{роб.4}} / K_{\text{зап}} = 11,2/0,6 = 18,6 \text{ л.} \quad (3.35)$$

Приймаємо найближчий за об'ємом стандартний ферментер $V_{\text{сф}} = 20,0$ л, уточнюємо коефіцієнт заповнення:

$$K_{31} = V_{\text{роб.4}} / V_{\text{сф}} = 11,2 / 20,0 = 0,56 \quad (3.36)$$

Кількість інокуляту для засіву малого інокулятора $V_{\text{пм.4}} = 1$ л можна одержати культивуванням мікроміцету у колбах на качалці. Для цього використовують качалочні колби об'ємом $V_{\text{колб}} = 750$ мл та коефіцієнтом заповнення $K_{\text{зап}} = 0,2$.

Тоді кількість колб для отримання посівного матеріалу становитиме:

$$N_{\text{колб}} = V_{\text{пм.4}} / (V_{\text{колб}} * K_{\text{зк}}) = 1000 / (750 * 0,2) = 6,6. \quad (3.37)$$

Таким чином, для одержання посівного матеріалу необхідно 7 качалочних колб.

3.5.3. Розрахунок об'ємів поживного середовища та посівного матеріалу для виробничого біосинтезу

Об'єм готового поживного середовища та посівного матеріалу у виробничому ферментері з врахуванням втрат при біосинтезі, частка $E_{\phi}=0,1$ складе:

$$V_{\phi} = V_{\text{кр}} / (1 - E_{\phi}) = 8\,100 / (1 - 0,1) = 9\,000 \text{ л} \quad (3.38)$$

Об'єм готового поживного середовища для виробничого ферментера, л:

$$V_{\text{псф}} = V_{\phi} / (1 + X_{\phi}) = 9\,000 / (1 + 0,1) = 8\,000 \text{ л} = 8 \text{ м}^3 \quad (3.39)$$

Витрати посівного матеріалу на засів виробничого ферментера:

$$V_{\text{пмф}} = V_{\phi} - V_{\text{псф}} = 9\,000 - 8\,000 = 1\,000 \text{ л}. \quad (3.40)$$

Розрахунок кількості компонентів поживного середовища виробничого ферментера

У відповідності з прийнятим складом поживного середовища для виробничого біосинтезу загальні витрати компонентів на визначений об'єм поживного середовища $V_{\text{псф}}$ складуть:

$$G_{\phi} = V_{\text{псф}} * C_{\Sigma\phi} = 8 * 289 = 2\,601 \text{ кг, в тому числі:}$$

$$\text{Спирт етиловий 96\%} - G_1 = G_{\phi} * C_1 / C_{\Sigma\phi} = 2\,601 * 100 / 289 = 900 \quad (3.41)$$

$$\text{Оцтова кислота 80\%} - G_2 = G_{\phi} * C_2 / C_{\Sigma\phi} = 2\,601 * 175 / 289 = 1\,575 \quad (3.42)$$

$$\text{Дигідрофосфат калію} - G_3 = G_{\phi} * C_3 / C_{\Sigma\phi} = 2\,601 * 3,5 / 289 = 31,5 \quad (3.43)$$

$$\text{Гідрофсфат амонію} - G_4 = G_{\phi} * C_4 / C_{\Sigma\phi} = 2\,601 * 7 / 289 = 63 \quad (3.44)$$

$$\text{Сульфат магнію} - G_5 = G_{\phi} * C_5 / C_{\Sigma\phi} = 2\,601 * 3,5 / 289 = 31,5 \quad (3.45)$$

Всього 2 601 кг

Таблиця 3.4. Розрахунок матеріального балансу

1. 1. Приготування ПС для вирощування інокуляту в колбах качалках			
Оцтова кислота 80%	0,4093	Нестерильне ПС	0,8041
Вода	0,3948		
Всього	0,8041	Всього	0,8041
2. Стерилізація ПС в автоклаві			
Нестерильне ПС	0,8041	Стерильне ПС	0,8041
Всього	0,8041	Всього	0,8041
3. Вирощування посівного матеріалу в колбах на качалках			
Стерильне ПС	0,8041	посівний матеріал	0,8758
Посівний матеріал з колб	0,0804		
Втрати (частка)	0,01	Втрати (кількість)	0,008758
Всього	0,8846	Всього	0,8846
4. Приготування ПС для інокулятора 10 л			
Спирт етиловий 96%	7,6241	Нестерильне ПС	7,8818
Оцтова кислота 80%	0,1605		
Дигідрофосфат калію	0,0802		
Гідрофосфат амонію	0,0160		
Сульфат магнію	0,00008		
Вода	0,00321		
Всього	7,8841	Всього	7,8818
5. Стерилізація ПС для інокулятора 10 л			
Нестерильне ПС	7,8818	Стерильне ПС	8,7576
Конденсат	0,8758	(втрат немає)	
Всього	8,7576	Всього	8,7576
6. Вирощування посівного матеріалу в малому інокуляторі 10л			
Стерильне ПС	8,7576	Посівний матеріал	9,1518
Посівний матеріал з колб	0,8758		
Втрати (частка)	0,05		0,457
Всього	9,6334	Всього	9,6334
7. Приготування ПС для інокулятора 60 л			
Спирт етиловий 96%	83,542	Нестерильне ПС	82,3654
Оцтова кислота 80%	1,758		
Дигідрофосфат калію	0,879		
Гідрофосфат амонію	0,175		
Сульфат магнію	0,00879		
Вода	4,04129		
Всього	82,3654		82,3654
8. Стерилізація ПС для інокулятора 60л			
Нестерильне ПС	82,3654	Стерильне ПС	91,5172
Конденсат	9,1518	Втрат немає	
Всього	91,5172		91,5172
9. Вирощування посівного матеріалу в інокляторі 60л			
Стерильне ПС	91,5172	Посівний матеріал	95,636
Посівний матеріал з інокулятора	9,1518		
Втрати (частка)	0,05	Втрати (кількість)	4,7818
Всього	100,669		100,669
10. Приготування ПС для посівного апарату 630 л			

Спирт етиловий 96%	832,591	Нестерильне ПС	860,724
Оцтова кислота 80%	17,528		
Дигідрофосфат калію	8,764		
Гідрофосфат амонію	1,752		
Сульфат магію	0,0876		
Вода	0,0424		
Всього	860,724	всього	860,724
11. Стерилізація ПС в посівному апараті 630 л			
Нестерильне ПС	860,724	Стерильне ПС	956,36
Конденсат 10%	95,636	(втрат немає)	
Всього	956,36	Всього	936,36
12. Вирощування посівного матеріалу в посівному апараті 630 л			
Поживне середовище	956,36	посівний матеріал	1 000
Посівний матеріал з інокулятора 10 %	95,636		
втрати	0,05	втрати (кількість)	50
Всього	1052,63	всього	1052,63
13. Приготування ПС для ферментера 5м3			
Спирт етиловий 96%	950	Нестерильне ПС	8 000
Оцтова кислота 80%	20		
Дигідрофосфат калію	10		
Гідрофосфат амонію	2		
Сульфат магію	0,1		
Вода	7017,85		
Всього	8 000	всього	8 000
14. Стерилізація ПС для ферментера 5м3			
Нестерильне ПС	8 000	Стерильне ПС	10 000
розбавлення конденсатом 20 %	2 000		
Всього	10 000	Всього	10 000
Стерильне ПС	10 000	культуральна рідина	9 900
посівний матеріал з посівного апарату 10 %	1 000		
Втрати (частка)10%	0,1	Втрати (кількість)	1 100
Всього	11000	Всього	11 000

РОЗДІЛ 4

ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

4.1. Інженерно-технологічне забезпечення проєкту.

Будівельно-монтажна частина виробничого проєкту

Каркас одноповерхової промислової будівлі є основною несучою конструкцією, що представляє собою систему, яка складається з колон, жорстко закладених в окремо стоячі фундаменти, і поперечних рам, жорстко з'єднаних з ригелями у вигляді балок покриття, по верхньому поясу яких влаштовано настил даху.

Основною конструкцією даху є настил, пароізоляція, утеплювач і вирівнюючий шар бітумного або цементного розчину.

Настил виконаний у вигляді ребристої залізобетонної плити, покладеної на верхній пояс балок і прикріпленої до балок за допомогою зварювання закладних деталей.

Пароізоляційний шар захищає утеплювач від вологи, спричиненої водяною парою, що проникає в покриття з майданчика, і складається з 1-2 шарів руберойду, приклеєного на бітумну мастику.

Зовнішні стіни повнокаркасних будинків називаються вільностоячими, оскільки вони не несуть ніякого навантаження, крім власної ваги. Вони виконують лише функцію огороження. Їх проєктують з великих панелей довжиною 6 м. Стійкість торцевих стін забезпечують фахверкові (вітрові) колони. Ці колони виготовляються із залізобетонних рейок і прокатних профілів.

Фахверкові колони встановлюються з нульовою в'яззю, з кроком 6 м між колонами основного каркасу. Перегородки служать для поділу внутрішнього простору будівлі на виробничі, допоміжні та складські приміщення і виконуються з великорозмірних залізобетонних, гіпсобетонних і гіпсокартонних панелей товщиною 80-100 мм.

Панельні перегородки кріпляться до стін або елементів каркасу за допомогою анкерів. Внутрішні стіни і перегородки розташовують уздовж осі перегородки і, за необхідності, між осями. Розміри і розташування віконних прорізів визначаються відповідно до раціональної організації природного освітлення і вимог до вентиляції приміщення.

В інтер'єрах стін з панелей потрібно лише виміряти шви. Основні виробничі приміщення, прибиральниці, лабораторії, душові, туалети, нижні частини стінових панелей, перегородки і поверхні залізобетонних колон висотою 1,8 м покриваються глазурованою плиткою. В інших приміщеннях передбачені масляні панелі висотою до 1,8 м. Конструкція, що утворює стелю, зашпакльована цементним розчином.

Панелі та стіни над стелею фарбують побілкою або клейовою фарбою світлих тонів. У холодних приміщеннях стелі шпаклюють, а стіни штукатурять з утеплювачем і фарбують у білий колір з вапном. Заповнення віконних і дверних прорізів двічі фарбують олійною фарбою. Побутові приміщення підприємства вимагають особливого санітарно-гігієнічного режиму і відносяться до IV групи. До побутових приміщень цієї групи належать гардероб для зберігання вуличного та домашнього одягу, гардероб для зберігання спецодягу, душові, умивальні та туалети, а також спеціальні кімнати для огляду, гігієни та особистої гігієни для жінок.

Гардеробні для зберігання вуличного, домашнього та спеціального одягу запроєктовані у вигляді залів (без коридорів). Вхід до гардеробної, суміжної з вестибюлем, передбачений через тамбур. Конструкція будівлі гардеробу виключає можливість перехресних потоків.

Гардеробні для робочого одягу розташовані ізольовано від приміщень для вуличного та домашнього одягу. Одяг зберігається закрито (у шафах). Кількість шаф має дорівнювати загальній кількості працівників у всіх змінах. Стандартні розміри шафи: глибина 50 см, висота 165 см і ширина 33 см (для вуличного та домашнього одягу). Шафи для робочого одягу мають ширину 25 см і звичайну конфігурацію.

Душова розташована поруч з роздягальною. До душової примикає кімната перед душем і туалет. Душова відокремлена вологостійкою перегородкою висотою 1,6 м, яка не доходить до підлоги на 0,2 м.

Переддушова кімната має ряд лавок шириною 0,3 м з розрахунку 0,4 м на людину, з розрахунку три місця на одну душову сітку. Відстань між рядами лавок - 1,0 м.

Умивальники розташовані поруч з гардеробом для спецодягу. Відстань від умивальника до шафи - не менше 3 м. Ширина проходу між рядами умивальників - не менше 1,5 м, а між крайніми рядами умивальників і стінами - не менше 1 м. Кількість кранів на умивальниках встановлюється відповідно до кількості працівників найбільш частоті зміни. У виробництві IV групи встановлюється один кран на кожні 10 працівників найбільш частоті зміни.

Вхід до туалету здійснюється через тамбур з дверима, що самозачиняються. Кількість унітазів і пісуарів у вбиральні визначається кількістю людей у найбільшій зміні з розрахунку 15 на одиницю обладнання. Кількість унітазів - не більше 16.

Водопостачання. Заводи з виробництва оцтової кислоти є великими споживачами води питної якості. Вода витрачається для технічних потреб і цілей, миття обладнання, підлог, поливання території для задоволення господарсько-питних потребпрацюючих, для гасіння пожеж.

Проектування водопроводу починається з визначення розрахункової витрати води, який знаходять за нормами водоспоживання. Нормою водоспоживання називають кількість води, яка відноситься до одиниці випускаючої продукції, до одиниці обладнання або витратою однією людиною.

Каналізація. Зовнішня каналізація починається від оглядових колодязів, до яких підключена внутрішня система каналізації, і закінчується місцем викиду стічних вод на поза площадкові очисні споруди. Проектування системи каналізації починають з визначення розрахункової витрати стічних вод. По такій витраті визначають діаметр трубопроводів. Витрати стічної води завжди трішки менше потужності водопроводу, який постачає

підприємство чистою водою. Частина чистої води втрачається на витік, випаровування з мокрих поверхонь, на поливання території, використовується як складовий компонент виробленої продукції.

Каналізація промислового підприємства складається з внутрішньої і зовнішньої. Система внутрішньої каналізації призначена для прийому стічних вод у місць їхнього утворення і транспортування їх за межі будинку. Внутрішня каналізація закінчується оглядовим колодязем на відстані 3-10м від зовнішньої стіни будинку.

*Опалення.*Приміщення цеху опалюється за допомогою повітряної системи опалення, задовольняє вимоги СНіП і не підлягає перерахунку. Північна частина цеху опалюється з допомогою водяної системи опалювання, відповідає вимогам СНіП і не підлягає перерахунку.

4.2. Підбір технологічного обладнання

Розрізняють неавтоматичне, напівавтоматичне і автоматичне обладнання. Як правило, перевагу віддають автоматичному обладнанню, оскільки воно має високу продуктивність при порівняно невеликих габаритах і потребує мінімальної затрати робочої сили на одиницю продукції.

Вибираючи той чи інший тип обладнання враховують як його продуктивність, так і потужність проєктованого цеху, а також використання обладнання в часі. Якщо завантаження обладнання недостатнє, його замінюють простішим і меншої потужності.

Підбір обладнання розпочинають зі складання схеми виробництва, в якій вказують черговість технологічних процесів. За цією схемою визначають систему машин з урахуванням вибраних технологічних режимів, результатів розрахунків продуктів, тривалості роботи протягом зміни, доби чи виробничого циклу.

Орієнтовно підбір обладнання здійснюють, будуючи графік організації виробничих процесів, а остаточно уточнюють після його побудови. Правильний підбір обладнання забезпечує планомірну і чітку роботу всього підприємств.

Насос, встановлений в трубопровідній мережі, необхідний для перекачування рідини по усій довжині. Втрата тиску залежить від температури і в'язкості перекачуваної рідини, швидкості потоку, властивостей арматури і агрегатів, а також опору, обумовленого діаметром, завдовжки і шорсткістю стінок труб. Втрата тиску відображається на графіці у вигляді характеристики системи.

Для цього використовується той же графік, що і для характеристики насосу.

Фільтр – прес – апарат, працюючий при низьких тисках. Як елемент, що фільтрує, використовуються фільтрувальні перегородки з тканини. При роботі фільтру фільтрована суспензія нагнітається в канали парних плит, потім через отвори в них поступає у відсіки для початкової суспензії і під тиском проходить через пластини, що фільтрують, при цьому частки суспензій затримуються, а освітлений продукт потрапляє у відсіки для кінцевого освітлення, потім по двох каналах непарних пластин виходить з фільтру у збірник.

Реактор для живильного середовища складається з циліндричного корпусу з еліптичною кришкою і днищем, забезпечений теплоізолюваною паровою сорочкою і перемішуючим пристроєм. Внутрішня поверхня апарату виготовлена з харчової нержавіючої сталі. Зовнішня – нержавіюча або фарбована. Апарат оснащений люком для внутрішнього обслуговування, манометром для виміру тиску пари в сорочці, запобіжним клапаном, штуцерами для завантаження і вивантаження продукту, а також оглядовим вікном.

В таблиці 4.1 наведений підбір основного технологічного обладнання

Таблиця 4.1. Підбір технологічного обладнання

Найменування обладнання	Продуктивність	Кількість, шт	Габарити			Встановлена потужність, кВт
	Одиниці вимірювання	Машини	L	B	H	
Інокулятор для отримання посівного матеріалу	м³/год	1	1600	1600	3500	0,90
Реактор для приготування живильного середовища	м³/год	1	1600	1600	3500	0,90
Напірний бак для живильного середовища	м³/год	1	2400	3000	-	8,6
Напірний бак для етанолу	м³/год	1	275	180	0,5	0,05
Вихровий насос	м³/год	1	1600	1600	3500	0,75
Парова колона для підігріву живильного середовища	м³/год	1	1850	720	18	1,22
Витримувач поживних середовищ при температурі стерилізації	м³/год	1	950	700	0,75	1,4
Теплообмінник для охолодження стерильних поживних середовищ	м³/год	1	350	800	0,25	0,5
Ферментатор	м³/год	1	1850	720	18	1,33
Компресор	м³/год	1	480	330	1,1	0,16
Освітлювач	м³/год	1	350	800	0,25	0,1
Фільтр-прес	м³/год	1	1850	720	18	1,33
Резервуар для готової продукції	м³/год	1	950	900	0,75	1,4

4.3 Розрахунки основного технологічного обладнання

Розрахунок реактора (поз. 16)

Вихідні дані для розрахунку реактора

Продуктивність..... $G = 9000$ кг/год;

Продуктивність..... $G = 2,5$ кг/с;

Початкова температура продукту ... $t_n = 80^{\circ}\text{C}$

Кінцева температура продукту..... $t_k = 40^{\circ}\text{C}$

Холодоносій - розчин хлористого натрію

Початкова температура холодоносія ... $t_{tn} = 4^{\circ}\text{C}$

Кінцева температура холодоносія ... $t_{tk} = 7^{\circ}\text{C}$

Визначення загальної витрати тепла:

$$Q_{\text{заг}} = Q_n + Q_{\text{пот}}, \text{ Вт (1)}$$

$$Q_{\text{заг}} = -373400 + -14936 = -388336, \text{ Вт} \quad (4.1)$$

де Q_H – витрата тепла на нагрівання продукту.

$Q_{пот}$ – втрати тепла у навколишнє середовище.

$$Q_H = G C_p (t_K - t_H), \text{ Вт} \quad (4.2)$$

$$Q_H = 2.5 * 3734 * (40 - 80) = -373400, \text{ Вт}$$

де C_p - питома теплоємність продукту $C_p = 3734 \text{ Дж/кгК}$.

Втрати тепла в довкілля приймають у межах 3...5 % від Q_H .

Визначення витрати теплоносія:

$$G_T = \frac{Q_{заг}}{C_t(t_{TH} - t_{TK})} = \frac{-388336}{3881(4 - 7)} = 33,35 \text{ кг/с} \quad (4.3)$$

де C_t - теплоємність теплоносія при середній температурі:

$$t_{CP} = \frac{t_{TH} + t_{TK}}{2} = \frac{4 + 7}{2} = 5.5^\circ\text{C} \quad (4.4)$$

вибирається за таблицями теплофізичних властивостей теплоносія [1]

за середньою температурою та концентрацією солі 5%

$C_t = 3881 \text{ Дж/кгК}$.

Визначення поверхні теплообміну:

$$F = \frac{Q_H}{K \Delta t} = \frac{-373400}{500 * (-51.5)} = 14.5 \text{ м}^2 \quad (4.5)$$

де K – коефіцієнт теплопередачі. $\text{Вт/м}^2 \text{ К}$

Δt_{cp} - середня різниця температур ($^\circ\text{C}$)

Для попереднього розрахунку площі теплопередачі

приймаємо $K = 500 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$. (табл.1 [2]).

Для визначення Δt_{cp} складається температурна схема процесу теплопередачі.

$$\Delta t_6 = t_{TH} - t_H = 4 - 80 = -76^\circ\text{C} \quad (4.6)$$

$$\Delta t_m = t_{TK} - t_K = 7 - 40 = -33^\circ\text{C} \quad (4.7)$$

$$\frac{\Delta t_6}{\Delta t_m} = \frac{-76}{-33} = 2.303^\circ\text{C}. \quad (4.8)$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{(\Delta t_6 - \Delta t_m)}{\ln\left(\frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}\right)} = \frac{(-76 - 33)}{\ln\left(\frac{-76}{-33}\right)} = -51.5^\circ\text{C} \quad (4.9)$$

За значенням F із табл.1 [2] вибирається стандартний реактор.

Записуються його технічні дані:

діаметр кожуха = 325 мм;

діаметр труб = 25 мм;

товщина стінки труби = 2 мм;

число ходів = 1;

поверхня теплообміну = 14.5 м²;

довжина труб l = 3 м;

кількість труб у ході n = 62 шт.

Визначення дійсного коефіцієнта теплопередачі обраного реактора.

$$K_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \text{ Вт/м}^2\text{К} \quad (4.10)$$

Де α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від теплоносія до стінки труби, Вт/ м²К,

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від стінки труби до продукту, Вт/ м²К,

$\delta_{ст}$ – коефіцієнт стінки труби, м

$\lambda_{ст}$ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу труби Вт/м.

Для нержавіючої сталі коефіцієнт $\lambda_{ст} = 46.5$ Вт/ м²К.

Визначення теплофізичних властивостей продукту.

За середньої температури продукту визначаємо за таблицями [1] властивості продукту.

$$t_{cp} = \frac{(t_n + t_k)}{2} = \frac{(80 + 40)}{2} = 60^\circ\text{C} \quad (4.11)$$

ρ – густина, $\rho = 993$ кг/ м³;

C – теплоємність, $C = 4190$ Дж/кгК;

λ – коефіцієнт теплопровідності, $\lambda = 0,571$ Вт/ м²К;

μ – коефіцієнт динамічної в'язкості, $\mu = 1080 \cdot 10^{-6}$ Па/с.

Визначення α_1 та α_2

$$W = \frac{4G}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho \cdot n} = \frac{4 \cdot 2,5}{3,14 \cdot (25 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 993 \cdot 62} = 0,08 \text{ м/с} \quad (4.12)$$

$$Re = \frac{w \cdot d_{вн} \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,08 \cdot 25 \cdot 10^{-3} \cdot 993}{1100 \cdot 10^{-6}} = 1805,5 \quad (4.13)$$

Швидкість продукту низька, збільшуємо її, приймаючи кількість ходів

n = 6; отримуємо кількість труб у ходу n = 10.

Перераховуємо число Рейнольдса

$$W = \frac{4G}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho \cdot n} = \frac{4 \cdot 2,5}{3,14 \cdot (25 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 993 \cdot 10} = 0,51 \text{ м/с} \quad (4.14)$$

$$Re = \frac{w \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,51 \cdot 25 \cdot 10^{-3} \cdot 993}{1100 \cdot 10^{-6}} = 11509,8 \quad (4.15)$$

$$Nu = 0.008 \cdot Re^{0.9} \cdot Pr^{0.43} = 0.008 \cdot 11509.8^{0.9} \cdot 9.664^{0.43} = 95.9 \quad (4.16)$$

Де число Прандтля визначаємо за такою формулою:

$$Pr = \frac{\mu_{\text{пр}} \cdot C_p}{\lambda_{\text{пр}}} = \frac{1100 \cdot 10^{-6} \cdot 3734}{0.425} = 9.664 \quad (4.17)$$

Визначаємо α_2 :

$$\alpha_2 = \frac{Nu \cdot \lambda_{\text{пр}}}{d_{\text{вн}}} = \frac{95.9 \cdot 0.425}{25 \cdot 10^{-3}} = 1630.3 \text{ Вт/м}^2 \text{ К} \quad (4.18)$$

Визначаємо режим руху теплоносія.

Швидкість теплоносія:

$$\omega_T = \frac{G_T}{f \cdot \rho_T} = \frac{33.35}{0.031 \cdot 965} = 1.115 \text{ м/с} \quad (4.19)$$

Де площа поверхні міжтрубного простору:

$$f = \frac{\pi}{4} (D_{\text{вн}}^2 - n \cdot d_{\text{нар}}^2) = \frac{3,14}{4} ((325 \cdot 10^{-3})^2 - 62(25 + 2 \cdot 10^{-3})^2) = 0,031 \text{ м}^2 \quad (4.20)$$

змочений периметр:

$$P = \pi \cdot (D_{\text{вн}} + n \cdot d_{\text{нар}}) = 3,14 \cdot (325 \cdot 10^{-3} + (62 \cdot 25 + 2 \cdot 10^{-3})) = 6.67 \text{ м} \quad (4.21)$$

Визначаємо еквівалентний діаметр міжтрубного простору:

$$d_e = \frac{4 \cdot f}{P} = \frac{4 \cdot 0,031}{6,67} = 0,019 \text{ м} \quad (4.22)$$

Визначаємо критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{v \cdot d_e \cdot \rho}{\mu} = \frac{1,115 \cdot 0,019 \cdot 965}{1080 \cdot 10^{-6}} = 18929,2 \quad (4.23)$$

Число Прандтля для теплоносія визначаємо за формулою:

$$Pr = \frac{\mu \cdot C}{\lambda} = \frac{1080 \cdot 10^{-6} \cdot 4190}{0,571} = 7,9 \quad (4.24)$$

Число Нуссельта розраховуємо за формулою:

$$Nu_T = 1,16 \cdot (d_e \cdot Re)^{0.6} \cdot Pr^{0.33} = 1.16 \cdot (0,019 \cdot 18929,2)^{0.6} \cdot 7,9^{0.33} = 78,4 \quad (4.25)$$

$$\alpha_1 = \frac{Nu_T \cdot \lambda}{d_e} = \frac{78,4 \cdot 0,571}{0,019} = 2356,1 \text{ Вт/м}^2 \text{ К} \quad (4.26)$$

$$K_D = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{235661} + \frac{2 \cdot 10^{-3}}{4665} + \frac{1}{1630,3}} = 935,2 \text{ Вт/м}^2 \text{ К} \quad (4.27)$$

Поверхня теплообміну F_p визначаємо за формулою:

$$F_p = \frac{Q_H}{K_D \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{-373400}{925,2 \cdot -51,5} = 7,84 \text{ м}^2 \quad (4.28)$$

За значенням F із табл.1 [2] вибирається стандартний реактор.

Записуються його технічні дані:

діаметр кожуха = 273 мм;

діаметр труб = 25 мм;

товщина стінки труби = 2 мм;

число ходів = 1;

поверхня теплообміну = 9 м²;

довжина труб $l = 3$ м;

кількість труб у ході $n = 37$ шт.

Гідравлічний розрахунок реактора.

Основне завдання гідравлічного розрахунку є визначення потужності, витрачається на переміщення робочого середовища через апарат:

$$\Delta P = \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} \cdot \left(\frac{L \cdot \lambda}{d_e} + \sum \zeta \right) + \rho \cdot g \cdot H \quad (4.29)$$

$$\Delta P = \frac{0,08 \cdot 993}{2} \left(\frac{3 \cdot 0,015}{25 \cdot 10^{-3}} + 1 + 2,5 + 3 \right) + 993 \cdot 9,81 \cdot 1,5 = 14624,2147 \text{ Па} \quad (4.30)$$

де G – масова витрата

ΔP – гідравлічний опір Па

ρ – густина середовища

η – к.п.д. насоса = 0.8

ω – швидкість руху рідини

L – загальна довжина

λ – коефіцієнт тертя

H – геометрична висота підйому рідини = 1,5 м

d_e – еквівалентний діаметр трубопроводу, $d_{вн} = 25$ мм

ξ - коефіцієнт місцевих опорів (їх сума. $\Sigma \xi$):

-Вхідна труба розташована під 90, $\xi = 1$

-Поворот на 180 з однієї секції в іншу через проміжну камеру $\xi = 2,5$

Вхідна або вихідна камери $\xi = 1,5$

Коефіцієнт тертя визначаємо за формулою:

$$\lambda_{тр} = \frac{1}{(0,78 \ln(Re - 1,5))^2} = \frac{1}{(0,78 \ln(11509,8 - 1,5))^2} = 0,015 \quad (4.31)$$

Потужність насоса:

$$N = \frac{G \cdot \Delta P}{\eta \cdot \rho} = \frac{2,5 \cdot 14624,215}{0,8 \cdot 993} = 46 \text{ Вт} \quad (4.32)$$

По тиску та продуктивності підбираємо насос та електродвигун для його приводу:

Відцентрований насос:

$$\Delta P = 14624,215 \text{ Па} \quad (4.33)$$

$$G = \frac{2,5}{993} = 0,00252 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (4.34)$$

Марка Х8/18;

Подача/витрата $Q_v = 0,0024 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$

Тиск для води $P_v = 0.11$ МПа;

Необхідна потужність $N = 3$ кВт;

Гідравлічний опір міжтрубного простору.

$$\Delta P = \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} \cdot \left(\frac{L \cdot \lambda}{d_e} + \Sigma \zeta \right) + \rho \cdot g \cdot H \quad (4.35)$$

$$\Delta P = \frac{1,115^2 \cdot 965}{2} \cdot \left(\frac{(3 \cdot 0,013)}{0,019} + 2,5 + 965 \cdot 9,81 \cdot 1,5 \right) = 16930,899 \text{ Па} \quad (4.36)$$

$Re = 18929,2$

Коефіцієнт тертя визначаємо за формулою:

$$\lambda_{\text{тр}} = \frac{1}{(0,78 \ln(\text{Re} - 1,5))^2} = \frac{1}{(0,78 \cdot \ln(18929,2 - 1,5))^2} = 0,013 \quad (4.37)$$

Еквівалентний діаметр міжтрубного простору:

$$d_e = 0,019 \text{ м}$$

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ПРОЄКТУ

З кислот жирного ряду оцтова кислота має велике технологічне значення, широко використовується у різних галузях промисловості, і її виготовлення підвищується в усіх країнах.

Оцтова кислота – широко використовується в харчовій, хімічній, мікробіологічній промисловостях та медицині. Отримується оцтова кислота з спиртовмісної рідини.

Використовуючи різні концентрації, оцтова кислота використовується в харчових добавках, харчових консервах, антимікробних засобах, підсилювачах аромату та смаку, їстівних пакувальних матеріалах, штучних агентах дозрівання харчових продуктів тощо.

Оцтова кислота – безбарвна прозора гігроскопічна рідина з характерним кислим смаком і різким запахом, вона необмежено розчиняється у воді. Вона є один з базових продуктів в галузі харчової та хімічної промисловості, на неї є попит, тому додаткове виробництво є актуальним.

В роботі планується виробництво 1500 тонн на заводі «Технобудресурс».

Для досягнення цілей роботи поставлені такі завдання:

- проведення аналізу ринку;
- проаналізувати доцільність проєкту з соціальної точки зору;
- розрахувати капіталовкладення для проєкту;
- розрахувати собівартість виготовленої продукції;
- розрахувати оподатковуваний прибуток і чистий прибуток;
- розрахувати термін окупності капітальних вкладень.

5.1. Розрахунок економічної ефективності проєкту

Розрахунок інвестицій у проєкт

У загальному вигляді суму інвестицій (І) визначають за формулою:

$$I = I_{\text{буд}} + V_{\text{уст}} + T + M + H + V_{\text{зал}} + D - L + \Delta O A, \quad (5.1)$$

де $I_{\text{буд}}$ – витрати на будівельні роботи,

$V_{\text{уст}}$ – вартість придбання устаткування;

T – транспортні витрати по устаткуванню (5 % від вартості придбання устаткування);

M – вартість монтажу устаткування (10 %) від вартості придбання устаткування);

H – невраховані витрати (2 % від вартості придбання устаткування, тис. грн.);

$V_{\text{зал}}$ – залишкова вартість демонтованого устаткування, тис. грн. Залишкова вартість демонтується обладнання: якщо обладнання має 100% знос, то вона дорівнює 0, якщо немає, то враховується в капітальні вкладення, як недоамортизована вартість в розмірі відсотка зносу, який залишився;

D – вартість демонтажу, тис. грн. (5 % від первісної вартості демонтованого устаткування);

L – ліквідаційна вартість демонтованого устаткування. Якщо обладнання, що демонтується продається або здається на брухт, то ліквідаційна вартість розраховується, з урахуванням сплати податку на прибуток від продажу.

$\Delta O A$ – приріст власних обігових активів, тис. грн.

Для виробництва оцтової кислоти на основі продуцента *Acetobacter aceti* потрібно купувати наступне устаткування для технологічної лінії (див. табл. 2).

Таблиця 5.1 - Обладнання для виробництва оцтової кислоти на основі продуцента *Acetobacter aceti*

Назва	Кількість	Ціна за одиницю, тис. грн	Загальна вартість, тис. грн
Ферментер на 1000 л.	3	150	450
Ц-800-Д Центрифуга	2	19	38
Центрифуга ОГШ-202К-05	2	450	900
Змішувач харчовий Скіф 100	3	40	120
Автоматичний інокулятор	2	45	90
Всього			1598

Вартість обладнання (Вуст) складає: 1598 тис. грн.

За умовами виробників обладнання транспортні витрати по устаткуванню (Т) та вартість монтажу устаткування враховано до вартості придбання устаткування.

Інвестиції, які необхідні на придбання нового додаткового обладнання:

Вуст = 1598 тис. грн.

Розрахуємо додаткові інвестиції в обігові активи.

$$\Delta OA = C_{zag} * k, \quad (5.2)$$

де C_{zag} – загальна собівартість готової продукції;

k – частка обігових активів (%).

Частка матеріальних витрат у собівартості продукції становить 60-80%. Однак для пускової партії планованого обсягу продукції досить 15 – 25% на придбання необхідних обігових активів, приймаємо 25 %:

$$\Delta OA = 103245 * 0,25 = 25811,25 \text{ тис. грн.} \quad (5.3)$$

Розрахуємо капітальні вкладення у проєкт виробництва оцтової кислоти на основі продуцента *Acetobacter aceti*:

$$I = 1598 + 25811,25 = 27409,3 \text{ тис. грн.} \quad (5.4)$$

Розрахунок виробничої програми

Обсяг виробництва оцтової кислоти складає 1500 тонн, обладнання використовується на 70 %.

Виробнича потужність складає:

$$ВП = 1500 / 0,7 = 2143 \text{ тонни.} \quad (5.5)$$

Розрахунок чисельності працівників

Технологічна лінія з виробництва оцтової кислоти на основі продуцента *Acetobacter aceti* працює 300 днів на рік та не потребує великої кількості робітників. Щодо розстановки чисельності, плануємо чисельність основних робітників (Чроб) – 15 осіб.

Розрахунок собівартості.

Розрахуємо собівартості виробництва оцтової кислоти на основі продуцента *Acetobacter aceti*.

Складемо калькуляцію на 1 тону виробленої продукції.

Витрати за статтею «Сировина і основні матеріали» наведено у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 Вартість «Основні матеріали»

Назва	Норма витрат, од	Ціна за 1 од, грн	Загальна вартість, грн
Спирт етиловий 96%	100	100	10000
Оцтова кислота 80%	175	59	10325
Дигідрофосфат калію	3,5	100	350
Гідрофосфат амонію	7	55	385
Сульфат магнію	3,5	60	210
			21270

Витрати за статтею «Допоміжні матеріали» наведено у табл. 5.4.

Таблиця 5.4 Вартість «Допоміжні матеріали»

Найменування	Кількість, од.	Ціна за од., грн.	Загальна вартість, грн
Бочки 50 л	20	350	7000

Витрати за статтею «Паливо і енергія на технологічні потреби» наведено у табл. 5.5.

Таблиця 5.5 Вартість «Паливо і енергія на технологічні потреби»

Найменування	Одиниця вимірювання	Кількість на випуск	Ціна, грн	Загальна вартість, грн
Електроенергія	кВт/год	1050	3,54	3717
Вода	м ³	920	35,16	32347,2
Всього	-	-	-	36064,2

Розрахуємо заробітну плату основним виробничим робітникам. Для виробництва 1500 тонн оцтової кислоти на основі продуцента *Acetobacter aceti* потрібно 15 основних робітників. Основна заробітна плата кожного у місяць планується у розмірі 11000.

$$\text{Возп} = 11000 * 15 * 12 = 1980 \text{ тис. Грн} \quad .(5.6)$$

$$\text{На 1 тону складає} = 1980 / 1500 = 1320 \text{ грн.} \quad (5.7)$$

Витрати за статтею «Додаткова заробітна плата» складають 15 % від основної заробітної плати:

$$\text{Вдзп} = 1320 * 0,15 = 198 \text{ грн} \quad .(5.8)$$

Витрати за статтею «Відрахування на соціальні заходи» складають 22% від суми основної і додаткової заробітної плати:

$$\text{Всз} = (1320 + 198) * 0,22 = 334 \text{ грн.} \quad (5.9)$$

Розрахуємо витрати за статтею «Витрати на утримання і експлуатацію обладнання».

До витрат входять витрати на утримання, амортизацію, поточний ремонт обладнання та інструменту, утримання і ремонту обладнання, відшкодування зносу, інші витрати, що пов'язанні з утриманням та експлуатацією обладнання. За даними заводу їх норматив складає 100 % від основної заробітної плати:

$$1320 * 1 = 1320 \text{ грн} \quad .(5.10)$$

Розрахуємо витрати за статтею «Загальновиробничі витрати», за даними заводу їх норматив складає 100 % від основної заробітної плати:

$$1320 * 1 = 1320 \text{ грн.} \quad (5.11)$$

Виробнича собівартість складає суму перелічених витрат, яка дорівнює:

$$21270 + 7000 + 36064,2 + 1320 + 198 + 334 + 1320 + 1320 = 68826,2 \text{ грн.} \quad (5.12)$$

Розрахуємо витрати за статтею «Адміністративні витрати», які плануємо 3 % від виробничої собівартості:

$$68826,2 * 0,03 = 2065 \text{ грн.} \quad (5.13)$$

Розрахуємо витрати за статтею «Витрати на збут», які плануємо 2 % від виробничої собівартості:

$$68826,2 * 0,02 = 1377 \text{ грн} \quad .(5.14)$$

Розрахуємо витрати за статтею «Інші операційні затрати», які плануємо 2 % від виробничої собівартості:

$$68826,2 * 0,02 = 1377 \text{ грн} \quad .(5.15)$$

Повну собівартість на 1 тонну готового продукту представимо у табл.5.6.

Таблиця 5. 6 Повна собівартість 1 тонни оцтової кислоти на основі продуцента Acetobacter aceti

Статті витрат	Витрати
1. Сировина і основні матеріали	21270
2. Допоміжні матеріали	7000
3. Паливо і енергія на технологічні цілі	36064,2
4. Основна заробітна платня виробничим працівникам	1320
5. Додаткова заробітна платня виробничим працівникам	198
6. Відчислення на соціальні потреби	334
7. Затрати на утримання і експлуатацію обладнання	1320
8. Загальновиробничі затрати	1320
Виробнича собівартість	68826,2
9. Адміністративні затрати	2065
10. Витрати на збут	1377
11. Інші операційні витрати	1377
Повна собівартість	73645,2

Розрахунок калькуляції собівартості 1 тонни оцтової кислоти на основі продуцента Acetobacter aceti показав, що повна собівартість складає 68826,2 грн собівартість 1 л складає 68,83 грн.

За даними маркетингових досліджень було виявлено, що середня ціна складає в середньому на рівні 150 – 200 грн за 1 літр.

Плануємо ціну на оцтову кислоту на основі продуцента Acetobacter aceti за 1 л – 100 грн. Бочка 50 л – 5000 грн.

Таблиця 5.7 Розрахунок собівартості реалізованої продукції

Найменування продукції	Річний обсяг виробництва, тонн	Собівартість 1 т, тис. грн	Собівартість виробленої продукції, тис. грн
Оцтова кислота на основі продуцента Acetobacter aceti	1500	68,83	103245

Розрахуємо обсяг виробленої продукції, яку планується виробляти (табл. 5.8).

Таблиця 5. 8 Розрахунок обсягу виробленої продукції

Найменування продукції	Обсяг продукції, тонн	Дійсна оптова ціна, тис. грн. за 1 т	Обсяг виробленої продукції, тис. грн
Оцтова кислота на основі продуцента <i>Acetobacter aceti</i>	1500	100	150000

Розрахунок прибутку та чистого прибутку

Розрахуємо прибуток від виробництва та реалізації продукції.

Оподаткований прибуток від збільшення обсягу виробництва продукції визначимо за формулою:

$$\Pi = \text{ВП} - \text{С}, \quad (5.16)$$

де Π – прибуток за рік, тис. грн.,

ВП – обсяг виробленої продукції, тис. грн.,

С – собівартість виробленої продукції, тис. грн.

$$\Pi = 150000 - 103245 = 46755 \text{ тис. Грн} \quad (5.17)$$

Розрахуємо чистий прибуток за формулою:

$$\text{ЧП} = \Pi - \Pi_{\text{п}}, \quad (3)$$

де Π – оподаткований прибуток за рік, тис. грн.

$\Pi_{\text{п}}$ – податок на прибуток (на 01.01.2023 року – 18%).

$$\text{ЧП} = 46755 - 46755 * 0,18 = 38339,1 \text{ тис. Грн} \quad (5.18)$$

Розрахунок терміну окупності інвестицій

Розрахуємо термін окупності капітальних вкладень.

Термін окупності капітальних вкладень визначаємо за формулою:

$$T = I / \text{ЧП}, \quad (5.19)$$

де I – інвестиції у проєкт, тис. грн.;

ЧП – чистий прибуток, тис. грн.

$$T = 27409,3 / 38339,1 = 0,71 \text{ року.} \quad (5.20)$$

З економічних розрахунків отримуємо термін окупності виробництва оцтової кислоти на основі продуцента *Acetobacter aceti* – 0,71 року.

Таблиця 5.9. Техніко-економічні показники проєкту виробництва оцтової кислоти на основі продуцента *Acetobacter aceti*

Найменування показників	Значення показників
1. Виробнича потужність, тонн	2143,00
2. Обсяг виробленої продукції, тонн	1500,00
3. Обсяг виробленої продукції, тис. грн.	150000,00
4. Собівартість виробленої продукції, тис. грн.	103245
5. Оподаткований прибуток, тис. грн.	46755,00
6. Чистий прибуток, тис. грн.	38339,1
7. Чисельність працюючих, люд.	15,00
8. Середньорічний виробіток одного працівника, тис. грн.	10000,00
9. Інвестиції, тис. грн.	27409,3
10. Строк окупності інвестицій, років	0,71

ВИСНОВКИ

В результаті установки технологічної лінії для виробництва оцтової кислоти на основі продуцента *Acetobacter aceti* обсяг виробленої продукції цеху складе 1500 тонн, що в грошовому виразі складає 150000 тис. грн. Собівартість виробленої продукції складає 103245 тис. грн. Прибуток після реалізації складає 46755 тис. грн., з якого чистий прибуток складає 38339,1 тис. грн. інвестиції у проєкт необхідні у сумі 27409,3 тис. грн., строк окупності яких складе 0,7 року, що є у межах нормативного терміну.

Всі розраховані показники дозволяють стверджувати, що виробництво оцтової кислоти на основі продуцента *Acetobacter aceti* на заводі «Технобудресурс» є доходним та економічно ефективним.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Під екологізацією виробництва розуміють розширене відтворення природних ресурсів у сфері охорони навколишнього середовища за рахунок впровадження нових технологій, удосконалення існуючих технологій, оптимізації матеріального виробництва та підвищення продуктивності праці.

На рівні суб'єктів господарювання наукові розробки та їх впровадження в господарську діяльність відбувалися за трьома напрямками: зменшення впливу на навколишнє середовище, раціональне використання природних ресурсів та виробництво екологічно чистої продукції. Перехід до кардинально іншої, інноваційної моделі розвитку та зростання національної економіки, реформування та модернізація виробничих потужностей, впровадження у виробничий процес ресурсозберігаючих та безвідходних засобів визначено як основні шляхи підвищення рівня охорони навколишнього природного середовища, як основні шляхи вирішення екологічних проблем, пов'язаних з існуючою ситуацією невідповідності визнаним вимогам.

Таким чином, впровадження екологічних інновацій є основою підвищення ефективності виробництва, підвищення його екологічного рівня, поліпшення стану довкілля та умов існування людини і зміцнення конкурентоспроможності за рахунок екологізації інноваційного розвитку. Інноваційний розвиток господарського комплексу на всіх рівнях управління (макро: національний, мезо: регіональний, галузевий, мікро: підприємство) - це інвестиції в нову техніку, технології та організацію господарської діяльності, які сприяють не тільки підвищенню продуктивності праці, а й охороні навколишнього середовища, тобто екології господарської діяльності та економіки в цілому.

6.1. Охорона праці

Acetobacter aceti - це природний вид бактерій, який використовується в промисловості для виробництва оцтової кислоти. Однак, оскільки бактерія використовується у виробництві оцтової кислоти, *A. aceti* становить більший ризик для працівників, ніж для людей за межами лабораторії, якщо таке забруднення відбувається.

Оцтовокисла бактеріємія у людей є одним з основних захворювань, пов'язаних з *Acetobacter aceti*. Ця інфекція може проявлятися кількома симптомами

Гастроентерит. *Acetobacter aceti* може викликати гостру запальну реакцію в шлунку та кишечнику. Симптоми включають діарею, блювання, біль у животі, запалення кишкової стінки, токсичні симптоми та загальне нездужання.

Запалення сечовивідних шляхів. *Acetobacter aceti* може викликати запалення сечовивідних шляхів, включаючи цистит, ураження сечового міхура, сечоводу та нирок. Це може викликати такі симптоми, як біль при сечовипусканні, часте сечовипускання, кров у сечі та загальне нездужання.

Інші захворювання. У деяких випадках *Acetobacter aceti* може викликати інші захворювання, такі як запалення шкіри, запалення м'язів і суглобів, пневмонію та запалення серцевого м'яза.

Безперервний процес виробництва оцту передбачає втрату етанолу (до 10%) через

- Втрати через недостатнє окислення спирту. Це пов'язано з тим, що спирт окислюється до оцту тільки в присутності спирту, а кінцевий ферментатор батареї завжди повинен містити етанол у концентрації 0,1-0,3%;

- втрати через перекисне окислення оцтової кислоти до вуглекислого газу і води - ці втрати залежать від умов виробництва і надлишку повітря у ферментаторі. Ступінь окислення залежить від концентрації

вуглекислого газу в повітрі, що видаляється з ферментатора. Це вимірюється газоаналізатором;

- втрати через випаровування спирту та оцтової кислоти, викиди парів і димових газів з ферментатора. Ці втрати можна частково зменшити, використовуючи адсорбенти;

У нормі кров людини завжди містить невелику кількість етанолу (0,001-0,015 г/л). Етиловий спирт (етанол) виробляється і розщеплюється в наших клітинах як частина важливих біохімічних реакцій в організмі. Це так званий ендогенний етанол. Екзогенний етанол, що міститься в алкогольних напоях, швидко всмоктується в шлунку (20%) і тонкому кишечнику (80%) і потрапляє в кров протягом п'яти хвилин. З кровотоком він транспортується до всіх багатих на воду органів і тканин, де заміщується водою.

Вплив етанолу на організм є найбільш життєво важливим і тому викликає зміни в багатьох системах і органах. Однією з важливих метаболічних функцій етанолу є те, що він є джерелом ацетальдегіду, хімічно дуже активного і функціонально важливого метаболіту. З цієї причини етанол легко взаємодіє з нейрохімічними медіаторами, гормонами, вітамінами, білками та опіоїдами, легко взаємодіє з вітамінами, білками, опіоїдними рецепторами і молекулами, що відповідають за імунітет, посилюючи їх біологічну активність.

Дія етанолу та ацетальдегіду викликає різні порушення внутрішньоклітинного метаболізму. А саме: пошкодження мембран, дисбаланс окислювально-відновних процесів, порушення вироблення енергії, дефіцит поживних речовин, накопичення токсичного ацетальдегіду, зниження синтезу білка, підвищення синтезу ліпідів, зміна метаболізму нейромедіаторів і нейромодуляторів, порушення роботи гормональної та імунної систем організму.

До технічних втрат слід також віднести так звані "невизначені" втрати, пов'язані з утворенням альдегідів, складних ефірів та інших органічних сполук.

Профілактика Для запобігання захворюванням, пов'язаним з *Acetobacter aceti*, рекомендується дотримуватися запобіжних заходів.

Гігієна рук. Регулярне миття рук теплою водою з милом протягом 20 секунд, особливо перед їжею, після відвідування туалету та після дотику до потенційно забруднених поверхонь.

Належне поводження з продуктами харчування. Дотримуйтесь належних гігієнічних практик при приготуванні їжі. Ретельно мийте фрукти та овочі, особливо якщо їсте їх сирими. Уникайте вживання їжі, яка має ознаки забруднення або неправильного зберігання, наприклад, неприємний запах, плісняву або ненормальну текстуру.

Носіть захисне обладнання. Працівники, які працюють на заводах з виробництва оцтової кислоти, повинні носити відповідні засоби захисту, такі як рукавички, маски, халати та окуляри, щоб запобігти контакту з *Acetobacter aceti* та зменшити ризик інфікування.

Забезпечити належні санітарні умови. Заводи з виробництва оцтової кислоти повинні забезпечувати належні санітарно-гігієнічні умови, включаючи регулярне очищення та дезінфекцію обладнання, приміщень і поверхонь. Це зменшить можливість поширення *Acetobacter aceti* та інших патогенних мікроорганізмів.

Навчання та тренінги. Працівники повинні бути поінформовані про ризики, пов'язані з *Acetobacter aceti*, та навчені відповідним методам профілактики. Регулярні тренінги та оновлення інформації щодо безпеки, охорони здоров'я та захисних заходів можуть допомогти працівникам зрозуміти ризики та захистити себе від захворювання.

Медичні огляди. Регулярні медичні огляди працівників можуть виявити можливі захворювання, пов'язані з *Acetobacter aceti*, на ранній стадії. Це уможливорює своєчасне лікування та запобігає поширенню інфекції.

Ефективна профілактика захворювань, пов'язаних з *Acetobacter aceti*, включає в себе дотримання правил гігієни та використання лікарських засобів,

Це вимагає дотримання правил гігієни, використання засобів захисту, належних санітарно-гігієнічних умов, навчання та тренінгів для працівників, а

також регулярних медичних оглядів. Дотримання цих заходів знижує ризик захворювання та забезпечує безпечне робоче середовище.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

Ми виробляємо шкідливі для людського організму речовини і використовуємо їх в умовах високих і низьких температур, високого, середнього і низького тиску в нашому обладнанні.

Виробничий процес пов'язаний з такими небезпеками:

- отруєння небезпечними хімічними речовинами через вплив газів, парів, рідин і твердих речовин у вигляді пилу, які можуть потрапляти в легені, шлунково-кишковий тракт і на шкіру.

- небезпека газу - це потенційна можливість отруєння при роботі без протигаза.

- отруєння небезпечними хімічними речовинами: чадним газом, діоксидом азоту та метаном. Хімічні опіки - це опіки, спричинені контактом хімічних речовин (лугів, кислот) з відкритими частинами тіла або очима.

- термічні опіки - це опіки, спричинені гарячою водою, конденсатом або паром,

- опіки, спричинені горючими газами, парами, рідинами, нагрітими поверхнями приладів, трубопроводів, гарячими речовинами тощо.

- обмороження, спричинені вуглекислим газом та зрідженими газами (CO, CH₄).

- механічні травми: порізи, садна, вивихи, удари та переломи. Можуть виникнути при порушенні вимог правил техніки безпеки та інструкцій при обслуговуванні механізмів і вузлів обладнання, обертових і рухомих вантажопідійомних механізмів, при роботі на висоті, несправному інструменті та несправному обладнанні, снарядах,

- у разі вибуху парогазоповітряної суміші, при зіткненні під час транспортування тощо.

- ураження електричним струмом - може статися внаслідок: заземлення електрообладнання, ізоляції проводів, несправності

електрообладнання, при роботі під напругою, при відсутності захисних засобів, при несправності захисних засобів.

- перевищення параметрів технічного режиму, недотримання вимог інструкцій під час технічного процесу, зупинки та пуску обладнання, підготовки обладнання до ремонтних робіт тощо може призвести до руйнування окремих одиниць обладнання або всієї установки.

- задуха через нестачу кисню при прориві природного газу, вуглекислого газу або азоту під час роботи в кабельних тунелях, колодязях, шурфах, колекторах або посудинах.

Заходи щодо запобігання шкідливим і небезпечним виробничим факторам.

Вентиляція та опалення. Виробництво оцтової кислоти розташоване на відкритих територіях, тому існує занепокоєння щодо виділення небезпечних речовин на розглянутих об'єктах.

Існує ймовірність того, що приміщення для виробництва оцтової кислоти може піддаватися тим же умовам, що і приміщення для виробництва оцтової кислоти, і передбачається, що в ньому постійно будуть присутні лаборанти. Тому необхідно організувати комбіновану (природна і механічна витяжка) вентиляцію з кратністю повітрообміну 1/2.

Системи аварійної вентиляції. Виробничі приміщення обладнані системами аварійної вентиляції, які активуються в разі виникнення надзвичайної ситуації. Аварійний вентилятор вмикається при перевищенні ГДК оксиду вуглецю (>20 мг/л).

Освітлення в приміщенні. Приміщення хімічної лабораторії освітлюється природним та штучним світлом. За умовами зорової роботи воно належить до III розряду.

Контроль шуму та вібрації. Виробничий шум - це шум, що генерується під час виробничих процесів на робочих місцях, в офісах і приміщеннях компанії. Він знижує продуктивність праці та впливає на нервову, серцево-судинну, травну та психічну системи.

Вібрація є найнебезпечнішим з усіх видів механічного впливу на технічне обладнання та організм людини. Змінні напруження, викликані вібрацією, сприяють накопиченню пошкоджень, розтріскуванню і руйнуванню як матеріалів, так і людського тіла, особливо у випадку резонансу, який швидко прогресує. Найефективнішими заходами боротьби з шумом і вібрацією є усунення шуму і вібрації в джерелі, наприклад, використання малошумних механізмів, передач, балансувальних мас, використання матеріалів з високим внутрішнім тертям і зменшення технічних допусків під час виготовлення обладнання.

Також часто застосовують звуко- і вібропоглинання (використання спеціальних матеріалів, динамічних пружин і гідравлічних гасителів вібрації), звуко- і віброізоляцію (чергування тихих і галасливих приміщень, встановлення джерел вібрації на віброізоляційні платформи, гнучкі вставки і пружинні прокладки в трубопровідних комунікаціях). Працівники повинні носити засоби індивідуального захисту.

Від шуму - шумопоглинаючі навушники або шоломи, які повністю закривають вушний канал, а у вушні раковини вставляються затички (антифони або беруші). Для захисту від вібрації слід використовувати антивібраційний робочий одяг (взуття, рукавички).

Заходи захисту від статичної електрики. Щоб захистити обладнання від статичної електрики, не наповнюйте ємності, баки або контейнери вільно падаючими струменями рідких органічних продуктів. Наповнення слід здійснювати від сопла до дна, щоб уникнути вільного падіння струменя. Щоб уникнути накопичення статичної електрики на стінках баків, колекторів, резервуарів, контейнерів та інших пристосувань, вони завжди повинні бути заземлені під час зливання і наповнення.

Під час операцій зливання та наповнення слід завжди перевіряти наявність заземлюючих проводів. Усі з'єднання шлангів на зливних і навантажувальних естакадах, а також у місцях зливу з резервуарів,

контейнерів та іншого обладнання повинні бути обладнані заземлювальними пристроями, що підлягають ремонту.

Заходи електробезпеки. Електроустановки повинні експлуатуватися відповідно до Правил технічної експлуатації електроустановок промислових підприємств і Правил улаштування електроустановок. Ремонт електрообладнання, арматури та електродвигунів при зниженій напрузі забороняється.

Електричний струм небезпечний для життя людини: струм силою 0,05 А є небезпечним, а струм силою 0,1 А - смертельним. У виробничих установках перегорілі електричні лампи необхідно замінювати, відключивши напругу. Заміну запобіжників слід проводити в захисних окулярах, діелектричних рукавичках і стоячи на ізоляторі. При використанні переносних електроінструментів необхідно подбати про те, щоб надягати діелектричні рукавички і взуття, а також про те, щоб електроінструмент був заземлений. Перед початком роботи з електроінструментом необхідно перевірити його на придатність до використання. Завжди слідкуйте за станом ізоляції електричних проводів, переносних електроінструментів та переносних ламп. Погана ізоляція може призвести до травмування.

Призначена особа повинна нести відповідальність за контроль стану електроінструментів.

Пожежна безпека. Пожежі та вибухи можуть виникнути внаслідок технологічних збоїв, виходу з ладу обладнання, витоків з обладнання чи комунікацій або недотримання правил пожежної безпеки.

Для запобігання пожежі та вибуху необхідно дотримуватися таких правил

- усі виробничі приміщення, робочі зони та прилеглі території повинні бути обладнані справними засобами пожежогасіння (наприклад, вогнегасниками, пожежними шлангами, піноутворювачами тощо). Протипожежне обладнання не повинно використовуватися для будь-яких

інших цілей, оскільки його відсутність або несправність підвищує ризик виникнення пожежі в разі невеликих загорянь;

- не захаращувати доступ до проходів, проїздів, виходів та первинних засобів пожежогасіння;

- для освітлення обладнання, траншей, колодязів, шурфів, а також для огляду механізмів дозволяється використовувати акумуляторні батареї або переносні світильники напругою не більше 12 В або у вибухозахищеному виконанні.

- освітлювальні прилади, електрообладнання, пускові пристрої та електроапаратура повинні бути справними та у вибухозахищеному виконанні;

- у разі іскріння або загоряння електрообладнання чи електропроводки, а також при виявленні несправності в освітлювальній мережі її необхідно негайно знеструмити.

Для гасіння електричних проводів та електрообладнання, що горять, слід використовувати азотні та вуглекислотні вогнегасники, азбестове полотно та пісок. Водяні та пінні вогнегасники не повинні використовуватися для гасіння електропроводки або електрообладнання. Територія навколо робочої зони повинна утримуватися в чистоті. Вони не повинні бути забруднені горючими матеріалами, сміттям або виробничими відходами. Дороги і стежки навколо робочого місця повинні бути очищені від снігу взимку і освітлені вночі.

Робочий одяг не повинен залишатися на робочому місці після закінчення робочого дня.

У цеху повинні використовуватися наступні засоби пожежогасіння:

- порошкові вогнегасники, пінні вогнегасники ВХП-10, вуглекислотні вогнегасники;

- стаціонарні вогнегасники;

- пожежні рукави, пожежні крани;

- ящики з піском;

- азбестове полотно;

- азотні.

6.2 Охорона навколишнього середовища

Біохімічні методи очищення води засновані на біологічній активності мікроорганізмів, які сприяють окисленню або відновленню органічних речовин у стічних водах у вигляді тонких суспензій, колоїдів або розчинів. Для біохімічного очищення стічних вод у штучних умовах використовують біологічні фільтри та аеротенки.

Біохімічні методи дозволяють зменшити кількість забруднюючих речовин на 65-95% і при скиданні у відкриті водойми без ризику забруднення довести технічну воду до стану, придатного для повторного використання у промисловому водопостачанні та для зрошення в сільському господарстві.

На сучасних очисних спорудах аеротенки є найпоширенішою спорудою біологічного очищення. Аеротенки також є найбільшими та найбільш енергоємними спорудами на очисних спорудах. На етапі біологічного очищення видаляється не тільки більшість органічних забруднень, але й забезпечується видалення більшості сполук азоту та фосфору. Основним процесом, що відбувається при біологічному очищенні стічних вод, є біологічне окислення. Процес очищення комунальних стічних вод в аеротенках триває від 2 до 6 годин, тоді як очищення промислових стічних вод триває понад 8 годин. Під час процесу біологічного очищення стічних вод в аеротенках розчинені органічні речовини та дрібнодисперсні/колоїдні речовини, які не осідають, перетворюються на активний мул, збільшуючи початкову біомасу. Зауважте, що під час окислення органічних речовин розмножуються аеробні мікроорганізми, і біомаса активного мулу збільшується.

У міру збільшення біомаси частина активного мулу повертається в аеротенк (циркулюючий активний мул), а частина (надлишковий активний мул) направляється в резервуар для зневоднення. Аеротенки використовуються для повного та часткового біологічного очищення стічних

вод. Стічні води зазвичай подаються в аеротенк після механічних очисних споруд.

Системи переробки та утилізації твердих відходів. Кількість твердих відходів, що утворюються під час виробництва, дуже мала, тому контейнери з-під миючого засобу та живильного середовища заздалегідь сортуються для утилізації та відправляються на переробний центр для повторного використання.

Грибкова маса, яка також належить до твердих відходів, може бути використана для виробництва оцтової кислоти в процесі силосування, початкового етапу оцтовокислого бродіння, оскільки вона обмежує ріст дріжджів, які можуть перешкоджати ферментації.

Залишки біомаси як відходи також можуть бути використані як компонент добрива для продажу в сільськогосподарській промисловості.

Системи зменшення викидів газів та повітря. Гази найчастіше очищають від хімічних забруднювачів за допомогою абсорбції, адсорбції та каталітичних методів. Рідше використовують термічні методи. На промислових підприємствах широко використовуються пиловловлювачі для мокрого очищення повітря від пилу, особливо дрібнодисперсного $d > 0,3-1,0$ мкм в гарячих, вибухонебезпечних сумішах. Принцип дії мокрих пиловловлювачів полягає в тому, що частинки пилу осідають на поверхні краплі або на плівці рідини під дією сил інерції і молекулярного броунівського руху. У всіх випадках очищення повітря за допомогою мокрих пиловловлювачів ключовим фактором є змочуваність пилових (газоподібних) частинок рідиною. Чим вище змочуваність, тим вище ефективність очищення. Цей тип пиловловлювачів характеризується наявністю контейнера, заповненого водою. Цей пиловловлювач використовує принцип барботування, змішуючи воду і піну. Ефективність очищення повітря

Ефективність очищення повітря залежить насамперед від швидкості барботування. Максимальна ефективність очищення повітря від дрібнодисперсного пилу (газу) досягає 95%.

Заходи щодо зменшення відходів. Впроваджуючи заходи з мінімізації відходів, українська промисловість може отримати значні короткострокові та довгострокові вигоди.

Основними заходами щодо зменшення відходів є наступні

- Попереднє сортування
- Спалювання
- Біотермічне компостування
- низько- або високотемпературний піроліз
- Використання вторинно перероблених рідких відходів у виробництві;
- Передача на переробні підприємства.

Система очищення води. Раціональне використання в охороні навколишнього середовища та інтенсивне використання природних ресурсів є одним з найважливіших завдань. У виробництві біологічно активних фармацевтичних препаратів використовується широкий спектр мікроорганізмів. Системи захисту навколишнього середовища включають в себе очисні споруди для повітряних викидів, стічних і промивних вод.

Методи очищення промислових стоків обираються на основі складу забруднених стоків. Загальноприйнятою практикою є оцінка забруднення стічних вод за двома показниками: хімічне споживання кисню (ХСК) - кількість кисню (в мг), достатня для повного хімічного окислення всіх забруднюючих речовин в літрі стічних вод; і біологічне споживання кисню (БСК) - кількість кисню (в мг), що споживається мікроорганізмами для окислення органічних речовин в літрі стічних вод. У промислових умовах використовується кілька методів очищення стічних вод. Решітки, сита, пісковловлювачі та гідроциклони використовуються для видалення нерозчинених грубих забруднювачів зі стічних вод і відокремлення таких частинок, як велике сміття, каміння, тріска, пісок і ґрунт. Дрібніші частинки відокремлюються у відстійниках. Для більш ретельного очищення стічні води пропускають через пісок або сітчасті фільтри.

ВИСНОВКИ

Оцтова кислота залишається однією з найважливіших хімічних молекул, необхідних для життя людини. У даній кваліфікаційній роботі представлено методiku розробки проєктного рішення для виробництва оцтової кислоти за допомогою продуцента *Acetobacter aceti*.

В результаті реалізації завдань кваліфікаційної роботи можна зробити наступні висновки:

1. На основі літературного та патентного пошуку проаналізовані існуючі способи виробництва оцтової кислоти та доведено перспективність біотехнологічних методів отримання оцтової кислоти;

2. На основі аналізу способів отримання оцтової кислоти обрано культивування штаму бактерії *Acetobacter aceti*, яка синтезує 47,1 г/л цільового продукту протягом 48 годин на середовищі з етанолом. Ця методика є найбільш актуальною в сучасному світі, оскільки вона є менш енерговитратною і вихід сировини збільшується.

3. Проведено порівняльний аналіз поживних середовищ та встановлено, що доцільніше для одержання оцтової кислоти використовувати оцтовокислі бактерії *A. aceti* NRRL B-999.

4. Встановлено, що оцтової кислоти досягається за умов росту штаму *Acetobacter aceti* на середовищі такого складу (г/л): спирт етиловий 96% - $c_1 - 100$; оцтова кислота 80% - $c_2 - 175$; дигідрофосфат калію - $c_3 - 3,5$; гідрофосфат амонію - $c_4 - 7$; сульфат магнію - $c_5 - 3,5$; всього - $c_{\Sigma f} = 289$.

5. Складено матеріальний баланс виробництва та проведений продуктовий розрахунок виробництва оцтової кислоти на основі продуцента культури *Acetobacter aceti*;

6. Розроблено апаратурно-технологічну схему виробництва оцтової кислоти. Перевага віддана безперервній схемі виробництва з максимально механізованим обладнанням, яке забезпечує мінімальні втрати і відходи сировини, а також витрати пари, води і електроенергії.

7. Підібрано відповідне апаратурне обладнання. Перевага надана

автоматизованому обладнанню, що забезпечує зниження собівартості готового продукту.

8. Розроблено заходи щодо охорони праці та охорони навколишнього середовища, а також ефективні та екологічні способи утилізації відходів.

9 . Проведено техніко-економічні розрахунки які показали, що в результаті встановлення технологічної лінії для виробництва оцтової кислоти на основі продуцента *Acetobacter acetii* обсяг виробленої продукції цеху складе 1500 тонн, що в грошовому виразі складає 150000 тис. грн. Собівартість виробленої продукції складає 103245 тис. грн. Прибуток після реалізації складає 46755 тис. грн., з якого чистий прибуток складає 38339,1 тис. грн. інвестиції у проєкт необхідні у сумі 27409,3 тис. грн., строк окупності яких складе 0,7 року, що є у межах нормативного терміну.

Всі розраховані показники дозволяють стверджувати, що виробництво оцтової кислоти на основі продуцента *Acetobacter acetii* на заводі «Технобудресурс» є доходним та економічно ефективним.

Перелік джерел посилання

1. Acetobacter aceti [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://eol.org/pages/976494/articles>
2. Абрамчук М.Ю., Антонюк Н.А. Місце і роль біотехнологій в еколого-економічному розвитку суспільства. *Наукові праці СДУ*, 2011, 4: 44-49.
3. Марчук Л.П. Біотехнології у контексті сучасних інноваційних змін. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2013, 2(72): 21-28.
4. Андросчук Д.Р., Саєнко І.В., Ларінцева Н.В., Огурцов О.М. Біотехнологічне удосконалення виробництва натурального оцту. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я*. 2019, ч.2 :202.
5. Горова А.І., Лисицька С.М. Біотехнології в екології. Методичні рекомендації до самостійної роботи студентів спеціальності 7(8).04010601 Екологія та охорона навколишнього середовища / А.І. Горова, С.М. Лисицька, А.В. Павличенко та ін. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 23 с..
6. Мацай Н.Ю. Основи біотехнології: підручник для студентів освітнього рівня бакалавр спец. «Біологія»-Луганськ :Держ. закл. «ЛНУ ім. Тараса Шевченка», видавництво ЛНУ ім.Тараса Шевченка, 2011.-153 с.
7. І.В. Бондар, В.М. Гуляєв.Промислова мікробіологія Харчова і агробіотехнологія. Навчальний посібник для студентів спеціальності 7.092901 – “Промислова біотехнологія.”. Дніпродзержинськ, видавництво ДДТУ, 2014. – 280 с.
8. Кислота оцтова льодова [Електронний ресурс].Режим доступу: <https://www.pharmencyclopedia.com.ua>
9. Фролов Г.М., Шабуров М.А. Производство уксусной кислоты. Изд. 3-е, переработанное., Лесная промышленность , 1978, 240 с.
10. Оцтова кислота.[Електронний ресурс].Режим доступу:<http://lost-ltd.if.ua>
11. Assièta O. , Marius K., Cheik A. T., Alfred S., Aboubakar S. Production of acetic acidby acetic acid bacteria using mango juice in Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 2018, 12(5): 2309-2317.
12. KEGG: Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes. Pathway Database. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.genome.jp/kegg-bin/show_pathway?acet00010
13. Кислота оцтова крижана.[Електронний ресурс]. Режим доступу:<http://www.systopt.com.ua>
14. Харчова добавка E260-оцтова кислота.[Електронний ресурс].Режим доступу:<https://uk.dobavkam.net>
15. Вплив оцтової кислоти на організм людини.[Електронний ресурс].Режим доступу: <http://paralleli.if.ua>
16. Пирог Т.П. Загальна мікробіологія: Підручник. – К.: НУХТ, 2010. – 632 с
17. Kim J.N., Choo J.S., Wee Y.J., Yun J.S., Ryu H.W. Culture Medium Optimization for Acetic Acid Production by a Persimmon Vinegar-Derived Bacterium. *Twenty-Sixth Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals*. 2005,861–869. doi:10.1007/978-1-59259-991-2_73
18. Awad H. M., Diaz R., Malek R. A., Othman N. Z., Aziz R. A., El Enshasy H. A. Efficient Production Process for Food Grade Acetic Acid by *Acetobacter aceti* in Shake Flask and in Bioreactor Cultures. *E-Journal of Chemistry*, 2012, 9(4), 2275– 2286. doi:10.1155/2012/965432
19. Wang Z., Yan M., Chen X., Li D., Qin L., Li Z., Liang X. Mixed culture of *Saccharomyces cerevisiae* and *Acetobacter pasteurianus* for acetic acid production. *Biochemical Engineering Journal* ,2013, 79, 41-45. doi:10.1016/j.bej.2013.06.019
20. Anurag Bellankimath, Ajay Katti, V.B. Hemalata, Bharati S.Meti Isolation and

Characterization of the Indigenous Acetic Acid Bacteria from Western Ghats Soil Samples. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2017, 6(9):1255-1265. doi:<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.609.151>

21. Хоулт Дж. Определитель бактерий Берджи Том 1: М.: Мир, 1997. – 421 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://5fan.ru/wievjob.php?id=86845>

22. Ястремська, Л.С. Загальна мікробіологія: навчальний посібник / Л.С. Ястремська, І.М. Малиновська – К.: НАУ, 2017. – 232 с.

22. Пирог, Т.П. Загальна мікробіологія: підручник, 2-е вид., доп. і перероб. / Т.П. Пирог. – К.: НУХТ, 2010. – 632 с.

23. Оцтова кислота в історії людства. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.zhu.edu.ua/>

24. Переваги натурального оцту. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://moyezdorovya.com.ua/>

25. Постачальники оцтової кислоти та її похідних [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://prom.ua>

26. Харчова добавка, консервант Е 260. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://vkusologia.ru/>

27. Харчова добавка Е260-оцтова кислота. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://uk.dobavkam.net>

28. Консервний завод «Верес». [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.veresfood.com/>

29. Писаренко В.В., Прислопська Т. М. Вітчизняний досвід реалізації успішних маркетингових стратегій в агробізнесі // Вісник Полтавської державної аграрної академії, 2015, 2 : с.144-163

30. Валько М.І., Тіхосова Г.А., Стоянова О.В., Зубкова К.В. Удосконалення технології овочевих маринадів // Вісник ХНТУ Технологія легкої і харчової промисловості, 2016, 2(57): с. 1113-1117.

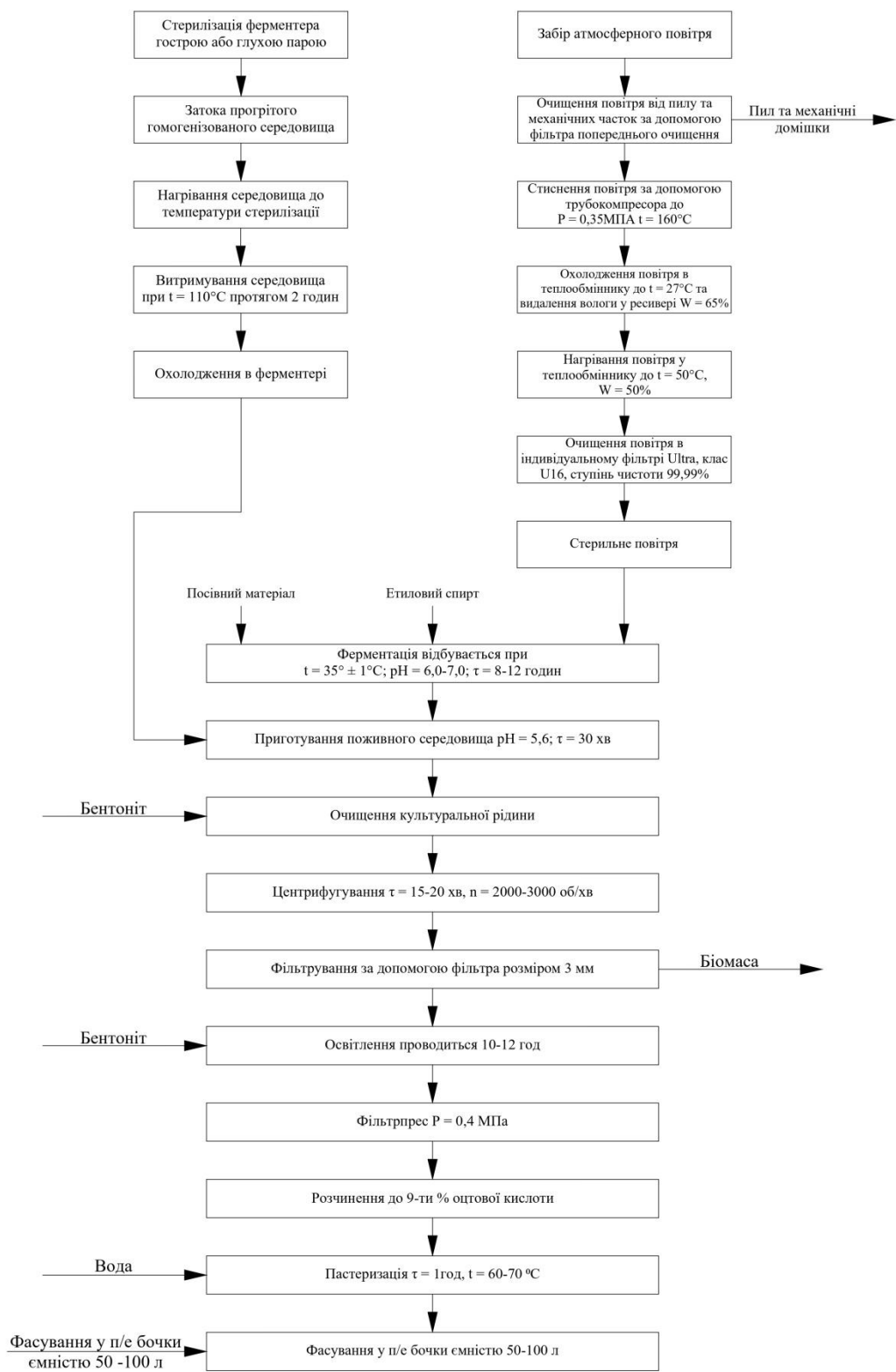
31. KEGG: Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes. Pathway Database. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.genome.jp/kegg-bin/show_pathway?acet00010

32. Процеси і апарати біотехнологічних виробництв: Метод. Рекомендації до вивчення дисципліни, виконання курсових і контрольних робіт для студ. Напрямку 6.051401 «Біотехнологія» ден. та заоч. Форм навч. / Уклад.: Зав'ялов В.Л., Зоткіна Л.В., Немирович П.М., Бодров В.С., Запорожець Ю.В., Попова Н.В., Мисюра Т.Г. – К.: НУХТ, 2012. – 98 с.

ДОДАТКИ

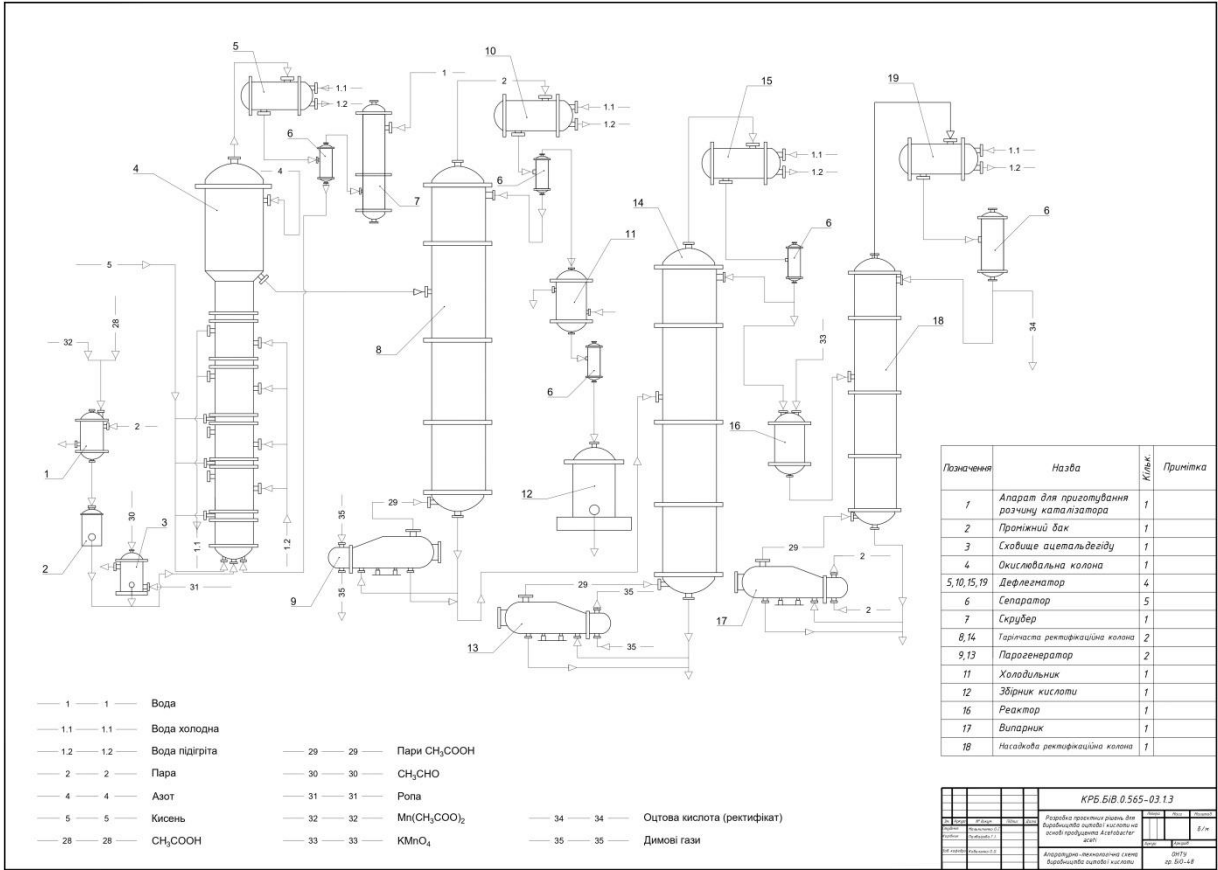
ДОДАТОК А
ПЛАН ЦЕХУ ТА ПОВЗДОВЖНІЙ ПЕРЕРІЗ

ДОДАТОК Б
ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВИРОБНИЦТВА ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ

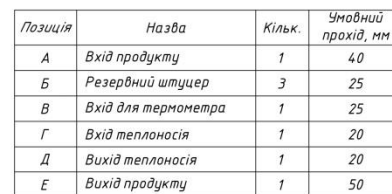


КРБ.БіВ.0.565-03.1.3					
№	Код	Файл	Дата	Версія	Статус
1	01	01	01	01	01
2	02	02	02	02	02
3	03	03	03	03	03
4	04	04	04	04	04
5	05	05	05	05	05
6	06	06	06	06	06
7	07	07	07	07	07
8	08	08	08	08	08
9	09	09	09	09	09
10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31
32	32	32	32	32	32
33	33	33	33	33	33
34	34	34	34	34	34
35	35	35	35	35	35
36	36	36	36	36	36
37	37	37	37	37	37
38	38	38	38	38	38
39	39	39	39	39	39
40	40	40	40	40	40
41	41	41	41	41	41
42	42	42	42	42	42
43	43	43	43	43	43
44	44	44	44	44	44
45	45	45	45	45	45
46	46	46	46	46	46
47	47	47	47	47	47
48	48	48	48	48	48
49	49	49	49	49	49
50	50	50	50	50	50
51	51	51	51	51	51
52	52	52	52	52	52
53	53	53	53	53	53
54	54	54	54	54	54
55	55	55	55	55	55
56	56	56	56	56	56
57	57	57	57	57	57
58	58	58	58	58	58
59	59	59	59	59	59
60	60	60	60	60	60
61	61	61	61	61	61
62	62	62	62	62	62
63	63	63	63	63	63
64	64	64	64	64	64
65	65	65	65	65	65
66	66	66	66	66	66
67	67	67	67	67	67
68	68	68	68	68	68
69	69	69	69	69	69
70	70	70	70	70	70
71	71	71	71	71	71
72	72	72	72	72	72
73	73	73	73	73	73
74	74	74	74	74	74
75	75	75	75	75	75
76	76	76	76	76	76
77	77	77	77	77	77
78	78	78	78	78	78
79	79	79	79	79	79
80	80	80	80	80	80
81	81	81	81	81	81
82	82	82	82	82	82
83	83	83	83	83	83
84	84	84	84	84	84
85	85	85	85	85	85
86	86	86	86	86	86
87	87	87	87	87	87
88	88	88	88	88	88
89	89	89	89	89	89
90	90	90	90	90	90
91	91	91	91	91	91
92	92	92	92	92	92
93	93	93	93	93	93
94	94	94	94	94	94
95	95	95	95	95	95
96	96	96	96	96	96
97	97	97	97	97	97
98	98	98	98	98	98
99	99	99	99	99	99
100	100	100	100	100	100

ДОДАТОК В
АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВИРОБНИЦТВА ОЦТОВОЇ
КИСЛОТИ



ДОДАТОК Г
-МОНТАЖНИЙ ЛИСТ ОБЛАДНАННЯ (БІОРЕАКТОР)



						КРБ.Б/В.0.565-03.1.3			
№	Код	№ партії	Одн.	Знач.	Розробка проектних рішень для виробництва оцтової кислоти на основі продуктів Acetobacter				
Апріле	Температура 0.0				Апріле	Мая	Червня	Листопада	
Апріле	Температура 7.1							8/м	
№ партії	Кодовий 0.0				Acetif				
					Біореактор		ОНТУ зр. Б/О-48		