

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

**Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра біотехнології продуктів бродіння і виноробства**

«До захисту в ЕК»

Директорка ННІХТ

_____ Оксана КОЧУБЕЙ-
ЛИТВИНЕНКО
(підпис)

« » червня 2025 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри БПБВ

_____ Анатолій КУЦ
(підпис)

« » червня 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

із спеціальності 181 «Харчові технології»

(шифр та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Харчові технології та інженерія»

на тему: **Проект відділень термоферментативної обробки крохмалевмісної сировини та зброджування сусла підприємства з виробництва біоетанолу потужністю 95 т на добу з впровадженням ресурсозберігаючої технології спиртової бражки**

**Виконала: здобувачка 4 курсу групи ТБ-4-9
ТУСЬ Анастасія ВАСИЛІВНА**

(підпис)

Керівник: доцент, кандидат

технічних наук, доцент Роман КИРИЛЕНКО

(підпис)

Рецензент: доцент, кандидат

технічних наук, доцент Інна КАРПОВИЧ

(підпис)

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

_____ Анастасія ТУСЬ
(підпис)

Київ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій
Кафедра біотехнології продуктів бродіння та виноробства
Освітній ступень – “бакалавр”
Спеціальність – 181 “Харчові технології”
Освітня програма – “Харчові технології та інженерія”

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри біотехнології
продуктів бродіння та виноробства
_____Анатолій КУЦ
30 березня 2025 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЦІ Анастасії ТУСЬ

1. Тема роботи Проект відділень термоферментативної обробки крохмалевмісної сировини та зброджування суслу підприємства з виробництва біоетанолу потужністю 95 т на добу з впровадженням ресурсозберігаючої технології спиртової бражки

Керівник роботи Роман КИРИЛЕНКО, к.т.н., доцент
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по Університету від 07 квітня 2025 року № 212-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 01 червня 2025р.

3. Вихідні дані до роботи _____

1. Норми проектування.

2. Матеріали, зібрані під час переддипломної практики.

3. Сировина для виробництва біоетанолу: кукурудза крохмалистістю 65 % вологістю 14%

4. Передбачити виробництво біоетанолу із застосуванням термотолерантної раси дріжджів

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Титульний аркуш. Завдання на проектування. Анотація (двома мовами). Зміст. Вступ. 1. Характеристика підприємства та режими його роботи. 2. Обґрунтування і вибір способів режимів. 3. Характеристика проектованої продукції, сировини, основних і допоміжних матеріалів. 4. Технологічні розрахунки. 5. Розрахунки та підбір технологічного обладнання. 6. Розрахунки площ складських приміщень. 7. Контроль якості та безпечності готової продукції. 8. Система екологічного управління та енерго- і ресурсозбереження. 9. Заходи щодо організації безпечних умов праці на виробництві. Загальні висновки. Списки використаної літератури.

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

Апаратурно-технологічна схема – 1 аркуш

План – 1 аркуш

Розріз – 1 аркуш

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання – 08 жовтня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика підприємства та режими його роботи	28.04.25-08.05.25	Виконано
1.1	Структура підприємства та режими його роботи		
1.2	Обґрунтування, вибір способів та режимів		
2	Обґрунтування асортименту проекрованої продукції		
3	Техніко-економічне обґрунтування вибору технології дозрілої бражки із крохмалевмісної сировини та опис апаратурно-технологічної схеми	09.05.25-14.05.25	Виконано
3.1	Принципово-технологічна схема		
3.2	Техніко-економічний аналіз і вибір технологічних способів та режимів виробництва		
3.3	Опис апаратурно-технологічної схеми		
	1-а атестація	15.05.25	
4	Характеристика проекрованої продукції, сировини, основних і допоміжних матеріалів	16.05.25-18.05.25	Виконано
4.1	Характеристика проекрованої продукції		
4.2	Характеристика сировини		
4.3	Характеристика основних і допоміжних матеріалів		
5	Технологічні розрахунки	9.05.25-21.05.25	Виконано
6	Розрахунки площ виробничих і складських приміщень		
7	Розрахунки та підбір технологічного обладнання		
8	Викреслювання апаратурно-технологічної схеми та плану	22.05.25-24.05.25	Виконано
9	Оформлення креслення і погодження з керівником		
10	Контроль якості та безпечності готової продукції	25.05.25-27.05.25	Виконано
11	Система екологічного управління та енерго- і ресурсозбереження		
12	Заходи щодо організації безпечних умов праці на виробництві		
13	Оформлення пояснювальної записки	28.05.25-30.05.25	Виконано
	2-а атестація	31.05.25	
14	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	01.06.25-08.06.25	Виконано
15	Попередній розгляд проекту на кафедрі		
16	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	09.06.25-11.06.25	Виконано
17	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувачка
Керівник роботи

Анастасія ТУСЬ
Роман КИРИЛЕНКО

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі виконано проєкт відділень термоферментативної обробки крохмалевмісної сировини та зброджування сусла на підприємстві з виробництва біоетанолу потужністю 95 тонн на добу. Обґрунтовано актуальність теми у контексті сучасних вимог до ефективного використання сировини та енергоресурсів, а також урахуванням тенденцій розвитку біоенергетики в Україні та світі.

Проаналізовано структуру підприємства, режим його роботи та особливості організації виробництва біоетанолу. Запропоновано та обґрунтовано впровадження ресурсозберігаючої технології переробки сировини. Розроблено режимні параметри для основних технологічних процесів, включаючи гідротермічну підготовку, ферментативний гідроліз та зброджування сусла.

Проведено техніко-технологічне обґрунтування вибору обладнання, визначено його основні параметри та вимоги до розміщення у виробничому середовищі. Розраховано матеріальні та енергетичні баланси для забезпечення безперервної роботи обраного технологічного процесу. Здійснено оцінку ефективності впроваджених рішень з позицій економічної доцільності та зниження енерговитрат.

У результаті роботи спроектовано технічно обґрунтовану та ресурсоефективну схему обробки сировини для одержання біоетанолу, що забезпечує високу якість кінцевого продукту, стабільність виробництва та відповідність сучасним екологічним стандартам. Зроблено висновки щодо доцільності застосування обраних технічних рішень для підприємств спиртової галузі, а також перспектив подальшого вдосконалення технології.

Ключові слова: біоетанол, термоферментативна обробка, крохмалевмісна сировина, зброджування, бражка, ресурсозбереження, спиртове виробництво, технологічний процес, гідроліз, енергоефективність.

Abstract

The qualification thesis presents the design of departments for thermoenzymatic treatment of starch-containing raw materials and mash fermentation at a bioethanol production facility with a capacity of 95 tons per day. The relevance of the topic has been substantiated in the context of modern requirements for efficient use of raw materials and energy resources, as well as considering the development trends of bioenergy in Ukraine and worldwide.

The enterprise structure, operating mode, and specific features of bioethanol production organization have been analyzed. The implementation of a resource-saving technology for raw material processing has been proposed and justified, in particular – the technological scheme of alcohol mash has been improved through the combination of thermal and enzymatic treatment. Process parameters for the main technological stages, including hydrothermal preparation, enzymatic hydrolysis, and mash fermentation, have been developed.

The technical and technological justification for the selection of equipment has been carried out, with its main parameters and placement requirements within the production environment defined. Material and energy balances have been calculated to ensure the continuous operation of the selected technological process. The efficiency of the implemented solutions has been assessed from the standpoint of economic feasibility and energy cost reduction.

As a result, a technically justified and resource-efficient processing scheme for obtaining bioethanol has been designed, ensuring high product quality, production stability, and compliance with modern environmental standards. Conclusions have been drawn regarding the feasibility of applying the chosen technical solutions in alcohol industry enterprises, as well as the prospects for further technology improvement.

Keywords: bioethanol, thermoenzymatic treatment, starch-containing raw materials, fermentation, mash, resource saving, alcohol production, technological process, hydrolysis, energy efficiency.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ.....	9
1.1 Структура підприємства.....	9
1.2 Режими роботи.....	9
2 ОБҐРУНТУВАННЯ І ВИБІР СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ.....	12
2.1 Обґрунтування асортименту проектованої продукції.....	12
2.2 Принципова технологічна схема виробництва (за темою роботи).13	
2.3 Аналіз і вибір технологічних способів та режимів виробництва (за темою роботи).....	14
2.4 Опис апаратурно-технологічної схеми.....	20
3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	22
3.1 Характеристика проектованої продукції.....	22
3.2 Характеристика сировини.....	24
3.3 Характеристика основних і допоміжних матеріалів.....	28
4 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	30
4.1 Вихідні дані до технологічних розрахунків.....	30
4.2 Продуктові розрахунки.....	30
4.3 Розрахунки витрат основних і допоміжних матеріалів.....	31
5 РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	41
6 РОЗРАХУНКИ ПЛОЩ СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ.....	44
7 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	46
7.1 Основи системи управління якістю та безпекою харчової продукції.....	46
7.2 Технохімічний і мікробіологічний контроль виробництва та його метрологічне забезпечення.....	47
8 СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТА ЕНЕРГО- І РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ.....	53
9 ЗАХОДИ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ НА ВИРОБНИЦТВІ.....	55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	63

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку національної економіки важливого значення набуває впровадження енергоефективних, екологічно сталих та ресурсозберігаючих технологій у харчовій промисловості. Особливої актуальності набуває виробництво альтернативних джерел енергії, зокрема рідких біопалив, серед яких біоетанол є одним із найбільш перспективних та затребуваних продуктів. У країнах Європейського Союзу, Північної Америки, Азії біоетанол широко застосовується як добавка до моторного пального з метою зменшення викидів вуглекислого газу, скорочення залежності від викопних енергоносіїв та активізації розвитку сільських територій.

В Україні, згідно з Постановою Кабінету Міністрів України № 2065-р від 20 грудня 2022 року «Про затвердження Енергетичної стратегії України на період до 2050 року», одним із ключових напрямів є диверсифікація джерел енергії та розвиток сектору біоенергетики. Крім того, Закон України «Про альтернативні види палива» передбачає обов'язкове включення біоетанолу до складу бензинів, що стимулює розвиток вітчизняного виробництва біопалив.

Станом на 2025 рік внутрішній ринок України характеризується недостатнім рівнем виробництва біоетанолу при наявності високого аграрного потенціалу. Більшість існуючих підприємств працюють за застарілими технологіями, з низькою ефективністю використання сировини, значними енергетичними витратами та екологічними навантаженнями. Тому модернізація існуючих виробництв із впровадженням ресурсозберігаючих технологій переробки крохмалевмісної сировини є надзвичайно актуальною.

Світові технологічні тренди зосереджені на впровадженні термоферментативних методів гідролізу крохмалю з використанням високоспецифічних ферментів, що дозволяє скоротити тривалість технологічного циклу, зменшити витрати пари та води, а також покращити вихід кінцевого продукту — етилового спирту (біоетанолу). Важливим також є питання утилізації побічних продуктів, зокрема барди, з метою отримання кормів, що сприяє досягненню принципів безвідходного виробництва.

Головною метою кваліфікаційної роботи є розробка проєкту виробництва біоетанолу з використанням сучасної технології термоферментативної обробки крохмалевмісної сировини та зброджування сусла з добовою продуктивністю 95 тонн, забезпечивши енергоефективність, ресурсозбереження та мінімізацію впливу на навколишнє середовище.

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

Для досягнення мети здійснено наступні завдання:

- дослідження сучасного стану розвитку технологій у галузі виробництва біоетанолу;
- охарактеризовано виробничу базу підприємства;
- обґрунтовано вибір технології та визначено її техніко-економічні переваги;
- розроблено технологічну схему та підібрано відповідне обладнання;
- обґрунтовано техніко-економічні показники проєкту;
- розглянуто шляхи підвищення ефективності за рахунок утилізації побічних продуктів і впровадження систем управління якістю;
- оцінено перспективи реалізації продукції та окупність проєкту.

					ВСТУП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ

1.1. Структура підприємства

Підприємство з виробництва біоетанолу потужністю 95 тонн на добу, на базі якого розробляється даний проєкт, є високотехнологічним харчовим виробництвом, орієнтованим на переробку крохмалевмісної сировини. Така форма організації виробництва є логічним етапом у структурній перебудові паливно-енергетичного комплексу України та продовольчої безпеки країни, адже дозволяє ефективно використовувати надлишкову сировину, створювати робочі місця в регіонах та зменшувати енергетичну залежність.

Організаційна структура підприємства є лінійно-функціональною, що забезпечує чіткий поділ функцій між підрозділами та вертикаль управління технологічним процесом. Структура включає основні виробничі, допоміжні та управлінські відділення, які взаємодіють між собою у межах єдиного виробничого комплексу.

Склад основних структурних підрозділів підприємства:

- Відділення приймання і підготовки сировини (очищення, подрібнення, зволоження);
- Відділення термоферментативної обробки (гідротермічна підготовка, клейстеризація, осахарення);
- Відділення зброджування суслу (ферментативне зброджування з використанням активних дріжджів);
- Відділення перегонки та ректифікації (відокремлення етилового спирту від бражки);
- Відділення бардоутилізації та сушки барди (використання залишкових продуктів);
- Відділення водопідготовки і очистки стічних вод;
- Лабораторія контролю якості;
- Складсько-логістичне господарство;
- Адміністративно-управлінський блок.

Кожен технологічний підрозділ забезпечується сучасним енергоефективним обладнанням, яке дозволяє впроваджувати автоматизовану систему керування виробництвом (АСУ ТП).

					СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМ ЙОГО РОБОТИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Також передбачається наявність резервних систем енергозабезпечення, локальних пунктів водопостачання та каналізації, що підвищує надійність та автономність функціонування підприємства. Таким чином, структура підприємства спрямована на забезпечення безперервності технологічного процесу, високої продуктивності та мінімізації втрат сировини й енергоносіїв при виробництві біоетанолу.

1.2. Режим роботи

Режим роботи підприємства з виробництва біоетанолу визначається необхідністю забезпечення безперервного циклу термоферментативної обробки сировини та зброджування суслу, що потребує підтримки стабільних умов технологічного процесу. Враховуючи характер виробництва, підприємство функціонує у цілодобовому режимі з поділом на три зміни по 8 годин, що дозволяє забезпечити оптимальне навантаження на обладнання та персонал, а також максимізувати вихід готової продукції.

Тривалість виробничого року становить 330 робочих днів, що враховує планові ремонти, профілактичні зупинки та святкові дні. Такий графік дозволяє забезпечити повне завантаження виробничих потужностей і виконання планових показників у річному розрізі.

Оскільки виробництво біоетанолу базується на мікробіологічному процесі зброджування, критично важливо підтримувати стабільні фізико-хімічні параметри на всіх етапах – від клейстеризації до ректифікації. З цією метою впроваджується система автоматичного моніторингу температури, рН, концентрації сухих речовин, швидкості зброджування тощо. Система управління виробництвом базується на SCADA-платформах, що дозволяє проводити віддалене керування, архівацію даних і оперативне реагування на відхилення.

Основні технологічні та організаційні параметри режиму роботи підприємства наведено у таблиці 1.1.

					СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМ ЙОГО РОБОТИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Таблиця 1.1. – Основні параметри режиму роботи підприємства з виробництва біоетанолу

<i>№</i>	<i>Показник</i>	<i>Значення</i>
1	Добова продуктивність за сировиною	95 т/добу
2	Середній вихід біоетанолу з 1 т сировини	36-38 дал
3	Середній добовий вихід біоетанолу	3420-3600 дал
4	Річна кількість робочих днів	270 днів
5	Кількість змін у добу	3 зміни
6	Тривалість зміни	8 годин
7	Температурний режим термоферментативної обробки	70-80 °С
8	Оптимальний діапазон рН під час осахарення	5,5-6,0
9	Тривалість ферментативного осахарення	1,0-2,0
10	Температура зброджування сусла	30-32 °С
11	Тривалість зброджування	48-60 годин
12	Кількість працівників у зміні	20-25 осіб
13	Система управління	Автоматизована (АСУ ТП, SCADA)

					СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМ РОБОТИ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ОБҐРУНТУВАННЯ І ВИБІР СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ

2.1 Обґрунтування асортименту проєктованої продукції

У зв'язку з постійним зростанням попиту на альтернативні джерела енергії, біоетанол займає провідне місце серед видів біопалива. Його використання сприяє зниженню залежності від викопного пального, зменшенню викидів парникових газів та розвитку сільськогосподарського сектора. Проєктоване підприємство спеціалізується на виробництві біоетанолу паливного призначення з крохмалевмісної сировини з добовою продуктивністю 95 тонн.

Асортимент продукції включає:

- Біоетанол (згідно з ДСТУ EN 15376:2014), із вмістом етанолу не менше 99,5 % об.;

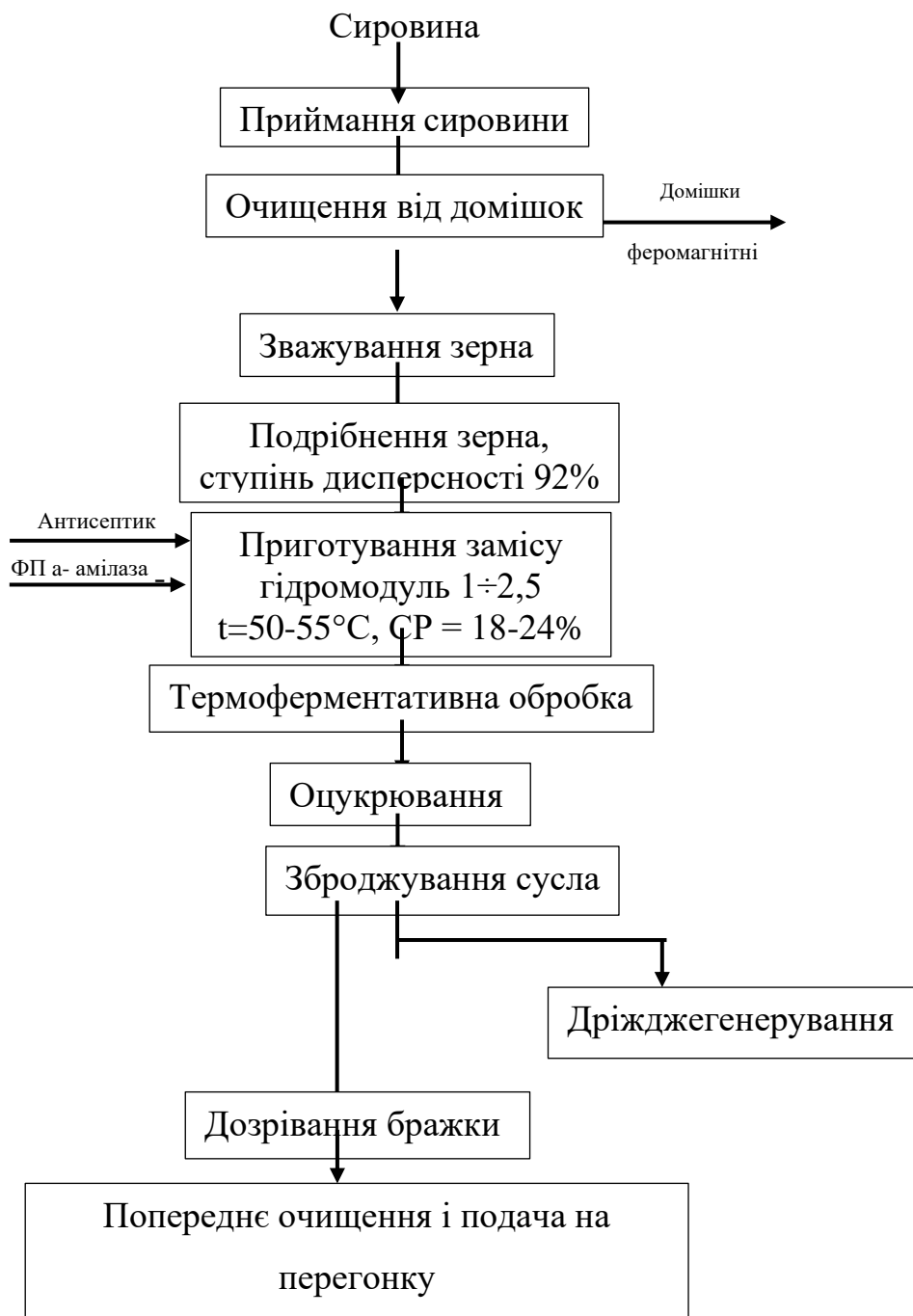
Вибір цього асортименту зумовлений технологічною сумісністю процесів термоферментативної обробки крохмалевмісної сировини з подальшим зброджуванням сусла, а також можливістю впровадження ресурсозберігаючих технологій, що забезпечують мінімізацію відходів і підвищення загальної ефективності виробництва.

Таблиця 2.1 – Асортимент та обсяг виробництва проєктованої продукції

Найменування продукції	Відсоток від загального обсягу, %	За добу, тис. дал	Річне виробництво
Біоетанол	100	3,61	1191,3
Побічні продукти: Зернова барда	-	30	9 900

2.2 Принципова технологічна схема виробництва

Принципова технологічна схема виробництва біоетанолу наведена на рис 1.1



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.3. Аналіз і вибір технологічних способів та режимів виробництва

У сучасних умовах виробництво біоетанолу вимагає високоефективного використання сировини та енергетичних ресурсів. З огляду на стратегічну мету підвищення ефективності спиртового виробництва та зменшення його впливу на довкілля, критично важливим є обґрунтований вибір технологічних способів та режимів переробки крохмалевмісної сировини, а також зброджування отриманого сусла.

Оснoву проєктованого технологічного процесу становить ресурсозберігаюча термоферментативна технологія, яка забезпечує максимальне вилучення цукрів з крохмалевмісної сировини за рахунок оптимального поєднання термічної, механічної та ферментативної обробки. Вихідна сировина – зернові культури (кукурудза, пшениця), яка має високу питому вологість (13-15%) і вміст крохмалю (60-72%), що зумовлює вибір інтенсивного методу обробки із застосуванням спеціалізованих розріджувачів.

Механічні властивості зернової сировини істотно залежать від її вологості, зокрема за низького вмісту вологи зерно характеризується крихкістю, тоді як в умовах підвищеної вологості воно набуває більшої пластичності. Це зумовлено змінами колоїдно-фізичних властивостей основних компонентів зерна – крохмалю та білків. Із підвищенням вологості водночас збільшується й питома енергія, яка необхідна для руйнування структури зерна.

Механохімічна деструкція високомолекулярних речовин у процесі механічного подрібнення призводить до зниження молекулярної маси полімерів, зміни їх фізико-хімічних властивостей, зокрема розчинності, та прискорення реакцій гідролізу, що сприяє підвищенню біохімічної активності компонентів сировини. Механічне диспергування, зменшуючи розміри частинок та збільшуючи загальну питому поверхню, значно прискорює подальші технологічні процеси, що є надзвичайно важливим у виробництві біоетанолу.

Високодисперсні фракції зернової сировини не потребують попереднього варіння під надлишковим тиском, що сприяє зменшенню тривалості термообробки, скороченню теплових витрат та підвищенню ступеня утилізації ферментованих компонентів. Збільшення питомої поверхні подрібненої сировини позитивно впливає на ефективність процесів клейстеризації та ферментативного гідролізу.

Однак традиційне подрібнення за допомогою молоткових дробарок забезпечує фракційно неоднорідну дисперсію, адже розміри частинок у межах 0,25-1,0 мм становлять 60-90% загального об'єму. Це спричиняє нерівномірність теплової обробки: надмірне нагрівання дрібних частинок

					ОБґРУНТУВАННЯ І ВИБІР СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

призводить до утворення небажаних побічних продуктів, зокрема оксиметилфурфуролу та меланоїдинів, а великі частинки перешкоджають повному розчиненню крохмалю, що знижує вихід зброджуваних речовин.

З метою підвищення рівномірності помелу на деяких підприємствах впроваджено двоступеневу схему подрібнення. На першій стадії сировину подрібнюють у молоткових дробарках, після чого за допомогою пневмотранспорту чи механічних конвеєрів помел подається на ситовий розподільувач для сепарації на дрібну й грубу фракції. Далі грубодисперсна фракція піддається повторному подрібненню у валкових станках. Така схема дозволяє знизити температуру й тривалість процесу розварювання, а також мінімізувати втрати зброджуваних речовин і водночас вона є складною в реалізації та потребує додаткових виробничих площ та капіталовкладень.

Альтернативою є застосування вискоефективних подрібнюючих агентів – дезінтеграторів, шарових млинів, корундових чи струменевих подрібнювачів, які забезпечать отримання високодисперсного помелу з руйнуванням як клітинної, так і внутрішньої зернової структури.

У результаті утворюються механодеструктуровані полімери (крохмаль, білки тощо), які піддаються подальшій термоферментативній обробці за температури не вище 100°C. Це дозволяє істотно знизити теплові витрати та втрати зброджуваних компонентів при варінні сусла.

Таким чином, запровадження ресурсозберігаючих технологій підготовки крохмалевмісної сировини, зокрема використання високодисперсного подрібнення в поєднанні з енергоефективною термоферментативною обробкою, є перспективним напрямом удосконалення технологій біоетанольного виробництва. Для підприємства з добовою потужністю 95 тонн біоетанолу це відкриє можливості для підвищення виходу спирту, зниження витрат пари та електроенергії, а також забезпечення екологічно чистого виробництва.

Попередньо зерно очищається від домішок (мінеральних, пилових, органічних) на зерноочисних машинах (наприклад, сепаратор САД-5, продуктивністю 10 т/год), після чого надходить у дробарки для досягнення оптимального ступеня помелу.

Подрібнене зерно з водою, у співвідношенні 1:3, піддається процесу варки у реакторах із мішалками РБ-2, де за дії температури й тиску частина крохмалю переходить у розчинний стан, також одночасно вносяться ферменти α -амілаза, які каталітично розривають α -1,4-глікозидні зв'язки в молекулі крохмалю.

Після охолодження маси у осаджувальній вилітній ванні з ферментом					Арк.
з глюкозамілазою по сприйняттю гликозидів та вибору способів та режимів					Арк.
глибокому розщепленню декстринів до глюкози					76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	75

мальтози та інших редукуючих цукрів. Сумарна тривалість ферментативної обробки становить 3-5 годин залежно від активності ферментів і температурного режиму.

Отримане осахарене сусло направляється до бродильного відділення, де здійснюється спиртове зброджування за участі дріжджових культур *Saccharomyces cerevisiae*.

З метою підвищення стійкості мікроорганізмів до високих концентрацій етанолу та токсичних речовин, застосовуються дріжджі активовані попередньо у вітамінно-живильному середовищі, з додаванням фосфорно-азотних солей, сульфатів і мікроелементів.

Оцукрювання розвареної маси

Метою оцукрювання розвареної маси крохмалевмісної сировини є гідроліз крохмалю та білкових компонентів охолодженої розвареної маси за допомогою ферментних препаратів мікробного походження.

Сусло, яке використовується у спиртовому виробництві, являє собою охолоджену розварену масу, оброблену ферментами оцукрюючих матеріалів.

Процес оцукрювання включає кілька основних стадій: охолодження розвареної маси до встановленої температури оцукрювання; змішування розвареної маси з оцукрюючим матеріалом; безпосередньо оцукрювання крохмалю та охолодження отриманого сусла до початкової температури зброджування. Ці технологічні операції можуть виконуватись як у різних апаратах, послідовно з'єднаних між собою, так і в одному комплексному апараті.

В ході оцукрювання розвареної маси ферментами мікробного походження гідролізується близько 75–80 % крохмалю до глюкози і мальтози, тоді як 20–25 % граничних декстринів залишаються, які подальше дооцукрюються у процесі зброджування сусла.

Вибір способу та режимів зброджування сусла

Сучасні технології передбачають застосування кількох основних режимів зброджування:

- періодичний;
- безперервно-проточний;
- проточно-рециркуляційний;
- циклічний.

					<i>Періодичний спосіб</i> ОБҐРУНТУВАННЯ І ВИБІР СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
						17
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

При періодичному способі зброджування, усі стадії процесу — від завантаження виробничих дріжджів до завершення бродіння — здійснюються в одному бродильному апараті. На початку до апарата подають дріжджову суспензію, об'єм якої становить 8–10 % від загального об'єму підготовленого сусла. Далі апарат поступово наповнюють суслим, що забезпечує ефективний старт бродіння та сприяє рівномірному розподілу активної біомаси.

Зброджування сусла при періодичному способі триває у середньому 72 години, при цьому максимальний інтервал, протягом якого дозволено заповнювати бродильний апарат, не повинен перевищувати 8 годин.

Початкова температура сусла, що надходить у бродильний апарат, визначається заданою тривалістю процесу. При 72-годинному режимі вона становить 18–20 °С, тоді як при 48-годинному — 24–25 °С. Під час активної фази бродіння підтримується температура на рівні 29–30 °С, а на стадії дозрівання бражки — 27–28 °С. Дотримання температурного режиму критично важливе для забезпечення активності дріжджів, уникнення закисання бражки, а також стабільності процесу спиртоутворення.

Етап завершення бродіння визначають за рядом показників: вміст редуруючих речовин (РВ) у готовій бражці повинен не перевищувати 0,2–0,3 г/100 мл, а концентрація сухих речовин має залишатися сталою протягом щонайменше 2–3 годин. Додатковим критерієм служить йодкрохмальна проба — відсутність синього забарвлення після кип'ятіння проби бражки з йодом свідчить про повне оцукрювання залишкового крохмалю та успішне зброджування.

У разі необхідності призупинення технологічного циклу в кінці головного бродіння проводиться охолодження бражки до 15–20 °С. Якщо перерва в роботі є тривалою, зрілу бражку піддають асептуванню з використанням антисептиків, таких як полідез або дезактин.

Усі бродильні апарати під час роботи герметично з'єднують з установкою спиртовловлювання, яка конденсує спиртові пари, що виносяться газами бродіння, тим самим зменшуючи втрати кінцевого продукту.

Після зброджування бражка перекачується насосами безпосередньо або через проміжну ємність до брагоректифікаційного відділення. Бродильні апарати, після повного випорожнення, підлягають ретельному санітарному обслуговуванню: промиванню водою, обробці внутрішніх поверхонь розчином хлорного вапна з витримкою 15–20 хвилин, подальшому промиванню водою та паровій стерилізації при температурі 100 °С протягом 30 хвилин. При цьому витрати пари становлять 10–12 кг на 1 м³ об'єму апарата.

Для підвищення ефективності та безпеки санітарної обробки доцільно використовувати механізовані миючі пристрої, які працюють під тиском до 0,4

МПа.	Як робочу рідину	використовують підігріту воду з додаванням	МАрк.
	антисептиків. Ці установки до	зобов'язують забезпечити рівномірне розбризкування	18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис Дата

миючих розчинів по всій внутрішній поверхні апарата, що забезпечує ефективну дезінфекцію між циклами зброджування.

Таким чином, періодичний спосіб зброджування характеризується простотою реалізації, чіткою часовою структурою циклу, високою надійністю та можливістю повної дезінфекції обладнання між циклами, що особливо важливо для забезпечення мікробіологічної чистоти у виробництві біоетанолу з крохмалевмісної сировини.

Безперервно-проточний спосіб

Безперервно-проточний метод полягає у постійному надходженні сусла та внесенні дріжджів до головного бродильного апарата, який є частиною бродильної батареї, що складається з кількох послідовно з'єднаних апаратів. Зріла брага безперервно виводиться з останнього апарата для подальшої перегонки.

У процесі безперервно-проточного бродіння кожен апарат виконує певний етап загального процесу, при цьому тривалість перебування браги у системі теоретично може бути необмеженою. Для запобігання розвитку небажаної мікрофлори рекомендовано здійснювати профілактичну стерилізацію бродильних апаратів послідовно — починаючи з головного і закінчуючи останнім. Важливими параметрами, що впливають на ефективність процесу, є тривалість перебування браги в апаратах, концентрація дріжджових клітин, швидкість подачі середовища, рівень рН та температура. Одним із недоліків даного способу є можливість розмноження сторонньої мікрофлори, що негативно впливає на якість і стабільність бродильного процесу.

Проточно-рециркуляційний спосіб

Одним із найбільш досконалих, гнучких методів інтенсифікації безперервного бродіння є рециркуляція дріжджової біомаси. Збільшення кількості дріжджових клітин на початковому етапі процесу дозволяє уникнути пускового періоду, що значно знижує ризик розвитку інфекцій та закисання бражки. Водночас при рециркуляції відокремленої дріжджової біомаси існує загроза контамінації продуктів бродіння сторонніми мікроорганізмами. У зв'язку з цим, співробітниками ВНДІПрБ спільно з працівниками Мічурінського спиртового заводу був розроблений метод безперервного зброджування крохмалевмісного сусла з рециркуляцією бражки безпосередньо з другого або третього бродильного апарата у перший, що дозволяє здійснювати рециркуляцію дріжджів без необхідності їх попереднього концентрування у центрифугі.

Циклічний спосіб

	Циклічний спосіб, розроблений В.Д. Яровенком та Е.П. Скаджиною, є	Арк.		
	різновидом напівбезперервного способів бродіння, при якому розмноження	19		
Змі.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

дріжджів та основне бродіння відбуваються безперервно, тоді як доброджування здійснюється періодично.

Для реалізації даного способу використовують 2–3 механізованих дріжджових апарати, один розброджувач та 6–7 бродильних апаратів, які послідовно з'єднані переливними трубами з дисковими затворами, що дозволяє виключати окремі апарати під час проведення стерилізації.

Процес роботи бродильної батареї починається з розмноження дріжджів у дріжджових апаратах, яке продовжується у розброджувачі, об'єм якого становить 25–30 % від об'єму головного бродильного апарата. Тривалість розмноження дріжджів у дріжджових апаратах і розброджувачі складає 14–16 годин. Кислотність суслу у дріжджових апаратах підтримується на рівні 0,9–1,2 °, а у розброджувачі – 0,5–0,7 °, що досягається шляхом додавання розчину сірчаної кислоти або внаслідок молочнокислого закисання. Концентрація дріжджових клітин упродовж розмноження збільшується з 20–25 до 80–100 млн/мл.

У дріжджових апаратах дріжджі розмножуються на суслі з оцукрювача після його відповідної підготовки.

Серед недоліків циклічного способу слід відзначити нерівномірну тривалість перебування бражки у різних апаратах батареї: найбільша тривалість характерна для головних апаратів, а найменша — для останніх. Така неоднорідність спричиняє підвищене наростання кислотності бражки, втрати цукру та зниження виходу спирту. Крім того, ускладнюється апаратурне оформлення схеми бродіння та регулювання технологічних процесів.

Основні показники дозрілої бражки становлять:

- видима густина СР (%): для кукурудзи – (-0,4), пшениці – (0,0), жита – (+0,7);
- кислотність – 0,3–0,4°;
- температура – 30–32 °С;
- вміст незброджених цукрів (мг/л): до 0,25 – оцінка відмінно, 0,25–0,35 – добре, 0,35–0,45 – задовільно, понад 0,45 – незадовільно;
- нерозчинний крохмаль – менше 0,1 мг/л.

Для ефективного керування процесом застосовується автоматизована система контролю параметрів середовища – це температура, рН, концентрація розчиненого кисню. Оптимальний рН – 4,5–5,0. За таких умов вихід спирту

					ОБГРУНТУВАННЯ І ВИБІР СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

досягається не менше 85% від теоретично можливого (при переробці кукурудзи – 370 дал/т).

Особливу увагу у виборі технологічних способів приділено впровадженню ресурсозберігаючих рішень:

- використання теплообмінників для рекуперації тепла конденсату;
- застосування ферментів з високою температурною стійкістю, що знижує потребу в зовнішньому нагріванні;
- багатоступенева обробка зерна із мінімізацією утворення побічних речовин;
- повторне використання технологічної води після очищення;
- впровадження біоконверсії відходів (барди) у корми чи енергію.

Окремо варто зазначити, що при потужності переробки 95 т/добу і за умови впровадження описаних технологій очікуваний обсяг виходу біоетанолу становить близько 36000 дал/добу, що повністю відповідає нормативам і стандартам ДСТУ 7688:2015 та ДСТУ EN 15376:2015.

2.4 Опис апаратурно-технологічної схеми

Технологічний процес виробництва біоетанолу починається з подачі очищеного зерна у передваговий бункер (позиція 1), звідки воно надходить на зважування (поз. 2), а далі транспортується в проміжний бункер для накопичення зерна (поз. 3). Подача сировини на наступну стадію регулюється через зміну обертів шнека, що забезпечує стабільну подачу в дезінтегратор (поз. 6) для механічного подрібнення.

Отриманий помел під дією відцентрової сили та потоку повітря, створеного вентилятором (поз. 7), подається до сепараційної камери (поз. 4), де за розміром частинок відбувається їхнє розділення. Частинки з діаметром до 250 мкм спрямовуються в циклон (поз. 5), а грубіші фракції повертаються на дорозмелювання у дезінтегратор.

Мелений матеріал, що пройшов сепарацію, через шлюзовий затвор (поз. 8) подається до дезембратора (9), де відбувається його гідратація — змішування з водою до отримання замісу заданої концентрації. Заміс надходить до апарата для приготування сусла (10), куди одночасно дозується альфа-амілазний фермент відповідно до кількості умовного крохмалю. В апараті здійснюється інтенсивне перемішування за допомогою вертикальної мішалки.

Після стадії підготовки замісу, отримана суміш надходить через переливну систему та уловлювач (12), а потім за допомогою плунжерного насоса (13) подається у перший апарат для термоферментативної обробки (ГДФО-1, поз. 17).

Там заміс додатково підігрівається в контактному теплообміннику (поз. 16).

Наступна стадія — це завершення процесу розрідження та витримки зернового сусла, що триває загалом до 3 годин. Вона реалізується у другому апараті ГДФО (поз. 18), де продовжується інтенсивне перемішування. Об'єм

					Арк.
					21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

апаратів для приготування замісу та обробки підібраний так, щоб забезпечити повне перебування суміші упродовж 3,5–4 годин без застійних зон або транзитного проходження. Для зменшення витрат пари передбачене часткове використання залишкового тепла розігнаного сусла.

Після термоферментативної обробки сусло направляється в апарат АТФО-1 (поз. 17), а з нього через уловлювач (поз. 12) частина замісу відкачується насосом на лінію підготовки виробничих дріжджів. Цей процес відбувається у дріжджанках (поз. 26), куди також додаються культуральний розчин дріжджів із маточника (поз. 25), ортофосфорна кислота зі збірника (поз. 27), сірчана кислота (збірник 28) для корекції рН до 4,0–4,5, карбамід (поз. 29) як джерело азоту, глюкоамілазний фермент (поз. 24) та антисептичні добавки (поз. 30).

Готові виробничі дріжджі перекачуються насосом (поз. 22) до кожного з бродильних апаратів (поз. 20) бродильної батареї. Одночасно в ці апарати надходить охолоджене до температури зброджування (через теплообмінник поз. 19) сусло з необхідною кількістю ферментів для оцукрення.

Процес бродіння відбувається в батареї, що складається з 11 послідовно з'єднаних апаратів і одного передаточного резервуара (поз. 21). Тривалість бродіння становить 72 години, протягом яких виділяється діоксид вуглецю. Він уловлюється плівково-конденсаційним спиртовловлювачем (поз. 23), де також відбувається часткова конденсація спиртових парів.

Газ, очищений від парів етанолу, направляється у цех виробництва рідкого CO₂, а водно-спиртова суміш, що утворюється у спиртовловлювачі, збирається у ємності (поз. 31) і далі насосом (поз. 22) перекачується до брагоректифікаційного відділення для подальшої переробки на етанол.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

3.1 Характеристика проекрованої продукції

Проектованою продукцією підприємства є біоетанол, який виробляється шляхом ферментативної обробки крохмалевмісної сировини з подальшим зброджуванням сусла.

Відповідно до чинного державного стандарту ДСТУ 3681-97 «Етанол етиловий. Технічні умови» біоетанол повинен відповідати таким основним показникам якості:

Таблиця 3.1 – Основні показники якості

<i>Показник</i>	<i>Норма</i>
Вміст етилового спирту	96,0%
Вміст сивушних масел	0,005% мас.
Вміст метанолу	0,1% мас.
Кислотність (у перерахунку на оцтову кислоту)	1,5 мг/дм ³
Вміст сірководню	0,1 мг/дм ³
Прозорість	прозорий, без осаду

Біоетанол зберігається в металевих або скляних герметичних ємностях, за температури від 0 °С до +25 °С, без доступу прямих сонячних променів, що забезпечує стабільність і збереження якості. Термін зберігання становить до 6 місяців згідно з вимогами підприємства та нормативної документації.

Таблиця 3.2 – Органолептичні показники біоетанолу

<i>Назва показника</i>	<i>Характеристика</i>
Колір	Прозорий, безбарвний, без сторонніх включень і муті
Запах	Характерний для етилового спирту, чистий без сторонніх запахів
Смак	Чистий, без гіркоти, сторонніх або різких присмаків
Прозорість	Повна прозорість
Відсутність осаду	Не містить тверді частинки або осад

Таблиця 3.3 – Фізико-хімічні показники

<i>Назва показника</i>				<i>Значення показника</i>	
Вміст етанолу, % об'єм.				96,0-96,5	Арк. 22
Щільність при 20°C, кг/дм ³				789,7-792	
Температура кипіння, °C				78,3	
Зимт.	Арк.	№ з'явч.	Підпис	Дата	

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ,
ОСНОВНИХ ТА ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

Вміст сивушних масел, мг/дм ³	300
Вміст метанолу, % об'єм.	0,5
Кислотність, мг КОН/дм ³	10
Вміст сірководню, мг/дм ³	0,1

Таблиця 3.4 - Допустимі концентрації вмісту важких металів і миш'яку

Назва показника	Допустимі рівні, мг/кг, не більше
Вміст важких металів:	
Свинець	0,1
Купрум	0,5
Кадмій	0,05
Хром	0,1
Вміст миш'яку	0,1

Сивушне масло

Сивушне масло – це суміш вищих спиртів, альдегідів, кетонів й інших побічних органічних речовин, є побічним продуктом який утворюється під час виробництва спирту у процесі зброджування та подальшої перегонки. Основними компонентами сивушного масла є: аміловий спирт 45-65% за масою, ізобутиловий спирт 15-25%, н-бутиловий 0,5-2%, н-пропіловий спирт 2-15%, етиловий спирт 3-15%.

Виділення сивушного масла здійснюється з сивушної фракції шляхом обробки водою, у результаті чого відбувається розшарування суміші на фази – верхню (сивушне масло) та нижню (водний екстракт, що містить вилучений етиловий спирт).

Зовні сивушне масло – це прозора рідина, яка не мутніє при збовтуванні, має характерний запах і колір, що варіює від світло-жовтого до червоно-бурого.

					ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ СИВУШНОГО МАСЛА (ЗГІДНО ДСТУ 7940:2015)	Арк.
					ОСНОВНИХ ТА ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ	23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найменування показника	Норма
Густина при 20 °С, г/дм ³	Не менше 0,837
Показник заломлення (n _{20/D})	Не менше 1,395
Проба на чистоту з сірчаною кислотою	Витримує

Температурні межі перегонки при нормальному тиску (після відгонки 50% об'єму)	Не менше 120 °С
Колір	Жовтуватий

У процесі перегонки сивушного масла при температурі до 120 °С повинно переганятися не більше ніж 50% його об'єму, що є показником належної термостабільності та чистоти фракції.

3.2 Характеристика сировини

Згідно з завданням, основною сировиною для виробництва біоетанолу на даному підприємстві є кукурудза — одна з найпоширеніших крохмалевмісних культур, яка має високу врожайність, доступність та добрі ферментативні властивості. Вибір саме кукурудзи обумовлений її хімічним складом, зокрема високим вмістом крохмалю, що становить понад 62 %, що є оптимальним для гідролізу та подальшого спиртового бродіння.

На вертикальному стеблі кукурудзяної рослини, висота якого коливається від 0,6 до 2,6 метра, формується переважно один-два, іноді й більше качанів. Зовнішня поверхня качана вкрита рядами зерен у кількості від 300 до 1000 штук. Забарвлення зерен переважно жовте або біле, рідше — оранжеве. Вага зернівок становить близько 75–85% загальної маси качана, який додатково захищений кількома шарами обгорткових листків.

Залежно від морфологічної структури зерна та особливостей розвитку ендосперму, кукурудзу поділяють на сім ботанічних типів: кремениста, пуповидна, крохмалевмісна, воскова, цукрова та лущена. Для отримання етилового спирту найбільш ефективним є використання пуповидної та крохмалистої кукурудзи, оскільки вони краще піддаються термічній обробці.

Уся сировина, а також напівфабрикати й додаткові матеріали, що застосовуються у виробництві етилового спирту, повинні відповідати чинним стандартам або затвердженим технічним умовам.

Зерно надходить на підприємство насипом у зерновозах або в мішках масою по 50 кг. Перед використанням воно проходить первинне очищення від домішок, сортування та зберігається у силосах або складських приміщеннях з регульованим мікрокліматом. Умови зберігання повинні забезпечувати захист від вологи, перегріву та доступу гризунів, тому важливо дотримуватись температурного режиму до 25°C і відносної вологості повітря до 75 %.

Таблиця 3.6 – Основні фізико-хімічні показники кукурудзи

Найменування показників				Кукурудза	
1				2	
Вологість, %				ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ ТА ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ	
сухе, не більше					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Арк. 24

середньої сухості, не більше	13,5-15,0
вологе, не більше	15,0-17,0
сире, не більше	17,0-18,0
Сміттєві домішки,%:	
чисте,% не більше	1-2
середньої чистоти,% не більше	1-4
засмічене, % не більше	2-4
Зернові домішки,%:	7
пророслі зерна	2
пошкоджені зерна	1
Крупність, % не менше	80
Вміст крохмалю, %	58-62

Вода

У процесі виробництва етилового спирту, зокрема на етапах підготовки дріжджових культур, приготування зернового суслу, розчинів ферментативних препаратів, а також для утворення технологічної пари, використовується вода, що відповідає санітарно-гігієнічним вимогам до питної (згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10).

Залежно від функціонального призначення, воду класифікують як технологічну та технічну.

Технологічна вода – це вода, що виконує роль сировини, входить до складу харчових продуктів або контактує з ними на різних стадіях виробничого процесу. Вона є незамінною в харчовій промисловості й безпосередньо впливає на якість готової продукції.

Натомість, технічна вода не контактує з сировиною, напівфабрикатами чи кінцевим продуктом, але забезпечує функціонування технологічного процесу. Вона застосовується для охолодження, санітарної обробки виробничих приміщень і обладнання.

У разі, якщо природна вода не відповідає встановленим вимогам, її піддають коригуванню.

Це може включати фільтрацію через шари кварцового піску, коагуляцію для видалення колоїдних домішок, дезінфекцію хлором, а також пом'якшення води за допомогою содово-вапняного методу або іонного обміну.

Враховуючи, що вода є не лише допоміжним середовищем, але й компонентом напівпродуктів і самого спирту, вона має бути мікробіологічно безпечною. Основними показниками санітарно-бактеріологічної чистоти води є колі-титр та колі-індекс.

Колі-титр — це найменший об'єм (у мілілітрах) води, в якому виявляється одна кишкова паличка. Для питної води він становить не більше 300 мп.					Арк
ХАРАКТЕРИСТИКА ТИПОВОЇ ПРОДУКЦІЇ СИРОВИНИ					Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ХАРАКТЕРИСТИКА ТИПОВОЇ ПРОДУКЦІЇ СИРОВИНИ
ОСНОВНИХ ТА ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ					25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Колі-індекс — це кількість кишкових паличок, що припадає на 1 дм³ води; допустимим вважається не більше трьох мікроорганізмів.

Таблиця 3.7 – Вимоги до води питної

<i>Найменування показника</i>	<i>Норма</i>
Запах при 20 °С і при підігріві води до 60 °С, бали, не більше	2
Присмак при 20 °С, бали, не більше	2
Колірність, градуси, не більше	20
Загальна твердість, ммоль/дм ³ , не	7,0
Каламутність, мг/дм ³ , не більше	1,0
Окислюваність, мл 0,01н розчину перманганату калію, не більше	2,0
Вміст, мг/дм ³ , не більше:	
хлоридів	250
сульфатів	250
марганцю	0,05
заліза	0,2
цинку	5,0
Сухий залишок, мг/дм ³ , не більше	1000
Мікробіологічна чистота, в 1 мл не більше колоній	300

Таблиця 3.8 – Основні вимоги до технічної води

<i>Найменування показника</i>	<i>Одиниця вимірювання</i>	<i>Величина показника</i>
Значення рН, не менше	Од.	5,0
Жорсткість, не вище	моль/м ³	12
Вміст аміаку, не більше	мг/дм ³	200
Відсутність корозійної активності, солей важких		Відсутні

металів (ртуті, свинцю, та ін.)		
---------------------------------	--	--

Спиртові дріжджі

Для процесу зброджування сусла, отриманого з крохмалевмісної сировини, доцільним є використання активних спиртових дріжджів роду *Saccharomyces cerevisiae*. Серед рекомендованих штамів, ефективність яких підтверджено науковими дослідженнями, найбільш поширеними є раси XII, XII-Т, К-81, ДТ-05 та ДО-11.

Ці раси характеризуються високою бродильною активністю, адаптованістю до умов спиртового виробництва та здатністю функціонувати при високих концентраціях сухих речовин.

У межах даної кваліфікаційної роботи передбачено застосування штаму *Saccharomyces cerevisiae* ДТ-05. Цей штам забезпечує стабільне зброджування крохмалевмісного сусла, сприяючи ефективному накопиченню етилового спирту у зрілій бражці.

Особливо слід відзначити штам *Saccharomyces cerevisiae* ДО-11, який відзначається високою осмоцелерантністю та здатністю функціонувати в умовах підвищеної концентрації сухих речовин (22–31%) при температурному режимі 32–35 °С. За таких умов дріжджі демонструють високу ефективність спиртоутворення, досягаючи вмісту етилового спирту у межах 12–16 об. %.

Біохімічний профіль даного штаму включає здатність до ферментації таких моносахаридів і дисахаридів – глюкоза, галактоза, сахароза, мальтоза, а також частково – рафіноза (на 1/3) і декстрини (на 1/2), інулін, ксилоза та арабіноза. Крім того, дріжджі засвоюють етиловий спирт і гліцерин, проте не метаболізують маніт, сорбіт та дульцин.

Застосування штаму *Saccharomyces cerevisiae* ДО-11 у виробництві етилового спирту з крохмалевмісної сировини дозволяє досягти підвищеного вмісту спирту в бражці (10,0–16,0 об. %), а також оптимізувати енергетичні витрати підприємства і зменшити споживання води для охолодження бражки та витрати теплової енергії.

Ферментні препарати

У технологічному процесі біоетанольного виробництва, зокрема на стадії оцукрення, ключову роль відіграють амілолітичні ферментні препарати, що забезпечують повну гідролітичну конверсію крохмалю та декстринів до глюкози. Серед наявного асортименту комерційних ферментів найбільш поширеними та ефективними є препарати Termamyl-120L та San Super-240L.

Termamyl 120L					це рідкий ферментний препарат, до складу якого входить термостабільна α -амілаза, синтезована за допомогою генно-інженерних методів у основних та допоміжних матеріалах		Арк. Арк.
Змін. Змін.	Арк. Арк.	№ док. № док.	Підпис Підпис	Дата Дата			28 27

інженерного штаму *Bacillus licheniformis*. Цей фермент є ендоамілазою, що каталізує розрив α -1,4-глюкозидних зв'язків у молекулах амілози та амілопектину, завдяки цьому крохмаль швидко розщеплюється до декстринів та низькомолекулярних олігосахаридів, що в свою чергу, сприяє значному зниженню в'язкості середовища. Оптимальна температура активності Termamyl-120L становить 95–105 °С, хоча він зберігає активність і при вищих температурах (до 110 °С).

San Super-240L використовується на наступному етапі процесу — при оцукренні рідинного затору, що містить частково гідролізований крохмаль. Цей ферментний препарат містить вдосконалену форму амілоглюкозидази, яка каталізує повне перетворення декстринів і залишкового крохмалю на глюкозу. Введення San Super-240L здійснюється після охолодження затору до температури близько 55 °С при рН \approx 5,5, що відповідає оптимальним умовам дії амілоглюкозидази. Препарат має комплексний склад, який включає не лише амілоглюкозидазу, але й α -амілазу та протеазу, що дозволяє покращити ефективність оцукрення завдяки синергетичному ефекту.

3.3 Характеристика основних і допоміжних матеріалів

Антисептичний засіб

Для забезпечення стабільності зброджування сировини, що містить крохмаль, використовується антимікробний препарат Фріконт. Цей засіб ефективно пригнічує розвиток бактеріальної мікрофлори, при цьому практично не чинячи негативного впливу на дріжджові культури. Основною сферою його застосування є дріжджанки, однак за потреби його також вводять у бродильні апарати для підтримання санітарного рівня виробництва.

Використання Фріконту сприяє зменшенню втрат сировини та покращенню якісних характеристик готового спирту. Цей препарат являє собою дрібнокристалічну композицію поверхнево-активних сполук, які сприяють кращому розчиненню активного компонента. Він постачається у порошковій формі, а дозування становить 1–2 г на 1 м³ оброблюваної рідини.

У виробничий процес він вводиться у вигляді розчину, приготовленого в пропорції 0,5:1 дм³ води.

Хлорне вапно

Хлорне вапно — це білий порошок із характерним різким запахом, що володіє вираженими окиснювальними властивостями. Воно широко використовується для дезінфекції обладнання та виробничих приміщень у

технологічному процесі					ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ ТА ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Обробка бродильних апаратів проводиться у кілька етапів: після видалення залишків бражки апарати ретельно промиваються водою, після чого здійснюється обприскування 2-відсотковим розчином хлорного вапна. Дезінфекційний розчин витримують на поверхнях протягом 15–20 хвилин, після чого змивають водою. За потреби проводять додаткову термічну обробку — пропарювання апаратів при температурі 100 °С упродовж 30 хвилин. Орієнтовна норма витрат хлорного вапна становить 0,5 літра на 1 м² поверхні.

4 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

4.1 Вихідні дані до технологічних розрахунків

Біоетанол;

Виробництво біоетанолу здійснюють за безпервною технологічною схемою з використанням крохмалевмісної сировини, обробка якої відбувається за низькотемпературною термоферментативною технологією з подальшим

зброджуванням сусла та впровадженням ресурсозберігаючих рішень при переробці спиртової бражки.

Потужність заводу – 95 т на добу.

Вихід біоетанолу з 1 т умовного крохмалю кукурудзи - 66,6 дал.

Сировина для виробництва біоетанолу – кукурудза, крохмалістю 60%, вологістю – 13,5%.

Ферментні препарати: Термамил-120L, Сан-Супер-240L.

Додаткове живлення для дріжджів: ортофосфорна кислота — 1,3 кг/1000 дал спирту, карбамід — 0,8 кг на 1000 дал спирту.

Антисептик Полідез – 20 см³ на 1 м³ сусла.

Розрахунок проведений на 100 дал спирту.

4.2 Продуктові розрахунки

Вихід біоетанолу з 1 тонни умовного крохмалю кукурудзи за прийнятою ресурсозберігаючою термоферментативною технологією та зброджуванням сусла становить 67,4 дал/л.

$$66,6 + 0,7 + 0,1 = 67,4 \text{ дал,}$$

де 66,6 – вихід біоетанолу з 1 т умовного крохмалю кукурудзи за умов роботи підприємства за безперервною технологічною схемою виробництва, дал/т;

де 0,7 – збільшення норми виходу біоетанолу з 1 т умовного крохмалю кукурудзи у разі повної заміни солоду ферментними препаратами, дал/т;

де 0,1 – збільшення норми виходу біоетанолу з 1 т умовного крохмалю кукурудзи при зброджуванні сусла з рецикуляцією бражки, дал/т.

Умовний крохмаль зернової сировини – це кількісна характеристика вуглеводного комплексу зерна, який може бути перетворений на ферментовані цукри шляхом технологічної обробки. Отримані цукри в майбутньому піддаються зброджуванню дріжджами з утворенням етилового спирту.

Витрати зерна для отримання 100 дал біоетанолу

Кількість крохмалю сировини, яка потрібна для одержання 100 дал біоетанолу:

$$100 \times 1000 / 67,4 = 1\,499,25 \text{ кг.}$$

Витрати зерна кукурудзи для отримання 100 дал біоетанолу:

$$1499,25 \times 100 / 60 = 2498,75 \text{ кг,}$$

де 60 – крохмалистість кукурудзи, %.

У цій кількості кукурудзи міститься:

води – $2498,75 \times 0,01 \times 13,5 = 337,33 \text{ кг;}$

сухих речовин – $2498,75 - 337,33 = 2161,42 \text{ кг,}$

з них зброджуваних – $2498,75 \times 0,532 = 1329,34 \text{ кг,}$

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

ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

незброджуваних – 2161,42 – 1329,34 = 832,08 кг.

Таблиця 4.1 – Склад кукурудзи

Найменування показника	Вміст, %	Кількість, кг/100 дал
Сухі речовини:		
зброджувані	53,2	1329,34
незброджувані	33,3	832,08
Усього сухих речовин	86,5	2161,42
Вода	13,5	337,33
Разом	100	2498,75

4.3 Розрахунки витрат основних і допоміжних матеріалів

Витрати ферментних препаратів

Для розріджування замісу на 1 тонну умовного крохмалю зерна витрачають від 0,3 до 0,6 дм³ препарату Termamil 120L (для розрахунків приймаємо середнє значення – 0,5 дм³). Для оцукрення розрідженого замісу застосовують від 0,8 до 1,2 дм³ ферментного препарату San-Super 240L (для розрахунків приймаємо середнє значення 1,0 дм³).

Витрата Termamil 120L складатиме:

$$1,50376 \times 0,5 = 0,752 \text{ дм}^3.$$

Перед додаванням ферментного препарату до збірника замісу та термоферментатора його попередньо розбавляють водою у співвідношенні 1:10.

Кількість води, що потрібна для цього розведення:

$$0,752 \times 10 = 7,52 \text{ дм}^3.$$

При густині ферментного препарату 1,2 кг/дм³ маса ферментного препарату дорівнює:

$$0,752 \times 1,2 = 0,902 \text{ кг.}$$

Загальна маса розчину ферментного препарату Termamil 120L:

$$0,902 + 7,52 = 8,422 \text{ кг.}$$

Маса розчину ферментного препарату, що вводять в заміс:

$$8,422 \times 0,3 = 2,53 \text{ кг.}$$

Витрата ферментного препарату San-Super 240L:

$$1,50376 \times 1,0 = 1,50376 \text{ дм}^3.$$

Об'єм води, який потрібний для приготування робочого розчину ферментного препарату:

$$1,50376 \times 10 = 15,04 \text{ дм}^3.$$

Маса розчину ферментного препарату San-Super 240L:

$$15,04 + 1,805 = 16,845 \text{ кг.}$$

						Маса розчину ферментного препарату San-Super 240L:	16,845 кг.	Адрок
Звіт	Адрок	№ розрахунку	Підпис	Дата				332

Маса ферментного препарату:

$$1,50376 \times 1,2 = 1,805 \text{ кг.}$$

Маса розчину ферментного препарату San-Super 240L:

$$15,04 + 1,805 = 16,85 \text{ кг.}$$

Приготування замісу

Для приготування замісу необхідна така кількість води:

$$2498,75 \times 3,0 = 7496,25 \text{ кг,}$$

де 3,0 – норма витрати води, кг на 1 кг помелу зерна.

Загальний об'єм води, що використовується для замісу, включає:

30% витрат становить фільтрат барди:

$$7496,25 \times 0,3 = 2248,88 \text{ кг;}$$

70% - дефлегматорна вода:

$$7496,25 \times 0,7 = 5247,38 \text{ кг.}$$

Окрім цього, в заміс додається 30% від загального об'єму розчину ферментного препарату Termamil 120L.

Сумарна маса замісу становить:

$$2498,75 + 7496,25 + 8,42 = 10003,42 \text{ кг.}$$

Загальний вміст води у замісі включає:

основну воду — 7496,25 кг,

вологу зерна — 337,33 кг,

воду, що надходить з ферментного розчину — 8,42 кг.

Отже, загальний об'єм води:

$$7496,25 + 337,33 + 8,42 = 7842,00 \text{ кг.}$$

де 337,33 — вміст води у кукурудзі, яка переробляється, кг;

де 8,42 — маса розчину ферментного препарату Termamil 120L, що вводять в заміс, кг.

Вміст сухих речовин у замісі:

$$2161,42 \times 100 / 10003,42 = 22,06 \%$$

Температура замісу

В заміс внесено тепла:

з помелом масою 2498,75 кг, температурою 20 °С і теплоємністю $c_{п} = 1,5$ кДж / (кг×град);

дефлегматорною водою масою 5247,38 кг, температурою 50 °С і

теплоємністю $c_{д.в} = 4,22$ кДж / (кг×град);

ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

Арк.

33

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

ферментним препаратом Termamil 120L масою 8,42 кг, температурою 25 °С і теплоємністю $c_{ф.п} = 4,185$ кДж/(кг×град).

Кількість тепла замісу $2498,75 \times 1,5 \times 20 + 5247,38 \times 4,22 \times 50 + 2248,88 \times 4,22 \times 90 + 8,42 \times 4,185 \times 25 = 74962,5 + 1107197,18 + 854124,62 + 880,94 = 2037165,24$ кДж.

Теплоємність замісу:

$c_з = c_{ср} \times 0,2218 + c_в \times 0,7782 = 1,74 \times 0,2218 + 4,22 \times 0,7782 = 3,67$ кДж/(кг×град),

де $c_{ср}$ і $c_в$ — відповідно теплоємність сухих речовин і води, кДж/(кг×град);

0,2218 і 0,7782 — відповідно частка сухих речовин і води в замісі, частка від 1.

Температура замісу в збірнику замісу:

$$2037165,24 / 10003,42 \times 3,67 = 55,5 \text{ °С}$$

Термоферментативна обробка замісу

Заміс перед надходженням до апарата термоферментативної обробки попередньо нагрівають у контактній головці до 90 °С за допомогою насиченої пари під тиском 400 кПа.

Витрата пари:

$$\frac{10003,42 \times 3,67 \times (90 - 55,5) \times 1,021}{2738,7 - 604,6} = 605,96 \text{ кг,}$$

де 2738,7 – ентальпія пари (тиск 400 кПа), кДж/кг ;

604,6 – ентальпія конденсату пари, кДж/кг ;

1,021 – коефіцієнт, що враховує втрати пари в навколишнє середовище.

Загальна маса замісу, що надходить з контактної головки до апарата термоферментативної обробки становить:

$$10003,42 + 605,96 = 10609,38 \text{ кг.}$$

У процесі перебування замісу в апаратах термоферментативної обробки (ТФО) відбуваються теплові втрати, зумовлені зниженням температури з 90 °С до 84–85 °С. Для забезпечення стабільного температурного режиму обробки (на рівні 90 °С) необхідно додатково подати пару під тиском 400 кПа.

$$\frac{10609,38 \times 3,67 \times (90 - 85) \times 1,04}{2738,7 - 604,6} = 94,87 \text{ кг,}$$

де 1,04 — коефіцієнт, що враховує додаткову витрату пари на підтримання під час термоферментативної обробки замісу.

Маса замісу після проходження апарата термоферментативної обробки:

$$10609,38 + 94,87 = 10704,25 \text{ кг.}$$

					Оцукрювання розрідженої маси	Арк.
					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оцукрювання розрідженої маси здійснюється безпосередньо в бродильному апараті. Перед цим розріджену масу охолоджують у спіральному теплообміннику до температури, необхідної для ефективного оцукрення.

Після процесу розрідження частину сусла, а саме 10 %, відбирають для підготовки дріжджової культури (дріжджегенерації):

$$10704,25 \times 0,1 = 1070,4 \text{ кг.}$$

Решта сусла направляється на охолодження до температури складки, знижуючи її з 85 °С до 28-30 °С.

Об'єм сусла, що подається на стадію охолодження до температури складки становить:

$$10704,25 \times 90 / 100 = 9633,83 \text{ кг.}$$

Витрати охолоджуючої води:

$$\frac{9633,83 \times 3,67 \times (56-28)}{4,22 \times (35-25)} = 23459,06 \text{ кг} = 23,46 \text{ м.}$$

У процесі охолодження температура води, що надходить у теплообмінник, становить 25 °С, а на виході — 35 °С, що враховується при розрахунках теплового балансу системи.

Для отримання 100 дал спирту витрати розбавленого ферментного препарату San-Super 240L становлять 16,84 кг.

З метою пригнічення розвитку сторонньої мікрофлори до сусла додають антисептик Полідез у кількості 20 см³ на кожен кубічний метр сусла. Таким чином, для обробки 9633,83 кг сусла необхідна така кількість антисептика:

$$0,202 \times 10 = 2,02 \text{ дм}^3.$$

Приготування виробничих дріжджів

Об'єм витрат води, необхідної для охолодження сусла в дріжджогенераторі до температури 23 °С:

$$\frac{1070,4 \times 3,67 \times (85 - 23)}{4,22 \times (30 - 23)} = 8245,05 \text{ кг} = 8,25 \text{ м}$$

Де 23 й 30 – температура охолоджуючої води на вході та виході.

У дріжджогенератор поживні добавки вносять з розрахунку на 1 м³ сусла: 0,4 кг карбаміду та 0,13 кг ортофосфорної кислоти.

У перерахунку на 100 дал спирту, для об'єму сусла 1070,4 кг вносять:

$$\text{карбамід: } 1070,4 \times 0,4 / 1000 = 0,43 \text{ кг}$$

$$\text{ортофосфорна кислота: } 1070,4 \times 0,13 / 1000 = 0,14 \text{ кг.}$$

Витрати вуглеводної сировини на синтез етилового спирту та формування біомаси в процесі культивування виробничої дріжджової культури:

Вміст спирту в дозрілій бражці складає:

$$1002,17 \times 100) / 10716,8 = 9,35 \% \text{ за об'ємом.}$$

До дозрілої бражки, яка надходить на перегонку, додають водно-спиртову суміш із спиртовловлювача, а також воду, що використовується для миття бродильних апаратів. Об'єм водно-спиртового розчину, що поступає із спиртовловлювача у бражку, залежить від його типу та зазвичай становить від 2 до 5 % від загального об'єму бражки.

Враховуючи це, загальний об'єм і маса бражки, що спрямовується на перегонку:

$$10716,8 + 10716,8 \times 4,5 / 100 + 10716,8 \times 0,5 / 100 = 11252,64 \text{ дм}^3,$$

$$10062,31 + 10062,31 \times 4,5 / 100 + 10062,31 \times 0,5 / 100 = 10565,43 \text{ кг,}$$

де 4,5 — обсяг водно-спиртової рідини із спиртовловлювача, % до об'єму бражки;

0,5 — обсяг промивної води для миття бродильних апаратів, % до об'єму бражки.

Вміст спирту в дозрілій бражці, що надходить на перегонку

$$V_{\text{с.бр.зр}} = 1002,17 \times 100 / 11252,64 = 8,91 \% \text{ об.}$$

Таблиця 4.2 – Зведена таблиця розрахунку продуктів

Продукт	Кількість продуктів на						Арк.
	100 дал безводного		добова потужність		годинна потужність		
			(12000 дал)		(500 дал)		
		спирту	ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ				
		кг	дм ³	кг	дм ³	кг	дм ³
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			37

1	2	3	4	5	6	7
Перевідний коефіцієнт для розрахунку	1	1	30	30	1,25	1,25
<i>Сировина</i>						
Очищена кукурудза	2498,75		74962,5		3123,44	
<i>Заміс</i>						
Надходить в збірник замісу помелу зерна	2498,75		74962,5		3123,44	
Вода	7496,25	2271,22	224887,5	68136,6	9370,31	2839,03
Теплої дефлегматорної води	5247,38	2248,88	157421,4	67466,27	6559,23	2811,09
Фільтрат після спиртової барди	2248,88	2248,88	67466,4		2811,1	

Витрата розчину ферментного препарату розріджуючої дії Termamil 120 L	8,42	8,25	252,6	247,5	10,52	10,31
1	2	3	4	5	6	7
Усього замісу	10003,42		300102,6		12504,3	
Концентрація сухих речовин замісу, % мас	22,06		22,06		22,06	
Термоферментативна обробка замісу						
Витрата гострої пари (P = 400 кПа) на підігрів замісу в контактній головці від 55 до 90 °С	605,96		18178,8		757,45	
Всього маси надходить в апарат ТФО-I	10609,4		31838,2		13261,8	
Додаткова витрата гострої пари (P = 400 кПа) для підтримання температури маси 90°С в апараті ТФО-II	94,87		2846,1		118,59	
Всього маси, що виходить з апарату ТФО-II	10704,25		321127,5		13380,31	
Оцукрювання під вакуумом						
Кількість замісу, що підлягає оцукрюванню	10704,25		321127,5		13380,31	
Витрата розчину ФП San-Super 240L, дм ³	16,84	15,04	505,2	51,2	21,05	18,8
Витрата розчину антисептику Полідез		0,202		6,06		0,25

1	2	3	4	5	6	7
Залишок сусла на охолодження до температури «складки»	9633,83		289014,9		12042,29	
Витрати охолоджуючої води на теплообмінник	23459,06	23459,06	703771,8	703771,8	29323,83	29323,8
Приготування дріжджів						
Витрати охолоджуючої води на охолодження сусла від 85 до 22...24 °С	8245,05		247351,5		10306,3	
Карбамід	0,43		12,9		0,54	
Ортофосфорна кислота	0,14		4,2		0,18	
Витрати вуглеводів на утворення спирту і накопичення біомаси дріжджів	141,99		4260		177,5	
Кількість утвореного діоксиду вуглецю	71,27		2138,1		89,09	
Дозріла бражка						
Діоксиду вуглецю	754,1		22623		942,63	
Кількість дозрілої бражки	10062,31	9778,7	301869,3	293361,8	12577,88	2223,4
Вміст спирту в дозрілій бражці, % об.	9,35		9,35		9,35	

Продовження табл. 4.2

						ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			39

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
<i>Спирт і продукти ректифікації</i>						
Головна фракція етилового спирту	42,68	52,60	1280,4	1578	53,35	65,75
Сивушне масло	2,84	3,40	85,2	102	3,55	4,25
Сивушний спирт	10	11,8	300,00	354	12,5	14,75
Спирт ректифікований сорту «Люкс» міцністю 96,3 % об.	763,07	966,8	22892,1	29004	953,84	1208,5
Барда	10667,67	10378,1 2	320030,1	311343	13334,5 9	12972, 6
Концентрація СР у барді, % мас.	7,83		7,49		7,49	

Продовження таб. 4.2

					<i>ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		40

5 РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Основою для розрахунку та підбору технологічного обладнання для підприємства з виробництва біоетанолу потужністю 95 т на добу є затверджена апаратурно-технологічна схема, результати розрахунку обсягів продукції, а також вимоги й рекомендації, що регламентують норми технологічного проектування.

Відділення приймання та зберігання сировини

Сировина надходить на підприємство як автомобільним, так і залізничним транспортом. Перед подачею зерна на підприємство проводиться обов'язкове зважування на залізничних вагах вантажопідйомністю 30 тонн. Розвантаження зерна з вагонів здійснюється за допомогою механізованого розвантажувального вузла.

Максимальна висота шару зерна при насипанні не повинна перевищувати 2 метри. У разі тривалого зберігання ця висота збільшується до 3 метрів у осінній період і до 4 метрів у зимовий. Межа допустимого рівня зерна в складських приміщеннях позначається спеціальною позначкою на стіні.

Для зберігання сировини на підприємстві застосовують зерновий склад місткістю 3 тонни, три силоси по 100 тонн кожен та два силоси ємністю по 180 тонн.

Автомобільні ваги

Для зважування зерна, що надходить на підприємство автотранспортом, застосовуються стаціонарні автомобільні ваги марки РС-60Ц13АС (АЦ-60С) із циферблатним індикатором. Вантажопідйомність ваг становить 30 тонн, що забезпечує можливість зважування автотранспортних засобів з максимальною масою вантажу. Ваги встановлені на бетонному фундаменті, оснащені системою калібрування та гарантують високу точність вимірювань, що є критично важливим для обліку сировини на підприємстві.

Приймальний бункер

Приймальний бункер призначений для тимчасового накопичення зерна, що надходить з автотранспорту. Місткість бункера становить 2 тонни, що дозволяє забезпечити безперервність технологічного процесу і регулювати подачу сировини до наступних етапів виробництва.

Норії

Для транспортування зерна вгору по технологічній лінії використовуються дві норії: типу НГЦ-10 та НЦ 1-50, кожна потужністю 7,5 кВт. Норії забезпечують безперервний рух зерна на необхідну висоту, зберігаючи при цьому його якість і мінімізуючи пошкодження зерен. Виготовлені вони з високоякісних матеріалів, що гарантують тривалий строк експлуатації та стійкість до зношування.

					РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підваговий бункер для зерна

Підваговий бункер має загальний об'єм 5 м³ і використовується для точного дозування зерна перед наступними операціями технологічного процесу. Двигун бункера розрахований на безперервну роботу в режимі 24 години на добу, що дозволяє підтримувати безперервність виробництва без зупинок.

Повітряно-ситовий сепаратор

Згідно розрахунків потрібно обчислити таку кількість зерна:

$$O = \Pi \times T / 24,$$

Де Π - умовна продуктивність підприємства, дал/добу;

T - кількість неочищеного зерна.

$$O = 12000 \times 2,77 / 100 / 24 = 13,85 \text{ т/год.}$$

Таблиця 5.1 – технічна характеристика повітряно-ситового сепаратора

Марка	5 CC-15 Combined Cleaner
Потужність, кг/год	14000
Габаритні розміри:	
Довжина	4600
Ширина	2500
Висота	4500

Апарат термоферментативної обробки

Апаратне обладнання має циліндричну конструкцію з конічним днищем. Загальний об'єм апаратів для головної ферментативної обробки (ГДФО) становить 48 м³. Об'єм апарату термоферментативної обробки №1 (ТФО-1) дорівнює 24 м³, при цьому діаметр апарату складає 2,75 м, а висота становить 1,5 діаметра, тобто 4,1 м. Другий апарат ТФО-2 має об'єм 12 м³, діаметр 1,4 м та висоту 2,1 м (також 1,5 діаметра). Витримка замісу у цих апаратах розрахована на 3–3,5 години.

Дріжджанки

У дріжджовому відділенні встановлено п'ять дріжджанок. Об'єм однієї з них становить приблизно 10–15 % від об'єму одного бродильного апарата. Зокрема, об'єм дріжджанки розраховано як $0,1 \times 117 = 11,7 \text{ м}^3$, що округлюється до 12 м³. Висота апарата визначається за співвідношенням $H = 1,4 \times D$, де діаметр становить близько 2,2 м, відповідно висота — 3,08 м.

Дріжджебродильне відділення

На підприємстві встановлено 12 бродильних апаратів, серед яких один виконує функцію передаточного.

$$12000 / 9,83 \times 100 = 122075,2 \text{ дал/добу бражки при } 100\% \text{ заповненні,}$$

$$\text{а на три доби: } 122075,2 \times 3 = 366225,6 \text{ дал}$$

					РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Сумарний робочий геометричний об'єм бродильних апаратів становить:
 $V_{\text{брод.ап.}} = 101729,4 \text{ дал} - 1017,294 \text{ м}^3 \text{ об'єм всіх бродильних апаратів.}$

$$V_{\text{брод.1ап.}} = 1017,294 / 11 = 93 \text{ м}^3$$

Спиртовловлювач

Таблиця 5.2 - Технічна характеристика спиртовловлювача

Внутрішній діаметр корпусу, мм	430
Число сит	3
Висота апарату, мм	5250
Площа перерізу царги, м ²	0,145
Число труб	49

Пластинчастий теплообмінник

Кількість теплоти:

$$Q = G_{\text{зам}} \times c \times (t_{\text{кін}} - t_{\text{поч}}),$$

де $G_{\text{зам}}$ – кількість замісу на охолодження;

c – теплоємність;

$t_{\text{кін}}$ – кінцева температура;

$t_{\text{поч}}$ – початкова температура.

$$Q = 10166,76 \times 1,4 \times (82 - 28) = 768607,01 \text{ кДж}$$

Поверхня теплообміну:

$$F = \frac{Q}{K \times \Delta t_c},$$

де Q - теплота навантаження, Вт;

K - коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²*К);

Δt_c - різниця температур, °С.

$$F = 768607,01 / 679 \times 30 = 38 \text{ м}^2$$

					РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 РОЗРАХУНКИ ПЛОЩ СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

Промислові споруди призначені для забезпечення умов, необхідних для реалізації встановлених технологічних процесів виготовлення продукції, а також для підвищення ефективності їх обслуговування. Кожна виробнича будівля має відповідати комплексу експлуатаційних, техніко-інженерних та архітектурно-планувальних вимог. До експлуатаційних вимог належать, зокрема, довговічність конструкцій, забезпечення необхідної вогнестійкості та надійності. Інженерно-технічні вимоги передбачають дотримання міцності та стабільності будівельних конструкцій як у цілому, так і окремих їх елементів. Економічні та нормативні вимоги регламентують об'ємно-планувальні показники, технічні параметри та вартісні характеристики проекту. Архітектурні вимоги включають доцільність оформлення інтер'єру та екстер'єру, а також раціональне застосування будівельних матеріалів у відповідності до призначення будівлі.

Об'ємно-планувальні рішення виробничих відділень

Будівля термоферментативного відділення передбачена як двоповерхова конструкція заввишки 14,4 м. Висоти поверхів відрізняються залежно від розміщення обладнання. Несуча схема реалізується за допомогою колон з кроком 6×6 м.

Дріжджебродильне відділення спроектоване як триповерхова споруда загальною висотою 18 м, з аналогічною сіткою колон – 6×6 м. Об'ємно-планувальні параметри кожної будівлі узгоджені з вимогами до розміщення апаратурно-технологічного обладнання та забезпечують зручність експлуатації, обслуговування й можливість технологічної модернізації.

Розрахунок складу готової продукції

При проектуванні технологічного складу для зберігання готової продукції передбачено визначення необхідної місткості резервуарного парку та кількості резервуарів для зберігання етилового спирту, головної фракції та сивушного масла. Розрахунок виконується з урахуванням добової та сезонної продуктивності заводу, режимів накопичення і відвантаження готової продукції, а також нормативів безпеки й охорони праці.

Загальний об'єм резервуарів:

$$V = V_{\text{доб}} \cdot \tau / (\varphi \cdot 100),$$

де $V_{\text{доб}}$ – добове виробництво спирту, дал;

τ – час зберігання спирту, доб;

φ – коефіцієнт заповнення резервуара, який рівний 0,95.

					РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V=12000*14 / (0,95*100)= 1768 \text{ м}^3.$$

Один резервуар для зберігання має об'єм від 50 до 500 м³. У відпускнуому відділенні встановлюють спеціальні мірники, кількість яких визначають залежно від того, скільки часу відводиться на завантаження та скільки залізничних цистерн потрібно обслуговувати одночасно. Ці мірники призначені для контролю та відпуску спирту, головної фракції та сивушного масла.

					РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

7. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІ

7.1 Основи системи управління якістю та безпекою харчової продукції

Система управління якістю та безпекою харчової продукції становить невід'ємну складову сучасного виробничого процесу, зокрема у таких галузях, як виробництво етилового спирту. Її впровадження забезпечує відповідність продукції чинним стандартам якості та безпеки, що має ключове значення як для збереження здоров'я споживачів, так і для забезпечення конкурентоспроможності підприємства на ринку.

Управління якістю ґрунтується на низці базових принципів, серед яких: орієнтація на споживача, лідерство, залучення персоналу, процесний та системний підходи до управління. Орієнтація на споживача передбачає ідентифікацію його потреб та очікувань і забезпечення відповідності продукції цим вимогам з метою досягнення високого рівня задоволеності. Принцип лідерства полягає у формуванні єдиного стратегічного вектору розвитку організації, мотивації персоналу та створенні умов для досягнення поставлених цілей. Залучення працівників акцентує увагу на їхній ролі у функціонуванні системи якості, підвищенні компетенцій і активній участі у процесах прийняття рішень. Процесний підхід передбачає розгляд усіх виробничих і управлінських дій як взаємопов'язаних процесів з чітко визначеними вхідними та вихідними параметрами. Системний підхід полягає у встановленні, взаємному узгодженні та ефективному управлінні всіма процесами підприємства як єдиною цілісною системою, що сприяє досягненню стратегічних цілей у сфері якості.

Щодо системи управління безпекою харчової продукції, яка базується на принципах НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points), то її структура включає: аналіз небезпек, визначення критичних контрольних точок (ССР), встановлення критичних меж, організацію систем моніторингу, розроблення коригувальних дій, проведення процедур верифікації, а також ведення документації та записів. Аналіз небезпек передбачає ідентифікацію потенційних біологічних, хімічних або фізичних чинників, що можуть становити загрозу безпеці продукції, та формування заходів щодо їх контролю. Критичні контрольні точки — це етапи виробничого процесу, де можливий контроль є необхідним для попередження або усунення небезпеки. Встановлення критичних меж означає визначення допустимих значень для кожної контрольної точки, перевищення яких вимагає негайного втручання. Системи моніторингу забезпечують постійний контроль стану кожного ССР. У випадку виявлення відхилень впроваджуються коригувальні дії, спрямовані на відновлення контрольованих параметрів. Верифікація передбачає регулярне оцінювання ефективності функціонування системи НАССР,

					КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

зокрема шляхом проведення внутрішніх аудитів. Завершальним елементом є документування всіх процедур, записів і результатів, що є необхідною умовою для простежуваності та постійного вдосконалення системи.

Для спиртового заводу потужністю 10,000 дал умовного спирту-сирцю на добу впровадження системи управління якістю та безпечністю харчової продукції є ключовим аспектом досягнення високих стандартів виробництва. Це включає проектування відділень приготування замісу, термоферментативної обробки та процес зброджування суслу із застосуванням сучасних технологічних рішень та впровадженням енергозберігаючих підходів спрямований на підвищення загальної ефективності виробництва. Забезпечення якості та безпечності продукції здійснюється на всіх етапах технологічного процесу, включаючи визначення й контроль критичних контрольних точок на стадіях підготовки замісу, технологічної обробки та безпосереднього зброджування. Безперервне вдосконалення виробництва передбачає систематичний перегляд та оптимізацію чинної системи управління якістю та безпечністю, зокрема шляхом аналізу виробничих показників і впровадження механізмів зворотного зв'язку від кінцевих споживачів для подальшого поліпшення характеристик готової продукції.

Інтеграція систем управління якістю та безпечністю харчової продукції у виробничий процес сприяє підвищенню стабільності якості продукції, зниженню її собівартості та зміцненню конкурентних позицій підприємства на ринку. Застосування таких підходів забезпечує високий рівень технологічної надійності й санітарної безпечності при виробництві етилового спирту, що є необхідною умовою для досягнення галузевих стандартів на національному та міжнародному рівнях.

7.2 Технохімічний і мікробіологічний контроль виробництва та його метрологічне забезпечення

Для забезпечення високої якості продукції необхідне впровадження систематичного технохімічного контролю. Під цим поняттям розуміють комплексну оцінку фізико-хімічних властивостей та хімічного складу сировини, напівпродуктів і допоміжних матеріалів, які використовуються у виробничому процесі, а також контроль відповідності отриманих результатів нормативним вимогам, установленим у відповідних стандартах.

Безперервний технохімічний контроль дозволяє підтримувати оптимальні параметри технологічного процесу, своєчасно виявляти і усувати відхилення від регламентованих режимів, а також запобігати втратам і зниженню якості продукції на всіх стадіях виробництва.

					КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Він передбачає визначення комплексу індикаторів, які формують об'єктивну та повну картину стану продукту за результатами лабораторних аналізів і показниками контрольно-вимірювальних приладів.

Одним із ключових завдань, що покладаються на службу технохімічного контролю, є моніторинг перебігу технологічного процесу, контроль якості вхідної сировини та кінцевої продукції. Визначальне значення у цьому процесі мають застосовувані аналітичні методики, які повинні забезпечувати високу точність, достовірність і повторюваність результатів. На основі отриманих даних проводиться коригування технологічного режиму, визначаються шляхи усунення виявлених недоліків, мінімізуються втрати, а також запобігається випуску неякісної продукції.

Технохімічний контроль виконує не лише функцію фіксації дефектів готової продукції, але й є дієвим інструментом їх попередження та усунення причин браку на усіх етапах технологічного процесу.

Технохімічний контроль передбачає мету здійснювати контроль якості сировини і матеріалів не тільки в момент надходження, але і періодично при тривалому зберіганні на складах. При цьому стежать за такими параметрами технологічного процесу, як температура, рН середовища, масова частка сухих речовин і вологи, відносна щільність, кислотність.

Технохімічний контроль передбачає наступні функції:

- Контроль якості сировини та допоміжних матеріалів, необхідні для визначення вмісту в них цінних речовин і небажаних домішок;
- Контроль якості напівпродуктів, необхідний для контролю за ходом і регулюванням технологічних процесів;
- Контроль готової продукції, необхідний для оцінки якості всієї партії продукту та його відповідності вимогам діючих державних стандартів;
- Контроль відходів виробництва, необхідний встановлення втрат цінних речовин з метою їх утилізації;

Контроль санітарного стану виробничих приміщень, обладнання, тари та інвентарю з мета виявлення сторонніх мікроорганізмів, що викликають втрати і зниження якості продукції.

Схема технологічного і мікробіологічного контролю представлена в таблиці 7.1.

					КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Таблиця 7.1 - Схема технохімічного і мікробіологічного контролю технологічних процесів

Об'єкт-контролю	Місце відбору проби	Контрольований-показник одиниця виміру	Метод контролю	Норма або техно-логічнийпоказник	Періодичність відбору проби	Відповідальний за проведення аналізу
1	2	3	4	5	6	7
Зерно, що поступає на виробництво	Від кожної партії	Колір	Органолептичний	Сіро-зелений, світло-жовтий	1 раз на зміну	Хімік по сировині
	Від кожної партії	Запах	Органолептичний	без затхлого, солодового, пліснявого, сторонніх запахів	1 раз на зміну	Хімік по сировині
	Від кожної партії	Смак	Органолептичний	Чистий, зерновий, без сторонніх присмаків	1 раз на зміну	Хімік по сировині
	Середньодобова проба	Натура, г	Визначення маси 1дм ³ зерна	не менше660 г/дм ³	1 раз на зміну	Хімік по сировині
	В зерні, що поступає на виробництво	Засміченість, %	Перебирання з наступним зважуванням	не більше6,0	1-2 рази на зміну	Хімік по сировині

Продовження таблиці 7.1

1	2	3	4	5	6	7
	В зерні, що поступає на виробництво	Вологість, %	Висушування до постійної маси	не більше 14,5	1-2 рази на зміну	Хімік по сировині
	В зерні, що поступає на виробництво	Крохмалистість, %	Поляриметричний метод Еверса	Не більше 70	1-2 рази на зміну	Хімік по сировині
	В зерні, що поступає на виробництво	Зараженість, %	ДСТУ 4522:2006	I сорт- 1-5 II сорт 6-10	1 раз на зміну	Хімік по сировині
Подрібнення	Після дробарки	Якість подрібнення, %	Просіювання- крізь сито 1 мм	90	2-3 рази на зміну	Хімік
Заміс	Пробовідбірник на чанку замісу	Температура, °С	Термометром	55-60	5 раз на зміну	Хімік
Розрідження заміс	Переточна труба	Температура, °С	Термометром	70-75	5 раз на зміну	Хімік
		Розрідження	Проба на йод	Темно-коричневе	5 раз на зміну	Хімік
Сусло	Після теплообмінника	СР, %	Цукромір	20,4	4 рази на зміну	Хімік
		Кислотність	Титрування	0,02	4 рази на зміну	Хімік
		Повнота оцукрення	Проба на йод	Жовтий	4 рази на зміну	Хімік
		Величина рН	рН-метром	5,5-6,0	4 рази на зміну	Хімік
Дріжджі в період розміщення	Дріжджанка	Видима густина, % СР	Аерометр	Залежно від тривалості	2-3 рази на зміну	Хімік
	Дріжджанка	Кислотність, град	Титруванням	Така як в дріжджевому суслі	2-3 рази на зміну	Хімік
Виробничі дріжджі	Дріжджанка	Видима густина, % СР	Аерометр	1/3 початкової концентрації дріжджевого сусла	перед випуском в БА	Хімік
	Дріжджанка	Кислотність, град	Титруванням	Така як в дріжджевому суслі	перед випуском в БА	Хімік
	Дріжджанка	Кількість дріжджових клітин	Підрахунок в камері Горяєва	Не менше 130-150 млн. в 1 см ³	перед випуском в БА	Хімік
КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	50	

1	2	3	4	5	6	7
	Дріжджанка	Мікробіологічний стан	Мікроскопіювання	Клітина містить глікоген, брунькуючі клітини, кількість мертвих клітин не більше 3%	перед випуском в БА	Хімік
Бражка в процесі бродиння	Бродильний апарат	Видима густина, % СР	Аерометр	Залежно від тривалості бродиння	2-3 рази в зміну з кожного БА	Хімік
	Бродильний апарат	Кислотність, град	Титруванням	не повинен перевищувати 0,2° за період бродиння	2-3 рази в зміну з кожного БА	Хімік
Дозріла бражка	Бродильний апарат, який іде на згонку	Видима густина, % СР	Аерометр	20	В кожному бродильному апараті перед згонкою	Хімік
	Бродильний апарат, який іде на згонку	Кислотність, град	Титруванням	0,2	В кожному бродильному апараті перед згонкою	Хімік
	Бродильний апарат, який іде на згонку	Концентрація спирту об, %	В дистилляті після перегонки	9,6	В кожному бродильному апараті перед згонкою	Хімік
	Бродильний апарат, який іде на згонку	Незбродженийцукор г/100 см ³	Колориметричний метод з антроном	Не більше 0,45	В кожному бродильному апараті перед згонкою	Хімік
	Бродильний апарат, який іде на згонку	Нерозчинний крохмаль, %	ФЕК	Не більше 0,1	В кожному бродильному апараті перед згонкою	Хімік
Промивна вода спиртовловлювача	Спиртовловлювач	Вміст спирту, об%	Скляний ареометр	1,5-2,0	1 раз в зміну	Хімік

Закінчення таблиці 7.1
КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Арк.

51

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Таблиця 7.2 - Метрологічне забезпечення технологічного процесу

№	Стадії технологічних параметрів, що потребують контролю	Найменування засобів вимірювання, заводське устаткування (позначення, стандарт або технічні умов	Межі вимірювання	Клас точності, допустимі похибки
1	2	3	4	5
1	Натура зерна, г/дм ³	Ваги електронні ТВЕ-2,1-0,01-а	0–500 г	0,001 г
2	Вологість зерна	Сушильна шафа СП-100С Ваги електронні ТВЕ-2,1-0,01-а	0–350 ° 0–500 г	± 0,1 %
3	Концентрація замісу та бражки, %	Ареометри загального призначення АОМ – 2 та інші забезпечуючі та вимірювальні прилади за вказаними метрологічними параметрами	0–30 %	0,01 %
4	Визначення температури бродіння	Електроконтактні термометри	0–100°С	±0,1°С
5	Об'ємна частка спирту, % об	Ареометри загального призначення	1,2–1,7	0,2

					КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

8 СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТА ЕНЕРГО- І РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

Система екологічного управління виступає невід'ємною складовою сучасної виробничої діяльності, особливо в галузі виробництва етилового спирту. Її основною метою є мінімізація негативного антропогенного впливу на навколишнє середовище та раціональне використання природних ресурсів. Ключовими компонентами цієї системи є енергозбереження й ресурсоефективність, які не лише сприяють зменшенню екологічного навантаження, а й підвищують загальну ефективність виробництва та знижують експлуатаційні витрати.

Екологічна політика підприємства формулює стратегічні напрямки і принципи екологічної діяльності, передбачаючи зобов'язання щодо дотримання чинного природоохоронного законодавства та постійного покращення екологічних показників.

Ідентифікація та оцінка екологічних аспектів включає аналіз виробничих процесів з метою виявлення джерел забруднення (викидів у повітря, скидів у водне середовище, утворення відходів, забруднення ґрунтів) та визначення ступеня їхнього впливу на довкілля.

Формулювання екологічних цілей і завдань передбачає розробку конкретних заходів відповідно до принципу SMART (конкретність, вимірюваність, досяжність, реалістичність, визначеність у часі) для покращення екологічної ефективності підприємства.

Контроль та моніторинг здійснюється з метою постійної оцінки екологічних параметрів і забезпечення відповідності як встановленим внутрішнім цілям, так і нормативним вимогам природоохоронного законодавства.

Навчання персоналу охоплює заходи з підвищення обізнаності працівників щодо екологічних аспектів їх діяльності та формування компетентності у сфері зменшення впливу виробництва на довкілля.

Документування та звітність забезпечують простежуваність екологічної діяльності через ведення обліку, складання звітів і аналіз динаміки ключових показників.

Раціональне використання енергоресурсів передбачає впровадження енергоощадного обладнання, автоматизацію технологічних процесів та зниження питомого енергоспоживання на одиницю продукції.

Управління водними ресурсами включає застосування замкнених систем водопостачання, очищення стічних вод та повторне використання води у виробничих циклах.

					СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТА ЕНЕРГО- І РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Залучення персоналу до заходів з енергозбереження є важливим чинником успішного функціонування системи екологічного управління. Активна участь працівників сприяє підвищенню їхньої екологічної обізнаності та формуванню культури раціонального використання ресурсів на підприємстві.

Для спиртового заводу з потужністю 10 000 дал умовного спирту-сирцю на добу впровадження системи екологічного управління та реалізація енерго- і ресурсозберігаючих заходів охоплює такі напрямки:

- Імплементация системи управління навколишнім середовищем (EMS) відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 14001 з подальшим проведенням регулярних аудитів для оцінки її ефективності.

- Використання енергоощадного обладнання та сучасних технологічних рішень на етапах приготування замісу, термоферментативної обробки сировини й зброджування сусла, що дозволяє суттєво знизити споживання енергоресурсів.

- Оптимізація водогосподарського комплексу, зокрема за рахунок повторного використання фільтрату барди та дефлегматорної води, що сприяє зменшенню обсягів водозабору та обсягів стічних вод.

- Використання відновлювальних джерел енергії, зокрема біогазу, утвореного внаслідок анаеробної переробки виробничих відходів, як альтернативного джерела енергії.

- Організація системи роздільного збору та утилізації відходів, спрямована на зменшення негативного впливу на довкілля та підвищення рівня вторинного використання матеріальних ресурсів.

- Підвищення екологічної культури персоналу через участь у програмах енергозбереження, професійне навчання і поширення кращих практик з ефективного використання природних ресурсів.

Застосування зазначених заходів у межах інтегрованої системи екологічного управління сприяє не лише зниженню екологічного навантаження на навколишнє середовище, а й забезпечує підвищення енергоефективності виробництва, зниження собівартості продукції та загалом сприяє сталому розвитку підприємства.

					СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТА ЕНЕРГО- І РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9 ЗАХОДИ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗПЕЧНИХ УМОА ПРАЦІ НА ВИРОБНИЦТВІ

Забезпечення безпечних умов праці є пріоритетним завданням системи охорони праці в усіх галузях народного господарства. Основною метою є збереження життя та здоров'я працівників шляхом упровадження комплексу організаційно-технічних і профілактичних заходів. Одним із ключових елементів цієї системи є навчання з питань охорони праці, яке здійснюється відповідно до вимог "Про затвердження типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці та Переліку робіт з підвищеною небезпекою", затверджених наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці №15 від 26.01.2005 року та погоджених з Міністерством юстиції України.

На підприємствах спиртової галузі всі працівники, незалежно від їхньої посади чи професійного досвіду, зобов'язані пройти попереднє навчання та інструктаж з безпечних методів і прийомів виконання робіт.

Дотримання вимог охорони праці при експлуатації обладнання, веденні технологічних процесів, а також виконання правил пожежної безпеки є необхідними умовами для забезпечення стабільного функціонування підприємства і мінімізації виробничого травматизму. Недотримання таких вимог може призвести до нещасних випадків, порушень у роботі підприємства та загрози життю й здоров'ю працівників. У межах кваліфікаційної роботи запропоновано комплекс заходів, спрямованих на створення безпечного виробничого середовища та попередження виробничого травматизму й професійних захворювань.

Санітарно-гігієнічні умови праці

Організація санітарного контролю на підприємстві здійснює моніторинг впливу умов виробничого середовища на здоров'я та працездатність працівників. Санітарна служба розробляє і впроваджує профілактичні, санітарно-гігієнічні й лікувально-профілактичні заходи, а також здійснює контроль за їх виконанням у межах державного санітарного нагляду.

До повноважень санітарної служби належить також попередження забруднення навколишнього середовища, зокрема ґрунтів, повітря та водних ресурсів шкідливими викидами підприємства, а також участь в організації заходів, спрямованих на профілактику захворювань серед працівників.

Відповідно до чинних санітарних норм і правил, до основних факторів, що нормуються для забезпечення належних умов на робочому місці, належать:

					СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТА ЕНЕРГО- І РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

- повітря робочої зони (мікроклімат; загазованість; запиленість);
- шум;
- вібрація;
- освітленість;
- випромінювання (радіаційні, магнітні, ядерні);
- забезпечення санітарно-побутовими приміщеннями.

Крім санітарних норм існують правила безпеки, що в залежності від конкретних показників виробництва також нормують:

- пожежна безпека;
- електробезпека.

Санітарний стан приміщень є визначальним для культури виробництва для якості продукції. Приміщення повинні бути сухими, світлими, з достатнім обміном повітря.

Мікроклімат Нормування мікроклімату здійснюються у відповідності з ДСН 3.36-42-99.

Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

Комфортні параметри виробничого мікроклімату (температура, відносна вологість, швидкість руху повітря) для кожного конкретного випадку визначаються в нормативному документі — Системі стандартів безпеки праці (СБП) ГОСТ 12.1.005-88 і є обов'язковим для всіх виробництв.

У відділенні підготовки сировини до зброджування на робочому місці зварника умови мікроклімату повинні бути:

у теплий період оптимальною вважається $t=21-23^{\circ}\text{C}$, допустима на постійних робочих місцях — $27-30^{\circ}\text{C}$, відносна вологість оптимальна 40–60%, допустима 75%, швидкість руху повітря оптимальна 0,3 м/с, допустима 14 м/с;

в холодний період оптимальною вважається $t=17-23^{\circ}\text{C}$ на постійних робочих місцях, на непостійних робочих місцях — $15-24^{\circ}\text{C}$, відносна вологість оптимальна 40–60%, допустима 75%, швидкість руху повітря оптимальна 0,2 м/с, допустима 0,3 м/с.

До робочого місця оператора процесу бродіння у відділення дріжджебро-діння сула (категорія робіт II-а) ставляться такі допустимі параметри мікроклімату:

в холодний період $17-23^{\circ}\text{C}$, допустима відносна вологість 75%, допустима швидкість руху повітря 0,3 м/с;

					СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТА ЕНЕРГО- РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- в теплий період допустимою на постійних робочих місцях температура 27–30°C, допустима відносна вологість 75%, допустима швидкість руху повітря 0,4 м/с.

До робочого місця оператора процесу брагоректифікації у відділенні БРУ вимоги мікроклімату такі:

- в холодний період оптимальною вважається температура 18–20°C; допустимою на постійних робочих місцях 17–23°C, відносна вологість оптимальна 40...60%, допустима 75%, швидкість руху повітря оптимальна 1,2 м/с, допустима 0,3 м/с;
- в теплий період оптимальною вважається температура 21–23°C, допустимою на постійних робочих місцях 27–30°C, відносна вологість оптимальна 40–60% , допустима 75% , швидкість руху повітря оптимальна 1,3 м/с, допустима 0,4 м/с

Загазованість

Діоксид вуглецю виділяється на стадії зброджування сусла у бродильному відділенні спиртового заводу. CO₂ із бродильних апаратів надходить в спиртовловлювач, де вивільняється від спирту, а потім - у вуглекислотний цех, де діоксид вуглецю після очищення, сушіння та стиснення розливають у балони або у спеціальні ємності.

Максимальний вихід зрідженого діоксиду вуглецю складає 4,5 т/1000 дал спирту. Величина ГДК його у повітрі робочої зони 0,5% по об'єму.

Таблиця 9.1 - Шкідливості у повітрі робочої зони

айменування приміщення виробництва	айменування професій	Шкідливості у повітря робочої зони			група виробничих процесів за СніП 2.09.04-87	Санітарна характеристика вибничого процесу
		менування	ас небезпек ГОСТ 1.005-	еличина ГДК мг/м ³		
відділення підготовки сировини до бродіння	ператор відділення	л зервий, плоділення	III	4	2а	роцеси, що проходять з надлишками явного конвекційного тепла
бродильне відділення	ператор відділення	олога, оксид вуглецю	IV	% по об'єму	2в	роцеси, що проходять з надлишком тепла, пов'язані з впливом вологості, що спричиняють намокання спецодягу

Запиленість

У відділенні підготовки зерно до розварювання при його очищенні та здрібненні виділяється зерновий пил. Тому в даному приміщенні шкідливими факторами є зерновий пил.

Місця збору пилу є шкідливими для здоров'я і небезпечними для життя, оскільки зерновий пил може загорятися і вибухати. Кожен агрегат для чистки і подрібнення сировини і транспортні засоби, які відносяться до всього необхідно під'єднати до загальної системи обезпилювання.

Транспортне устаткування підроблювальних цехів, яке здійснює пил, повинно бути герметизовано або замкнене у закриті кожухи і споряджено місцевими відсмоктувачами з наступним очищенням повітря від пилу. ГДК зернового пилу у повітрі робочої зони 4 мг/м³. Клас небезпечності — 3-й. При роботі в умовах виділення пилу робочі повинні користуватися захисними окулярами, протипиловими респіраторами, комбінезонами.

Для варильного, бродильного та брагоректифікаційного відділень запиленість не нормується.

Шум

Нормування рівнів шуму здійснюється відповідно з ДСН 3.3.6-37-99. Гранично допустимий рівень (ГДР) шуму на постійних робочих місцях не повинен перевищувати 80 дБА. ГДР на робочих місцях необхідно знижувати в залежності від важкості та напруженості праці.

Джерелом шуму у відділеннях є дробарка, насоси, колектори. Захист від шуму досягається розробкою шумобезпечної техніки, застосуванням засобів і методів індивідуального і колективного захисту, будівельно-акустичними методами. Засоби колективного захисту діляться стосовно джерела шуму:

- понижуючі шум у джерелі виникнення (найбільше ефективно); понижуючі шум на шляхах його поширення.
- засоби індивідуального захисту: навушники, вушні вкладки, шлемофони, каски.

Електробезпека

Багато нещасних випадків відбувається при обслуговуванні найбільш поширеного електрообладнання, розрахованого на напругу 127–380 В. технічні засоби електробезпеки включають: ізоляцію струмопровідних частин, захисне занулення, заземлення, захисне вимикання, вирівнювання потенціалів, малу напругу, електричне розділення, запобіжну сигналізацію, загороджувальні пристрої, знаки безпеки, засоби індивідуального захисту, блокування тощо.

					СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТА ЕНЕРГО- РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

З метою захисту працюючих від дії електричного струму застосовують засоби і способи захисту, які передбачені правилами «Правила улаштування електроустановок» (ПУЕ) та «Правилами техніки безпеки електроустановок для споживачів».

Згідно з ПУЕ приміщення відносять : підробне — до зони класу В-ІІ а; варильне — це сире приміщення, заходи електробезпеки:

- обов'язкове заземлення всього обладнання, що живиться електричним струмом;
- спектричне освітлення здійснюється напругою 127/220 В при обов'язковому становленню світильників загального освітлення на висоті не нижче 5 м; застосування системи захисного відключення електричного струму; ремонт та профілактика машини здійснюється тільки при відключеному електричному живленні.

Приміщення цеху обладнується спеціальними знаками безпеки; торкатися руками до обірваних та оголених проводів електромережі; при прибиранні пилу з електроспоживачів, обов'язково вимикати їх від електромережі.

В приміщеннях категорії А, Б, В за вибухопожежною та пожежною небезпекою повинна забезпечуватися електростатична іскробезпека.

Пожежна безпека

Причинами пожеж та вибухів на підприємстві є порушення правил і норм пожежної безпеки, невиконання Закону "Про пожежну безпеку".

Варильне відділення, дріжджебродильне відділення відноситься по вибухопожежної небезпеці до категорії приміщення будівель згідно ОНТП 1-86 Д. До категорії А — відділення брагоректифікації та спиртоприймальне. Горючий пил, здатний утворювати вибухонебезпечні суміші під час аварій несправностей, визначає категорію вибухопожежної і пожежної небезпеки приміщення підробки сировини — Б. До категорії В — зерносклади, лабораторія.

Протипожежні заходи вимагають: будівлі повинні бути не нижче 2-ї степені вогнетривкості, повна забезпеченість евакуації людей в разі необхідності, а дверях встановлені таблички «Вихід»

					СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТА ЕНЕРГО- І РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

За стан пожежної безпеки на підприємстві відповідають її керівники, начальники цехів, майстри та інші керівники. На підприємствах існує два види пожежної охорони: професійна і воєнізована.

Всі виробничі приміщення забезпечені первинними засобами пожежегасіння до яких відносяться: вогнегасники; пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного матеріалу, ящики з піском, бочки водою, пожежні відра, совкові лопати); пожежний інструмент (лампи, гаки, сокири тощо). Вибір тих чи інших способів та засобів гасіння пожеж визначається в кожному конкретному випадку залежно від стадії розвитку пожежі, масштабів загорянь, особливостей горіння речовин та матеріалів. Вода — найбільш дешева та поширена вогнегасна речовина.

Інертні гази (вуглекислота, азот, аргон, тощо) особливо доцільно застосовувати тоді, коли застосування води може викликати вибух або поширення горіння, або ж пошкодження апаратури, обладнання, цінностей.

					СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТА ЕНЕРГО- І РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

виробництвом. Крім того, було приділено увагу питанням охорони праці, зниження ризику виробничого травматизму, впливу шкідливих факторів на персонал. Передбачено системи вентиляції, локалізації пожежогасіння. Важливо також, що впровадження таких технологій дає змогу зменшити вплив виробництва на довкілля, завдяки очищенню стічних вод, переробці побічних продуктів та зниженню викидів парів в атмосферу. Це відповідає сучасним екологічним стандартам та концепції сталого розвитку промисловості.

Таким чином, розроблена технологічна схема забезпечує високу ефективність переробки крохмалевмісної сировини, зменшення енергоспоживання, екологічну безпеку та стабільну роботу виробництва. Проект відповідає сучасним тенденціям розвитку біоетанольної галузі й може бути успішно реалізований на практиці для створення конкурентоспроможного енергоресурсного підприємства.

					<i>ВИСНОВКИ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		62

СПИСКИ ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Державні санітарні норми та правила. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною : ДСанПіН 2.2.4-171-10. – Введ. 2010-05-12. – К. : Держспоживстандарт України, 2010. – 42 с.
2. Кукурудза. Технічні умови : ДСТУ 4525:2006. – Введ. 2009-09-12. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 21 с.
3. Фракція головна етилового спирту : ДСТУ 7402:2013. – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2013. – 10 с.
4. Масло сивушне : ДСТУ 7940:2015. – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2015. – 9 с.
5. Технологічна інструкція одержання бражок з крохмалевмісної сировини з використанням ферментних препаратів фірми «Даніско». – Затв. Мінагрополітики України 01.12.2011. – К. : Укрспиртбіопрод, 2011. – 38 с.
6. Технологічний регламент виробництва спирту із крохмалевмісної сировини. – Затв. Мінагрополітики України 01.12.2000. – К. : Укрспиртбіопрод, 2001. – 144 с.
7. Домарецький В. А., Мелетьєв А. Є., Куц А. М., Гречко Н. Я. Технологія галузі : метод. вказівки до курсової роботи. – К. : НУХТ, 2011. – 36 с.
8. Кравченко В. М., Сорока С. І., Савченко Л. М. Біоетанол як альтернативне джерело енергії // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та енергетика в АПК. – 2020. – №4(45). – С. 69–74.
9. Куц А. М., Кошова В. М. Технологія бродильних виробництв : конспект лекцій. – К. : НУХТ, 2011. – 156 с.
10. Маринченко В. О., Куц А. М., Шиян П. Л. та ін. Технологія спирту. – Вінниця : Поділля-2000, 2003. – 496 с.
11. Маринченко В. О., Куц А. М., Шиян П. Л. та ін. Технологія спирту, лікеро-горілчаних напоїв та дріжджів у задачах і прикладах : навч. посіб. – К. : НУХТ, 2015. – 354 с.
12. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту для студентів спеціальності 181 «Харчові технології» освітнього ступеня «бакалавр» усіх форм навчання / уклад. : В. Г. Юрчак, В. М. Кошова, В. І. Бабенко, О. І. Гашук, О. О. Євтушенко, Н. П. Івчук, Т. І. Іщенко, С. Й. Крижановський, В. М. Махинько, А. Г. Пухляк, Ю. М. Резніченко, З. М. Романова, В. М. Сидор, Н. М. Ющенко. – К. : НУХТ, 2017. – 45 с.
13. Проектування підприємств галузі : конспект лекцій / З. М. Романова, М. В. Карпутіна. – К. : НУХТ, 2009. – 62 с.
14. Шиян П. Л., Прибильський В. Л., Куц А. М. та ін. Курсове і дипломне проектування : метод. рек. щодо складання принципів і апаратурно-технологічних схем та умовно-графічних зображень. – К. : НУХТ, 2012. – 39 с.

					СПИСКИ ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

15. Шиян П. Л., Сосницький В. В., Олійнічук С. Т. Інноваційні технології спиртової промисловості : теорія і практика : монографія. – К. : Асканія, 2009. – 424 с.

					<i>СПИСКИ ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		64