

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

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

«До захисту в ЕК»

Директор ННІХТ

\_\_\_\_\_ О.В. Кочубей-Литвиненко  
(підпис)

« » червня 2020 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри БПБВ

\_\_\_\_\_ А.М. Куц  
(підпис)

« » червня 2020 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 брагоректифікаційного відділення спиртового заводу потужністю 3500 дал спирту на добу з впровадженням ресурсо- та енергозберігаючих технологій**

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ТБ-4-8

Грибніченко Юрій Сергійович

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник

Мудрак Тетяна Омелянівна

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент

Сидор В. М.

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ – 2020 р

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра біотехнології продуктів бродіння та виноробства

Освітній рівень – «бакалавр»

**Спеціальність** – 181 «Харчові технології»

**Освітньо-професійна програма** – «Харчові технології та інженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри біотехнології  
продуктів бродіння і виноробства

\_\_\_\_\_ А.М. Куц

02 березня 2020 року

## **З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ**

Грибініченку Юрію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Проект брагоректифікаційного відділення спиртового заводу потужністю 3500 дал спирту на добу з впровадженням ресурсо- та енергозберігаючих технологій

Керівник проекту Мудрак Тетяна Омелянівна, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу 16 березня 2020 року №231-КС

2. Строк подання студентом проекту 01 червня 2020 р.

3. Вихідні дані до проекту \_\_\_\_\_

1. Норми технічного проектування

2. Матеріали, зібрані під час переддипломної практики

3. Сировина для виробництва спирту: кукурудза крохмалистістю 65,8% та вологістю 14 %.

4. Передбачити виробництво ректифікованого спирту «Люкс» міцністю 96,3% об. із застосуванням термотолерантних дріжджів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Титульний аркуш. Завдання на проектування. Анотація. Зміст. Вступ. 1. Структура підприємства та режими його роботи. 2. Вибір і обґрунтування способів та 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. Технохімічний і мікробіологічний контроль виробництва. 8. Заходи щодо забезпечення умов промсанітарії. 9. Інженерні системи та енергетичне господарство. 10. Заходи щодо енерго- та ресурсозабезпечення. 11. Будівельна частина. 12. Екологічна частина. 13.

Охорона праці. Загальні висновки та рекомендації. Список використаної літератури.

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

Апаратурно-технологічна схема – 1 аркуш.

Плани і розрізи – 2 аркуші

Демонстраційний плакат 1 – аркуш

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання 02 березня 2020 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Структура підприємства та режими його роботи	27.04.20-08.05.20	
2.	Вибір і обґрунтування способів і режимів		
3.	Характеристика проектованої продукції, сировини, основних і допоміжних матеріалів		
4.	Технологічні розрахунки	10.05.20-14.05.20	
5.	Розрахунки та підбір технологічного обладнання		
6.	Розрахунки площ складських приміщень.		
	<b>1-а атестація</b>	<b>15.05.20</b>	
7.	Викреслювання апаратурно-технологічної схеми	16.05.20-21.05.20	
8.	Оформлення креслень з планів та розрізів і погодження їх з консультантом		
9.	Технологічний і мікробіологічний контроль виробництва	22.05.20-24.05.20	
10.	Заходи щодо забезпечення умов промсанітарії		
11.	Інженерні системи та енергетичне господарство		
12.	Заходи щодо енерго- та ресурсозбереження	25.05.20-27.05.20	
13.	Будівельна частина		
14.	Екологічна частина		
15.	Охорона праці		
16.	Науково-дослідна робота (за наявності)	28.05.20-30.05.20	
17.	Оформлення пояснювальної записки		
	<b>2-а атестація</b>	<b>31.05.20</b>	
18.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	01.06.20-06.06.20	
19.	Попередній розгляд проекту на кафедрі		
20.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	07.06.20-10.06.20	
21.	Захист проекту в ЕК		

Здобувач

\_\_\_\_\_

( підпис )

**Ю.С. Грибніченко**

Керівник проекту

\_\_\_\_\_

( підпис )

**Т.О. Мудрак**

## АНОТАЦІЯ

У даній кваліфікаційній роботі було розроблене брагоректифікаційне відділення спиртового заводу з впровадженням ресурсо- та енергозберігаючих технологій.

Були досліджені всі основні моменти проектування, такі як: розрахунки та підбір технологічного обладнання, розрахунки площ складських приміщень, заходи щодо енерго- та ресурсозбереження та питання про екологію.

Також були проведені розрахунки спиртового виробництва, представлені об'єми продуктів та відходів. Розроблена апаратурно-технологічна схема, розрізи та плани приміщень і також був проаналізований техно-хімічний та мікробіологічний аналіз.

Кваліфікаційна робота складається з 78 аркушів формату А4, графічна частина – А1, демонстраційний плакат, 4 аркуша.

Ключові слова: кваліфікаційна робота, бражка, барда, діоксид вуглецю, м'яса, спирт етиловий ректифікований, ректифікація.

					АНОТАЦІЯ	Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## SUMMARY

In this qualification work, a distillation unit was developed for the distillery with the introduction of resource- and energy-saving technologies.

All major design points were explored, such as: calculations and selection of process equipment, calculations of warehouse space, energy and resource conservation measures, and environmental issues.

Alcohol production calculations and product and waste volumes were also provided. The equipment and technological scheme, sections and plans of the premises were developed and techno-chemical and microbiological analysis was also analyzed.

Qualification work consists of 78 A4 size sheets, graphic part A1, demonstration sheet, 4 sheets.

Keywords: barrel, qualification work, bard, carbon dioxide, molasses, rectified ethyl alcohol, rectification.

					АНОТАЦІЯ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	1
ВСТУП.....	4
1 СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ.....	6
2 ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	
2.1 Обґрунтування асортименту проектованої продукції.....	7
2.2 Принципова технологічна схема виробництва.....	10
2.3 Аналіз і обґрунтування способів і режимів.....	11
2.4 Опис апаратурно-технологічної схеми.....	22
3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ	
3.1 Характеристика проектованої продукції.....	24
3.2 Характеристика сировини.....	28
3.3 Характеристика основних і допоміжних матеріалів.....	31
4 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	
4.1 Вихідні дані до технологічних розрахунків.....	33
4.2 Продуктові розрахунки.....	33
5 РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	41
6 РОЗРАХУНКИ ПЛОЩ СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ.....	48
7 ТЕХНОХІМІЧНИЙ І МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА ТА ЙОГО МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	50
8 ЗАХОДИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УМОВ ПРОМСАНІТАРІЇ.....	56
9 ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО	
9.1 Водопостачання та водовідведення.....	59
9.2 Розрахунки витрат пари.....	60
9.3 Розрахунки витрат електроенергії.....	60
10 ЗАХОДИ ЩОДО ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ.....	61
11 БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА.....	62
12 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	63
13 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	66
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	75

**Графічна частина на листах формату А1 – 4 листи**

1. Апаратурно-технологічна схема – 1 лист
2. Плани і розрізи – 2 листи
3. Демонстраційний плакат – 1 лист

						Проект брагоректифікаційного відділення спиртового заводу потужністю 3500 дал спирту на добу з впровадженням ресурсо- та енергозберігаючої технології спирту						
Зм.	Арк.	Прізвище	Підпис	Дата								
Розробив		Грибніченко Ю.С.			Зміст	Літера	Аркуш	Акрюшів				
Консультант						К	Р	3	78			
Консультант												
Керівник		Мудрак Т.О.										
Зав.кафедри		Куц А.М.										
						Кафедра БПБВ, 2020						

## Вступ

З початку 70-х років ХХ століття безперервно зростала ціна на нафту. У Західних країнах, приміром, за останні 10 років це зростання було майже десятикратним. Причина цього - обмежені запаси нафти на Землі і монополія на поставки нафти тими країнами, в яких вона добувається. Паралельно із зростанням цін на нафту та скороченням її запасів велися пошуки альтернативних джерел енергії і, в першу чергу, в тих країнах, де було або дуже велике споживання енергії (це країни з розвинутою промисловістю і транспортом), або в країнах, що розвиваються, які не мають нафтових джерел і достатньо коштів для купівлі необхідної кількості нафтопродуктів.

Одним з альтернативних джерел енергії є етанол.

У європейських країнах, як правило, етанол, що виробляється навіть з побічних продуктів харчової промисловості або відходів сільськогосподарської сировини, є дещо дорожчим за бензин. Але, незважаючи на це, застосування етанолу в суміші з бензином часто є економічно доцільним.

Кожний декалітр етанолу дозволяє заощадити більше 2,5 декалітрів сирової нафти, а кожний декалітр етанолу, що додається до низькооктанового бензину, заощаджує 1,6 декалітрів бензину.

Через те, що для газохолу використовується низькоякісний бензин, вихід якого з сирової нафти є більшим, ніж високоякісного, застосування газохолу сприяє більш повному використанню нафти.

В нашій країні технічний спирт використовується в невеликих кількостях, він ще не набув великого розповсюдження, але судячи з досвіду промислово розвинутих країн технічний спирт має багато застосувань. Головним чином технічний спирт в подальшому має замінити паливо з вичерпних природних джерел. А також зменшити токсичність викидів в атмосферу шкідливих речовин, які утворюються після згорання. Ще одним плюсом використання спирту етилового технічного є його невисока вартість в порівнянні з продуктами нафтопереробної галузі.

В органічній технології у великій кількості використовують етилен. З нього виготовляють поліетилен, який має високі механічні та електромеханічні властивості, стійкий до дії кислот та лугів.

Етилен отримують шляхом високотемпературного гідролізу етану та інших амінів при 800-900° С або з газів очистки установок, які переробляють нафту.

У країнах з обмеженою кількістю органічної сировини для виробництва етилену використовують технічний етанол, отриманий шляхом ферментації вуглеводовмісної сировини. Зі спирту етилен отримують шляхом його дегідрування під дією каталізатора. З однієї частини етанолу утворюється біля 0,5 частин етилену.

Одним з головних пріоритетів у технічному розвитку підприємств є впровадження енергозберігаючих заходів, оновлення та заміна застарілого обладнання.

Підприємства спиртової галузі є одними з найбільших споживачів паливно-енергетичних ресурсів у харчовій промисловості. Для здійснення корінного

					ВСТУП	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перелому у спиртовому виробництві, головним завданням є розроблення і широкомасштабне впровадження нового покоління енергоощадних технологій, які передбачають максимальне використання вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР) і більш глибоке і комплексне перероблення сировини, скорочення за рахунок цього її втрат з відходами виробництва.

Кваліфікаційним проектом передбачено проектування брагоректифікаційного відділення. Для зменшення витрати енергоносіїв епюраційна, ректифікаційна колони працюють під вакуумом. Епюраційна колона та частина ректифікаційної підігривається парами бражного дистиляту. Це дозволить скоротити питомі витрати пари та води на процес ректифікації.

Обсяг даної роботи викладено в пояснювальній записці та графічній частині, що включає апаратурно-технологічну схему, плани та розрізи відділення.

					ВСТУП	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ

## 1.1 Структура підприємства

До складу спиртового заводу входять такі основні, допоміжні та обслуговуючі цехи і відділення заводу.

Основні відділення:

- розмольне відділення;
- відділення термоферментативної обробки;
- бродильно-дріжджове відділення;
- відділення перегонки та ректифікації.

Допоміжні відділення:

- механічна майстерня;
- електричний цех;
- будівельний цех;
- КІП;
- транспортний цех;
- адміністративний корпус.

Даною роботою передбачено проектування брагоректифікаційного відділення. Для зменшення витрати енергоносіїв ректифікаційна колона працює під вакуумом, ешюраційна колона та частина ректифікаційної підігриваються парами бражного дистиляту. Це дозволить значною мірою скоротити питомі витрати пари та води на процес браго ректифікації.

## 1.2 Режим роботи підприємства

Робочі години, години відпочинку працівників підприємства регулюється положенням чинного законодавства та колективного договору, а також правилами внутрішнього розпорядку.

На спиртовому заводі встановлений наступний графік роботи:

- для працівників з п'ятиденним робочим тижнем робочий день розпочинається о 8.00 годині, закінчується о 17.00. Перерва обідня з 12.00 до 13.00. Субота і неділя – вихідні.
- для робітників працюючих по змінах: денна зміна з 8.00 до 20.00, нічна з 20.00 до 8.00 години.

Норма тривалості роботи не може перевищувати 40 годин на тиждень, що встановлено законодавством. Праця в понад робочий час сплачується у подвійному розмірі відповідно ст.106 КЗпП, а праця у святкові і неробочі дні сплачується у подвійному розмірі відповідно ст.107 КЗпП.

На бажання працівника, який працює у святковий та неробочий день, йому може бути наданий другий день відпочинку.

На основному виробництві робочий тиждень неперервний. Працює чотири бригади в дві зміни по 12 годин. Після денної та нічної зміни працівнику надається відсипний та вихідний день.

					СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

## 2 ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ

### 2.1 Обґрунтування асортименту проектованої продукції

Зріла бражка – багатокомпонентна система, що складається з води (80...90% мас.), сухих речовин (4...10% мас.) та етилового спирту із супровідними леткими домішками (5...9 % мас. або 6...11 об. %). У бражці завжди міститься деяка кількість двооксиду вуглецю. Його вміст у бражці, відібраної безпосередньо з бродильного апарата, складає 1...1,5 г /дм<sup>3</sup>. При подачі бражки до ректифікаційного відділення 35...45 % двооксиду вуглецю втрачається. Кислотність бражки 0,5<sup>0</sup>, рН 4,5...5,2. Склад бражки значно змінюється в залежності від виду вихідної сировини і прийнятих технологічних режимів її приготування.

Сухі речовини бражки представлені як завислими частинами (дріжджі, дробина), так і розчинними у водно-спиртовій суміші органічними та неорганічними речовинами (декстрини, незброжені цукри, білки, кислоти, мінеральні речовини та інші). У зерно-картопляній бражці знаходиться значна кількість завислих частинок, вона більш в'язка, ніж мелясна, проте загальний вміст сухих речовин у мелясній бражці звичайно більший (8...10%), ніж у зерновій (5...7 %), і особливо у картопляній (3...4 %).

Леткі домішки спирту характеризуються великою різноманітністю, на цей час їх ідентифіковано більше 70, але загальний вміст невеликий – звичайно не перевищує 0,6% від кількості етилового спирту.

Усі леткі домішки можна в основному розділити на чотири групи: спирти, альдегіди, кислоти та ефіри. Крім того, виділяють групу азотистих речовин (аміак, аміни, амінокислоти), сірковмісних речовин (сірководень, сірчистий ангідрид, сульфокислоти) та інші.

Склад і вміст летких домішок залежить від виду та якості сировини, прийнятих технологічних режимів його переробки. Домішки частково переходять із сировини, води, допоміжних матеріалів, частково утворюються в процесі приготування суслу, однак більша частина їх з'являється в процесі бродіння.

Більше всього домішок (0,35...0,45 % до кількості етилового спирту) припадає на частку спиртів – метилового, пропілового, ізобутилового, ізоамілового. Останні три складають основу сивушного масла. Метиловий спирт міститься у зерно-картопляній і буряковій бражці – не більше 0,2 % до кількості етилового спирту.

З альдегідів у спирті найбільше оцтового. У мелясній бражці альдегідів багато (біля 0,05 % до кількості етилового спирту), що в 10...50 разів більше, ніж у зерно-картопляній бражці. Вміст альдегідів у бражці різко зростає при посиленому аеруванні суслу в процесі дріжджегенерації.

Летких кислот (оцтової, масляної, пропіонової, валеріанової та ін.) небагато – біля 0,005...0,1 % до кількості етилового спирту.

У бражці міститься біля 0,05 % ефірів до кількості етилового спирту. Група ефірів в основному представлена оцтово-етиловим, мурашино-етиловим, оцтово-метиловим, ізомаляно-етиловим.

					ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ ВИРОБНИЦТВА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Мета процесу очистки спирту - звільнити його від більшості супровідних домішок і одержати спирт стандартної концентрації. Одночасно домішки що відбираються повинні бути максимально сконцентровані та звільнені від етилового спирту. В цьому випадку втрати спирту будуть мінімальними.

Спирт-сирець і бражний дистилят являє собою багатокомпонентну суміш. Для розділення їх застосовують декілька послідовно працюючих ректифікаційних колон, кожна з яких розділяє поступаючу до неї суміш, на дистилят, що складається із одного чи декількох важколетких компонентів.

Вміст легких домішок в спирті великий, допускають, що леткість окремих домішок не залежить від наявності в ньому інших домішок, але значною мірою вона залежить від концентрації водно-спиртового розчину.

Леткість окремих компонентів бінарної суміші характеризують коефіцієнтом випаровування  $K=Y/X$ - відношення концентрації даної речовини у паровій фазі  $Y$  до концентрації її у рідкій фазі  $X$  при умові, що розглянуті фази бінарної суміші знаходяться у рівноважному стані.

Для оцінки леткості домішок у порівнянні з леткістю етилового спирту введено поняття “коефіцієнт ректифікації” домішок:

$$K' = K_d / K_e = \beta * X / (\alpha * Y)$$

де  $K_d = \beta / \alpha$ - коефіцієнт випаровування домішок;

$K_e = Y / X$ - коефіцієнт випаровування етанолу.

Коефіцієнт ректифікації показує на скільки збільшується або зменшується вміст в парі домішки по відношенню до етанолу в порівнянні з рідиною. Він дозволяє в точній формі представити поведінку домішки в процесі ректифікації.

Всі відомі домішки по леткості можна згрупувати в чотири групи: головні, хвостові, проміжні, кінцеві.

До головних домішок відносяться ті, які мають більшу леткість як етанол при всіх його концентраціях в розчині. Для них завжди  $K' > 1$ . Спирто-водяна суміш у даному випадку виступає в ролі ВЛК.

Основний показник головних домішок – оцтовий, масляний альдегіди, акролеїн, мурашиноетиловий, оцтометиловий, діетиловий ефіри та ін. Вони будуть легко вилучатись з водно-спиртової суміші, й концентруватися у верхній частині колони.

Леткість хвостових домішок завжди менша леткості спирту ( $K' < 1$ ), тому хвостові домішки у суміші із спиртово-водяною рідиною можуть розглядатися як ВЛК. Вони будуть при будь-якій концентрації виходити в залишок. Типовими хвостовими домішками є наприклад оцтова кислота і фурфурол.

Проміжні домішки мають подвійні властивості. При високих концентраціях етанолу вони мають характер хвостових домішок ( $K' < 1$ ), а при низьких характер головних домішок ( $K' > 1$ ). Ці домішки мають більшу леткість ніж спирт при низьких концентраціях, будуть вилучатися у відгінній частині колони і зміщуватися догори і навпаки, в зоні концентрованого спирту проміжні домішки будуть зміщуватися вниз по колоні. За таких умов проміжні

					ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ ВИРОБНИЦТВА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

домішки будуть накопичуватись у середній частині колони, там де їх коефіцієнт ректифікації  $K'=1$

Для кожної проміжної домішки є її зона максимального накопичення, де  $K'$  для неї дорівнює 1. Проміжні домішки, що мають коефіцієнт ректифікації  $K'=1$  при концентрації етанолу  $\geq 70\%$  об., умовно називають верхніми, при меншій концентрації – нижніми проміжними домішками. До числа верхніх проміжних домішок відносять ізовалеряновий та ізомасляноетиловий ефіри, до числа нижніх – спирти сивушного масла (крім ізопропанола), ізовалер'яноізоаміловий та оцтовоаміловий ефіри.

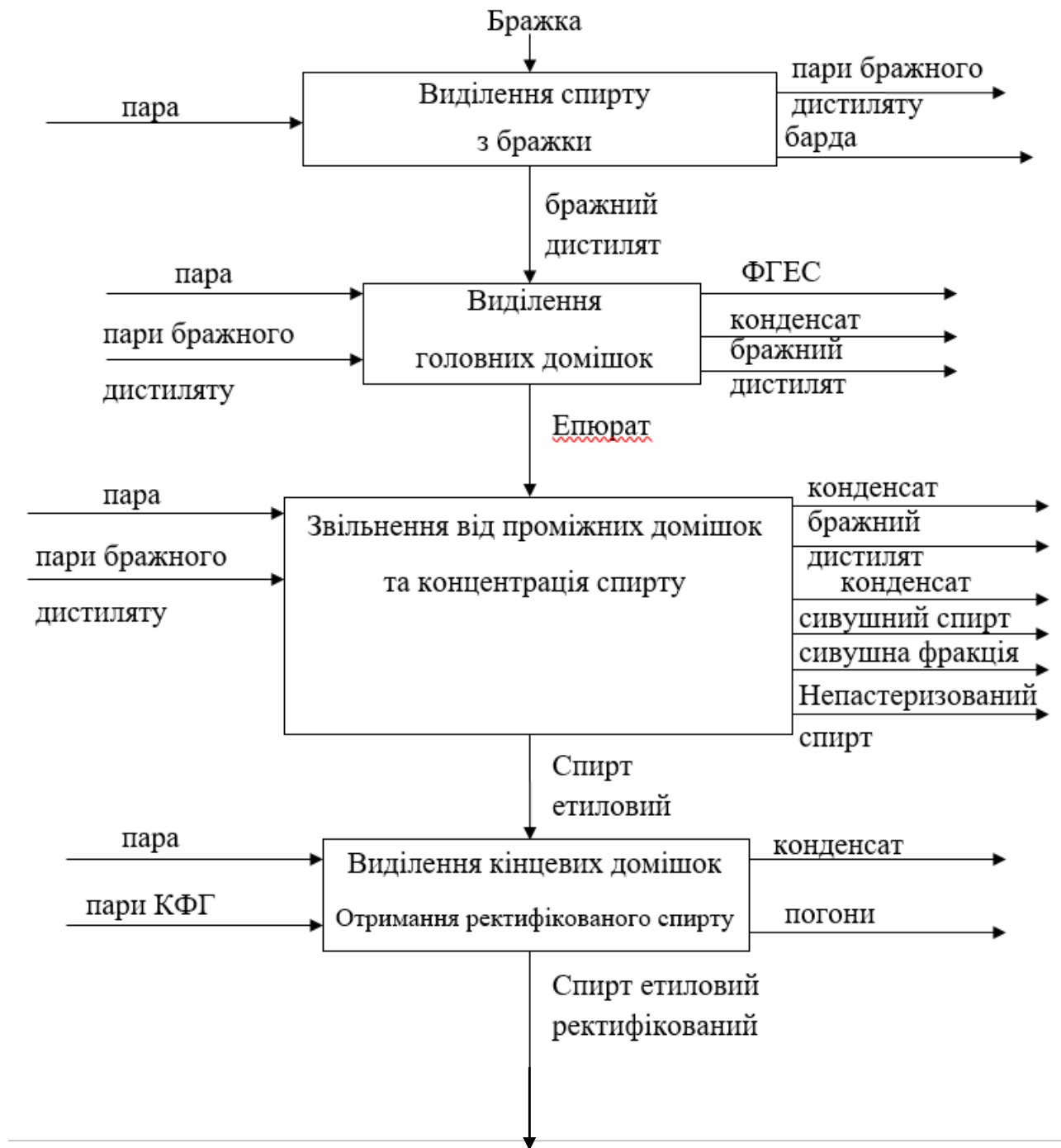
Такий поділ проміжних домішок умовний, проте він дає можливість аналізувати зони їх групового концентрування.

Для *кінцевих домішок*, як і для проміжних, характерна леткість у межах максимальних умовах, однак на протилежність їм кінцеві домішки мають коефіцієнт ректифікації  $K'>1$  при високих концентраціях етанолу  $K'<1$  при низьких. Вони не накопичуються у середині колони, а в залежності від концентрації спирту зміщуються по колоні догори (як головні), або вниз (як хвостові). Характерна кінцева домішка – метанол.

Знання коефіцієнтів випаровування спирту й супровідних домішок дає можливість обґрунтовано підійти до створення схеми ректифікаційних установок для виділення спирту з бражки та його очистки від домішок.

					ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ ВИРОБНИЦТВА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

## 2.2 Принципова технологічна схема виробництва спирту



## 2.3 Аналіз і обґрунтування способів і режимів Брагоректифікаційні установки

При одержанні ректифікованого спирту з бражки використовують БРУ. Вони звичайно мають три основні колони та 1...3 додаткові, що встановлюються в разі необхідності.

Основними колонами в БРУ є: бражна, епіюраційна і ректифікаційна. Бражна колона використовується для відокремлення легкої частини бражки від нелеткої. Бражка звільнена від легкої частини відводиться з нижньої частини колони у вигляді барди. З нею відводяться екстрактивні речовини, завислі частки, значна частина води та хвостових домішок. Легка частина бражки, що містить етиловий спирт, воду й супровідні леткі домішки, у вигляді пари, або бражного дистилату надходить на живлення епіюраційної колони. Далі йде процес очистки спирту.

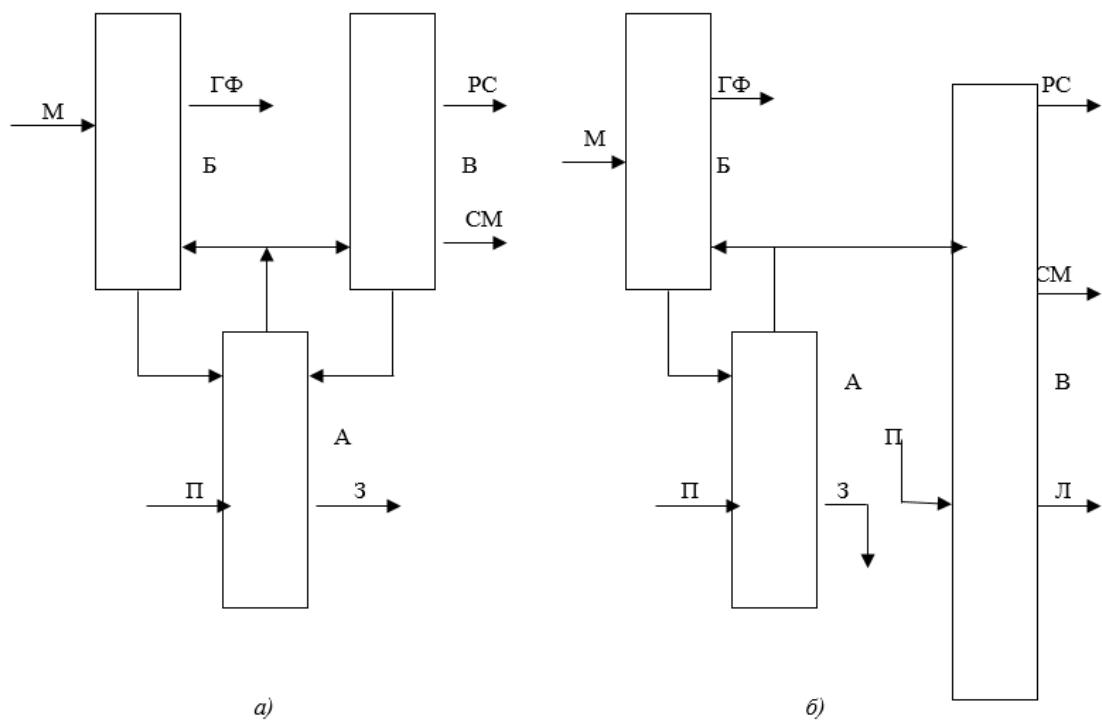
За складом спирто-водяна пара, що виходить з бражної колони й бражний дистилат не відрізняється від слабкоградусного спирту-сирцю в спирто-водяній парі з концентрацією-35...55% об. Склад і концентрація домішок спирту в основному такі ж. В залежності від включення бражної колони в схему розрізняють БРУ непрямої, прямої та напівпрямої дії.

### Брагоректифікаційна установка прямої дії

Принципова особливість установок прямої дії полягає в тому, що живлення ректифікаційної колони спирто-водяною парою, що виходить безпосередньо з бражної колони (*рис.2.1а*).

В установках прямої дії теплота гріючої пари використовується дворазово. Свіжа гріюча пара вводиться тільки в нижню частину бражної колони А, а епіюраційна колона Б й ректифікаційна В обігріваються спирто-водяною парою, що входить з верхньої частини бражної колони. В бражну колону подають бражку, звільнену від головних домішок (епіюровану) і флегму, яка надходить з ректифікаційної колони. Таким чином, в бражній колоні відбувається спільне вилучення спирту з бражки й флегми. Концентрація сухих речовин у барді при цьому зменшується за рахунок розбавлення її лютерною водою, що утворюється після вилучення спирту з флегми.

					ВИБІР І ОБґРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ ВИРОБНИЦТВА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11



**Рис 2.1(а,б) Принцип побудови схеми БРУ прямої дії:**

А-бражна колона, Б-епюраційна колона, В-ректифікаційна колона, П-гріюча пара, М-бражка, З-барда, Л-лютерна вода, СМ-сивушне масло, ГФ-головна фракція, РС-ректифікований спирт.

На рис.2.1б подана видозмінена схема установки прямої дії, у якій передбачено розділене виділення спирту з бражки й флегми.

В зв'язку з цим потрібне додаткове введення гріючої пари в нижню частину ректифікаційної колони, але при цьому барда не розбавляється лютерною водою.

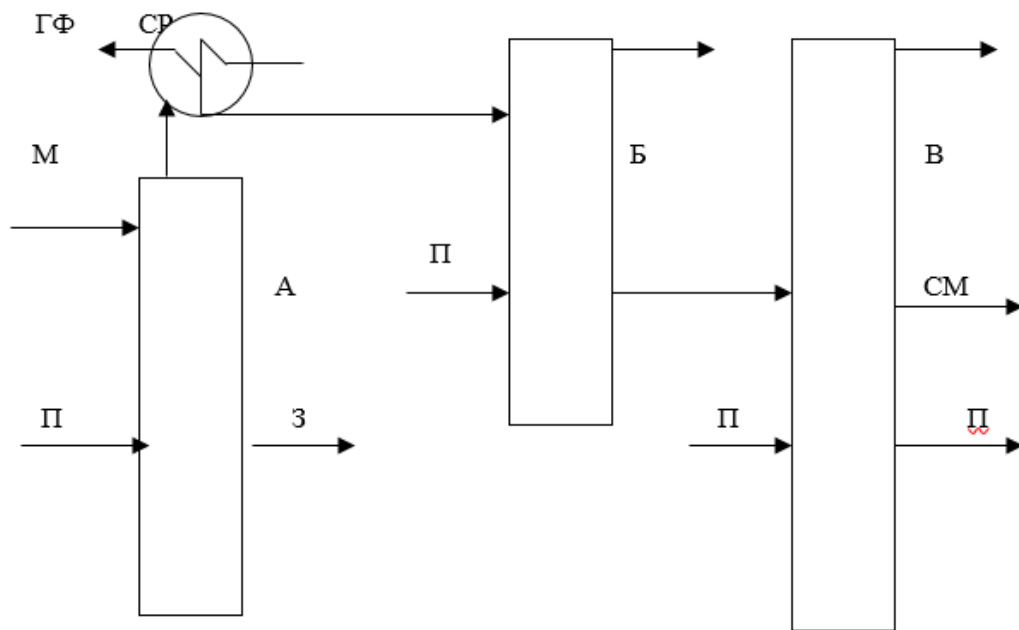
### **Брагоректифікаційна установка непрямої дії**

Принципова особливість установки непрямої дії (рис.2.2)-попереднє вилучення з бражки спирту й домішок, в результаті чого одержується спирт-сирець (бражний дистилят), який направляється в епюраційну колону, а потім в ректифікаційну колону. Спирто-водяна пара, що виходить з бражної колони А, надходить в конденсатор. В епюраційну колону Б подають бражний дистилят, який надходить з конденсатора.

Спирто-водяний дистилят в колоні Б очищується від головних домішок під дією свіжої гріючої пари. Рідкий епурат, що надходить в колону В, звільнюється від хвостових й проміжних домішок також в результаті введення гріючої пари.

Треба відмітити, що в установках непрямої дії колони зв'язані між собою тільки рідинними потоками, в той час як в установках прямої дії - рідинними й паровими потоками, що ускладнює управління ними.

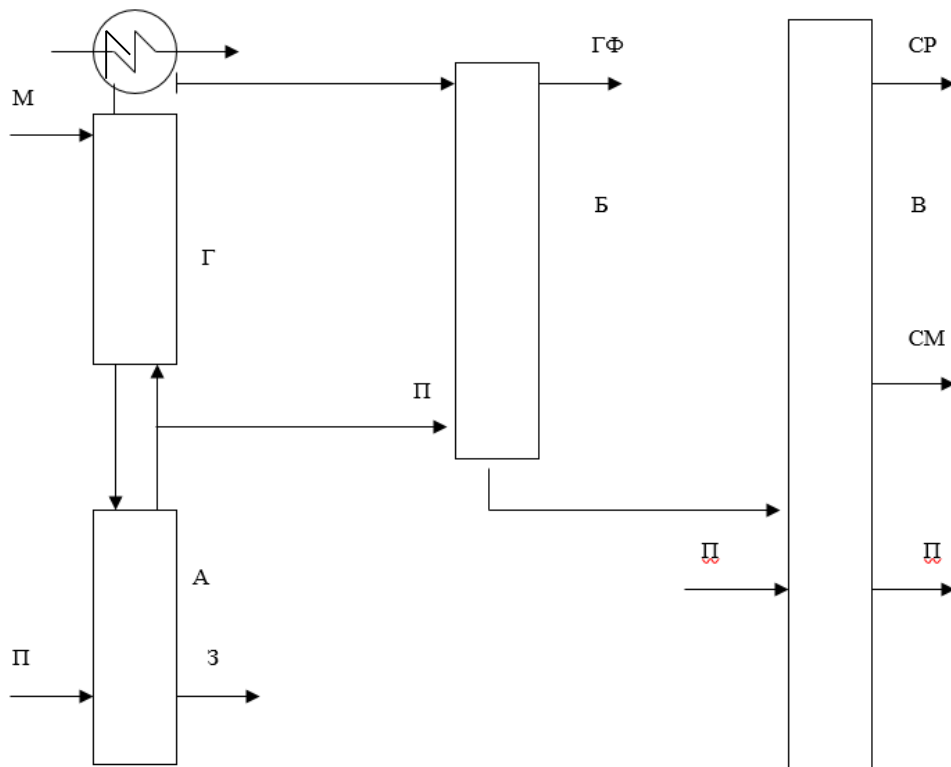
					ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ ВИРОБНИЦТВА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12



**Рис 2.2** Принцип побудови схеми БРУ непрямої дії.

А-бражна колона, Б-епюраційна колона, В-ректифікаційна колона, П-гріюча пара, М-бражка, З-барда, Л-лютерна вода, СМ-сивушне масло, ГФ-головна фракція, РС-ректифікований спирт.

**Брагоректифікаційна установка напівпрямої дії**



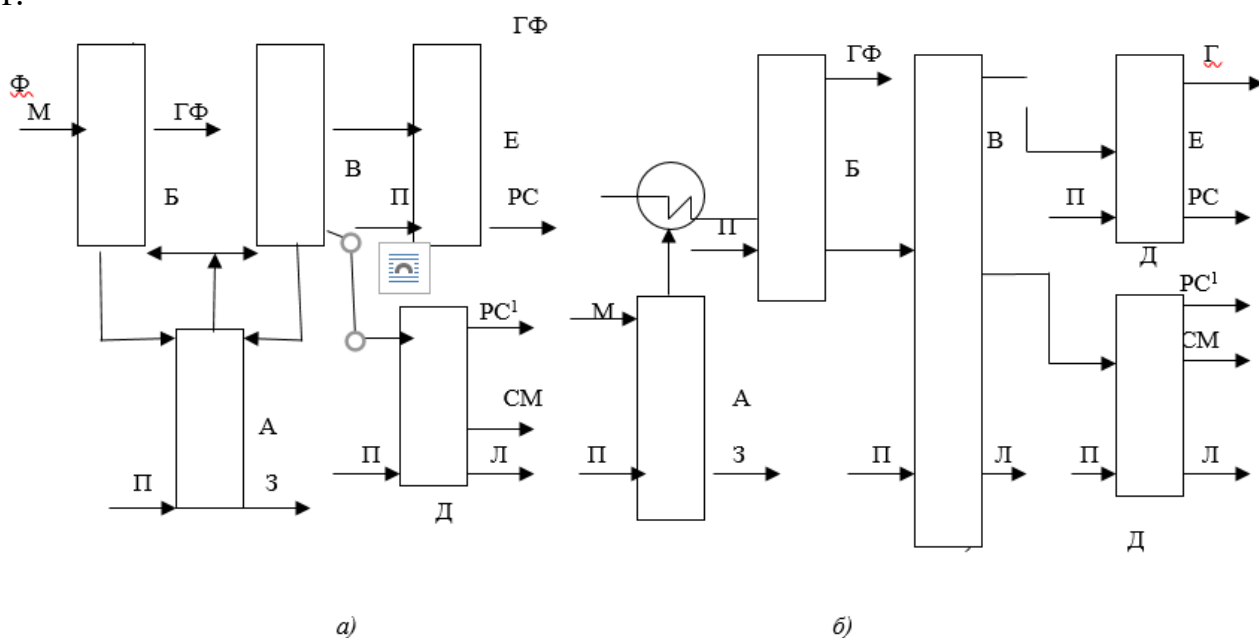
**Рис 2.3** Принцип побудови схеми БРУ напівпрямої дії.

А-бражна колона, Б-епюраційна колона, В-ректифікаційна колона, Г-колона попередньої епюрації бражки; П-гріюча пара, М-бражка, З-барда, Л-лютерна вода, СМ-сивушне масло, ГФ-головна фракція, РС-ректифікований спирт.

Схема установки, що зображена на рис.2.3 відноситься до установки напівпрямой дії. Особливість БРУ напівпрямой дії полягає в епюрації бражки за рахунок обігріву епюраційної колони водно-спиртовими парами бражної колони. Ця установка подібна до установки прямої дії, але до неї входять суттєво відрізняючі елементи: ректифікаційна колона живиться частково епюрованим паром з бражної колони (що притаманно БРУ прямої дії), палевність колони Г характерно для установок непрямої дії, але колона Г є залишком (відгінною частиною) епюраційної колони установок прямої дії. Ці установки більш складні в експлуатації, але приблизно 10-15% менше споживають гріючої пари та холодної води.

### **Брагоректифікаційні установки з додатковими колонами**

Включення додаткових колон (Е-остаточної очистки, Д-сивушної) не залежить від принципу дії установки. На рис.2.4 а, б наведені схеми установок прямої та непрямої дії з двома додатковими колонами. З метою збільшення ректифікованого спирту було запропоновано і реалізовано на більшості заводів додаткове встановлення колони для розгонки головної фракції, що дало можливість заводам зменшити відбір проміжного продукту (головної фракції) з 3...5% до 0,1... 0,2 %, при цьому відповідно збільшився вихід ректифікованого спирту.



**Рис 2.4 Принцип побудови схеми БРУ з додатковими колонами.**

А-бражна колона, Б-епюраційна колона, В-ректифікаційна колона, Д-сивушна колона; Е-остаточної очистки колона; П-гріюча пара, М-бражка, З-барда, Л-лютерна вода, СМ-сивушне масло, ГФ-головна фракція, РС і РС-ректифікований спирт.

Додаткові колони: сивушна, остаточної очистки, розгінна.

Завдяки установці **розгінної колони**, можна виділити основну масу спирту з ГФ, а головні домішки одержати в концентрованому вигляді, внаслідок чого вихід ректифікованого спирту підвищується з 94...96 до 98...98,5 % від спирту введеного з бражкою.

					<b>ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ</b>		Арк.
					<b>ТА РЕЖИМІВ ВИРОБНИЦТВА</b>		14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Колона має 40...45 багатоковпачкових тарілок з міжтарілковою відстанню 170мм , забезпечена дефлегматором і декантатором. Живлення (ГФ) подається на 24...28-му тарілку знизу колони, на верхню вводиться гаряча лютерна вода, а в нижню частину колони - гріюча пара. При надходженні води на верхню тарілку колони концентрація спирту на тарілках знижується, леткість головних домішок збільшується, в результаті чого вони добре вилучаються. Спирт звільнений від домішок, виходить з нижньої частини колони (кубова рідина) і направляється до бражки або в бражну колону і таким чином вводиться знову в цикл брагоректифікації.

Головні домішки концентруються у верхній частині розгінної колони. Після конденсації пари, яка виходить з колони, одержується гетерогенна суміш, що складається з ефірів, альдегідів, води й невеликої кількості спирту, яку направляють в декантатор для розшарування.

Верхній шар, що являє собою концентрат головної фракції (КГФ) з невеликим вмістом спирту, виводиться з установки як побічний продукт ректифікації .

Нижній водяний шар, в якому міститься деяка кількість головної фракції і залишок спирту надходить на зрошення колони (флегма).

У колоні **остаточної очистки** з ректифікованого спирту виділяють залишки головних і кінцевих домішок, внаслідок чого покращуються органолептичні й аналітичні показники якості спирту. Типова колона обігривається закритою парою, має 30 багатоковпачкових тарілок, 20 з них – у відгінній частині.

Головні і кінцеві домішки, які виділені в нижній частині колони та сконцентровані у вигляді головної фракції, відбирають у кількості 0,5...1% від спирту, що введений до колони. Головна фракція поступає до верхньої частини епюраційної колони, а при наявності розгінної колони приєднується до ГФ епюраційної колони. Ректифікований спирт видаляється з нижньої частини колони. За такої схеми колона **остаточної очистки** працює в режимі **повторної епюрації** й ефективна при підвищеному вмісті метанолу , однак при цьому за нашими розрахунками кількість тарілок належить збільшити до 45...60 (з них 35...45 у відгінній частині).

Колона **остаточної очистки** може працювати в режимі **повторної ректифікації**. У цьому випадку живлення (пастеризований спирт з ректифікаційної колони) подається на 2...4-у тарілку, рахуючи знизу, а ректифікований спирт відводиться з рідкої фази з 6-10-х тарілки, рухаючи зверху. Спирт очищується переважно в результаті пастеризації , одночасно він трохи (на 0,2...0,3 %) концентрується, в той час як при роботі в режимі **повторної епюрації** концентрація спирту знижується на 0,05... 0,1 %. При експлуатації колони в режимі **повторної ректифікації** з куба необхідно відводити невелику кількість (2...5% ) спирту зниженої концентрації (біля 80%) в ректифікаційну колону (на тарілку живлення).

У **сивушній колоні** відбувається подальше концентрування сивушного масла та інших проміжних домішок, що почалося в ректифікаційній колоні. До неї подаються сивушна фракція й сивушний спирт , що відбирається зі

					ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ ВИРОБНИЦТВА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

ректифікаційної колони в зоні концентрування проміжних домішок. Типова сивушна колона подібна ректифікаційній, має 56 багатоконтактних тарілок, забезпечена дефлегматором і конденсатором. Обігрівання колони може бути як відкритою, так і закритою парою. У відгінній частині встановлюють 15...17 тарілок. Між відгінною та концентраційною частиною колони розташовують акумулятор, у якому знаходиться значний об'єм спирто-водяної рідини, що, забезпечує стабільну роботу колони. Висота шару рідини в акумуляторі від 200 до 700мм.

Живлення в колону подають на тарілку, що розташована безпосередньо над акумулятором.

Концентровані проміжні продукти відбирають з акумулятора, де накопичується велика кількість сивушного масла (СМ), в результаті чого, флегма, яка надходить до нього розшаровується, утворюючи верхній шар з високим вмістом спиртів (концентрат сивушного масла) й нижній підсивушний, що складається з розчину етилового спирту та інших компонентів у воді.

Частина акумулятора, в якому розміщено зливний стакан вище лежачої тарілки перегородкою від основного об'єму, так, що утворюється карман. Перегородка знизу не доходить до дна, а зверху закінчується вище рівня рідини, завдяки чому карман сполучається, з іншою частиною акумулятора і встановлюється спокій на поверхні рідини в кармані. На рівні рідини до карману прикріплений ліхтар, через який відводиться з акумулятора концентрат сивушного масла.

Етиловий спирт і головні домішки концентруються у верхній частині колони і відводиться у епюраційну колону. Інколи цей спирт відбирають як технічний. Знизу колони відводиться люотерна вода.

### **Брагоректифікаційні установки, що працюють під розрідженням**

Брагоректифікаційні установки споживають велику кількість теплоти. З метою зниження енерговитрат створенні установки, в яких одна або декілька колон працюють під вакуумом. Це означає, що теплота гріюючої пари в цих апаратах використовується багаторазово.

Такі установки, як правило, створюються на базі апаратів непрямой дії за двома варіантами.

За першим варіантом під розрідженням працює бражна колона (іноді і епюраційна), обігривається вона за рахунок теплоти конденсації спиртової пари ректифікаційної колони (іноді сивушної).

За другим варіантом передбачається дія під розрідженням ректифікаційної (іноді епюраційної) колони, а обігривається вона за рахунок теплоти спирт-водяної пари, що виходить з бражної колони.

На вакуумних установках питомі витрати пари та води на 30-40 % нижчі у порівнянні з витратами на типових установках непрямой дії. Звичайно вони споживають 30-35 кг пари і 0,3-0,4 м<sup>3</sup> води на 1 дал виробничого спирту. Додаткове споживання електроенергії біля 0,1-0,2 кВт·год/дал. За енергетичними показниками варіант перший має перевагу, тому що при експлуатації ректифікаційної колони під розрідженням азеотропна точка спирто-водяного розчину зсувається в сторону більш високих концентрацій спирту, внаслідок

					ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ ВИРОБНИЦТВА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

чого можна працювати при меншому флегмовому числі, а отже, з меншими витратами пари.

В установках, що діють за другим варіантом, бражка підігривається за рахунок теплоти конденсації пари ректифікаційної колони (в дефлегматорі) та за рахунок теплоти барди.

Установки, що працюють під розрідженням, більш складні за апаратурним оформленням та в експлуатації: для них потрібна більш жорстка і надійна система автоматизації для підтримання заданого технологічного режиму. Такі установки найбільш доцільно застосовувати на заводах великої потужності зі стабільним енергозабезпеченням.

В довершені аналізу роботи брагоректифікаційних установок приводимо орієнтовані витрати які представлені в табл. 2.1

Таблиця 2.1— Орієнтовані витрати пари і води на БРУ

Колони	Вищої очистки		“Екстра”	
	Витрати пари,кг	Витрати води,м3	Витрати парт,кг	Витрати води,м3
<b>Непрямої дії</b>				
Бражна	18-22	0,05-0,1	18-20	0,05-0,1
Епюраційна	8-10	0,095-0,1	10-12	0,1-0,12
Ректифікаційна	20-24	0,2-0,24	28-30	0,28-0,3
Сивушна	3-4	0,035-0,05	3-4	0,035-0,05
Розгінна	2,5-3	0,03-0,035	3-4	0,035-0,05
Кінцевої очистки	3-4	0,04-0,05	4-5	0,03-0,06
Сумарні витрати для типової БРУ	56	0,44	62	0,52
Сумарні витрати для типової БРУ з додатковими колонами	67	0,575	69	0,68
<b>Прямої дії</b>				
Бражна	32	--	35	--
Епюраційна	--	0,07-0,08	--	0,08-0,09
Ректифікаційна	--	0,08-0,09	--	0,09-0,1
Сумарні витрати	32	0,17	35	0,19
<b>Напівпрямої дії</b>				
Бражна	24-25	--	27-28	--
Епюраційна	--	0,1-0,12	--	0,14-0,15
Ректифікаційна	16-17	0,22-0,23	21-22	0,24-0,25
Сумарні витрати	42	0,35	50	0,4
<b>Установка яка працює під вакуумом</b>				
Бражна	25	--	27	--
Епюраційна	1,5	0,1-0,15	1,5	0,12
Ректифікаційна	1,5	0,2-0,25	1,5	0,3-0,35
Відгінна частина	3-4	--	4-5	--
Сумарні витрати	32	0,4	34,5	0,53

Таблиця 2.2 - Порівняльна характеристика брагоректифікаційних установок

№	Тип БРУ	Переваги	Недоліки	Особливості
1	Прямої дії	Теплота гріючої пари Використовується дворазово. Свіжа гріюча пара вводиться тільки у нижню частину бражної колони, а епюраційна і ректифікаційна колони обігриваються спиртово-водяною парою, що виходить з верхньої частини бражної колони. У бражну колону подають бражку звільнену від головних домішок (епюровану), і флегму, яка надходить із ректифікаційної колони. Таким чином, у бражній колоні відбувається спільне вилучення спирту з бражки і флегми. Останнім часом розроблена дещо видозмінена схема установки прямої дії, в якій передбачено роздільне виділення спирту з бражки і флегми(барда не розбавляється з лютерною водою)	Концентрація сухих речовин у барді при Одноразовій подачі свіжої гріючої пари знижується за рахунок розбавлення її лютерною водою, що утворюється після вилучення спирту із флегми. При використанні видозміненої схеми установки прямої дії потрібне додаткове введення граючої пари у нижню(відгінну) частину ректифікаційної колони. Колони зв'язані між собою рідинними і паровими потоками, що ускладнює регулювання їх роботи.	Особливість установок такої дії полягає у Живленні ректифікаційної колони спиртово-водяною парою, що виходить безпосередньо із бражної колони.

2	Непрямої (побічної) дії	Колони зв'язані між собою тільки рідинними потоками, що полегшує регулювання їх роботи. Стабільні у роботі, легкі у керуванні, регулюванні. На них одержують спирт високої якості.	Відбір головної фракції по відношенню до виробленого спирту становить 2-3%-нижчий вихід спирту у порівнянні з некласичною установкою побічної дії.	Принципова Особливість Установок побічної дії - Попереднє вилучення з бражки спирту й супутніх йому домішок, в результаті чого одержують спирт-сирець(бражний дистилят), який у рідкому вигляді направляється в Епюраційну колону, а потім у спиртову для очистки. Спиртово-водяна пара, що виходить із бражної колони, надходить у конденсатор. В Епюраційну колону подається спиртово-водяний(бражний) дистилят, який надходить з конденсатора.
3	Напівпрямої (періодичної) дії	Приблизно на 10-15% менше споживають гріючої пари та холодної води.	Більш складні в експлуатації.	Живлення Епюраційної Колони Відбувається спиртово-водяною парою, яка Виходить безпосередньо з бражної колони, а не бражним дистилятом.

4	Установки, що працюють під розрідженням	<p>Зниження енерговитрат брагоректифікації.</p> <p>Можна багаторазово використовувати теплоту гріючої пари.</p> <p>На вакуумних установках питомі витрати пари та води на 30-40% нижчі ніж у порівнянні з витратами на типових установках непрямої дії.</p> <p>Звичайно вони споживають 30-35кг пари і 0,3-0,4м<sup>3</sup> води на І дал. виробленого спирту.</p>	<p>Більш складні оформленням та в експлуатації:</p> <p>для них потрібна більш жорстка і надійна система автоматизації для підтримання заданого технологічного режиму.</p>	<p>за Такі установки, як створюються на базі апаратів непрямої дії за двома варіантами: за варіантом 1 під Розрідженням працює бражна колона (іноді і епюраційна), обігривається вона за рахунок Теплоти Конденсації спиртової пари спиртової (іноді сивушної колони; за варіантом 2 Передбачається дія під Розрідженням спиртової (іноді і епюраційної) колони, а обігривається вона за рахунок теплоти спиртово-водяної пари, що виходить з бражної колони. За енергетичними Показниками варіант 2 має перевагу, тому що при експлуатації ректифікаційної колони під розрідженням азеотропна точка спиртово-водяного розчину зсувається у сторону більш Високих Концентрацій</p>
---	-----------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

		-		спирту, в наслідок чого можна працювати при Меншому флегмовому числі, а отже, з меншими витратами пари.
5	Некласична установка непрямої дії (по патенту 2178)	Витрати пари 32-35 <sup>кз</sup> (70-80%)	Необхідність використання додаткового обладнання (кип'ятильник-конденсатор епюраційної колони). Додаткові витрати пов'язані з експлуатацією цього обладнання (поверхня обміну його 50м <sup>2</sup> , що еквівалентно приблизно 15000\$.	Використання кип'ятильника-Конденсатора Епюраційної колони.
		<i>дал</i> Відбір головної фракції від 0,8-1% по відношенню до виробленого спирту. За рахунок цього збільшується вихід готового продукту (приблизно 2% у порівнянні з установкою непрямої дії). Зменшується навантаження на спиртову і епюраційну колони, що сприяє підвищенню якості спирту. Виділення домішок покращується.		

**Висновок:** ознайомившись з усіма схемами брагоректифікаційних установок проектом передбачено встановлення браго ректифікаційної установки, яка включає 3 колони: бражну, епюраційну, спиртову. Для зменшення витрат пари пропонується встановлення епюраційної, ректифікаційної під вакуумом. Окрім того передбачається обігрів парами бражного дистиляту епюраційної колони та частково ректифікаційної. Дані заходи повинні забезпечити економію пари на 40-45% у порівнянні з класичною схемою непрямої дії.

					ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ ВИРОБНИЦТВА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

## 2.4 Опис апаратурно – технологічної схеми

Зрілу бражку із бродильного відділення з концентрацією спирту етилового ректифікованого 13,1 % об., та температурою  $t = 30-35$  °С підігривається бардою в спіральному теплообміннику (33) та гарячою водою у підігрівачі бражки(4) до  $t=85^{\circ}\text{C}$ . Після цього вона проходить через сепаратор  $\text{CO}_2$  (2), де звільняється від вуглекислого газу та поступає на верхню тарілку бражної колони (34).

Бражна колона (34) ( $\varnothing 2000\text{мм}$ ) – містить 30 ситчастих тарілок, пар поступає через барботер знизу колони. В бражній колоні відбувається виділення спирту з бражки. Гострий пар, який подається в куб колони, проходить через бражку, яка поступає в колону зверху вниз по противотоці тим самим виварюючи спирт із бражки. Бражка звільнена від спирту – барда, виходить з куба колони через бардорегулятор (31), потім на проміжну бардяну ємкість (30), звідки насосом (22) качається на теплообмінник барда-бражка (33), після теплообмінника барда подається на бардогосподарство.

Пари бражного дистиляту проходять через піновловлювач БК (3), де проходить затримка виносу бражки з спиртовими парами, після чого поступають в рекуперативні кип'ятильники ЕК (27) та РК (21) де, віддаючи тепло, конденсуються, та у вигляді бражного дистиляту поступають в проміжний збірник (23) звідки насосом (22) подаються на тарілку живлення ЕК (28). Пари, що не сконденсувалися поступають в конденсатор БК (5) та спиртовловлювач БК (6), де остаточно сконденсовуються та подаються в ЕК (28).

Епюраційна колона (28) ( $\varnothing 1600\text{мм}$ ) – має 63 багатоковпачкових тарілки, обігрів рекуперативним (27) або гострим паром через кип'ятильник (26). ЕК (28) призначена для виділення головних домішок з бражного дистиляту. Пар, проходячи колоною, забирає всі головні домішки з Бражний дистиляту концентрацією спирту 45-55% об. проходить через дефлегматор ЕК (7), де частина парів конденсується у вигляді флегми поступає на 63 тарілку ЕК. Пари, що не сконденсувались в дефлегматорі ЕК поступають на конденсатор ЕК (8), а ті що не сконденсувалось спрямовуються на спиртовловлювач ЕК (9). Конденсат з конденсатора і спиртовловлювача ЕК поступає в бак погонів (40). Епюраційна колона працює під вакуумом. Для його створення після спиртовловлювача ЕК(9) встановлено барометричний конденсатор (10) та вакуум-насос (37). Обігрів колони здійснюється парами бражної колони.

Звільнену від домішок рідину – епюрат концентрацією етанолу 38-42% об. з куба ЕК подають в проміжний збірник епюрату (23), потім насосом (22) подається в напірний збірник(36), звідки поступає на 16 тарілку спиртової колони (29).

Спиртова колона (СК) (29) ( $\varnothing 2000\text{мм}$ ) – багатоковпачкова, має 82 тарілки, працює під розрідженням. Обігривається частково парами бражної колони через рекуперативний кип'ятильник (21) та частково гострою парою через кип'ятильник (20). В спиртовій колоні відбувається звільнення епюрату від проміжних та кінцевих домішок (сивушна фракція, сивушний спирт, метанол, фурфурол) та укріплення спирту до стандартної концентрації. З 3,5,7,9,11 тарілок відбирають пари сивушної фракції, яка поступає в конденсатор сивушної фракції (17). З 19,21,23 тарілок відбирають пари сивушного спирту, які конденсуються в

					ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ ВИРОБНИЦТВА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

конденсаторі сивушного спирту (16). Пастеризований спирт відбирається з 72 тарілки, рахуючи знизу колони. Він подається на холодильник спирту (39). Над 72 тарілкою знаходиться зона накопичення головних домішок. Пари, що виходять зверху спиртової колони, поступають в дефлегматор спиртової колони (12), де частина парів конденсується та повертається до колони у вигляді флегми. Пари, що не сконденсувались в дефлегматорі попадають в конденсатор СК (13). Для створення вакууму несконденсовані пари з спиртовловлювача СК (14) поступають в барометричний конденсатор СК (15), звідки витягуються вакуум-насосом (52). На верх барометричного конденсатора подається вода.

Пастеризований ректифікований етиловий спирт відбирають з 3,5,7 тарілок (рахуючи зверху) і направляють у холодильник спирту(39), через ліхтар на лічильник і після цього у спиртоприймальне відділення.

					ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ ВИРОБНИЦТВА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

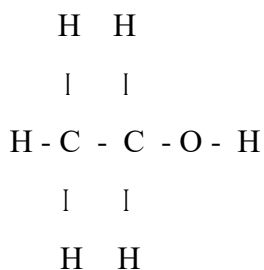
## 3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

### 3.1 Характеристика проекрованої продукції

Етиловий спирт відіграє важливу роль в народному господарстві. Головний його споживач – харчова промисловість. Спирт використовують при виготовленні лікєро-горілочних та плодово-ягідних напоїв, для кріплення виноматеріалів і купажування виноградних вин, у виробництві оцету, харчових ароматизаторів і парфюмерно-косметичних виробів. У мікробіологічній та медичній промисловості спирт використовують для осадження ферментних препаратів із культуральної рідини або екстракту із твердофазної культури, для одержання вітамінів та інших препаратів і ліків, також етиловий спирт використовують як дезинфікуючий засіб і як речовина, яка запобігає інфікуванню і псуванню лікувальних екстрактів (пустиннику, валеріани та ін.). Невелика кількість спирту використовується у автомобільній, хімічній, машинобудівній та інших галузях промисловості, а також у ветеринарії.

У виробництві крім основних продуктів спирту і діоксиду вуглецю одержують побічні – фракцію головну етилового спирту (ГФ), сивушне масло (суміш в основному ізоамілового, ізобутилового і пропілового спирту). Діоксид вуглецю, який утворюється при спиртовому бродінні, вловлюється, його очищують від домішок і перетворюють в рідкий чи твердий продукт («сухий лід»). Фракція головна у суміші з бензином цілком може бути використана як добавка до палива для автомобілів. Барда – залишок після відгонки спирту із бражки, використовується як добриво або корм для тварин.

Хімічна формула спирту етилового  $C_2H_5OH$ , структурна  $CH_3CH_2OH$



Молекулярна маса - 46,07 в.о. Температура кипіння безводного спирту етилового при тиску 101,33 кПа (1 атм) становить 78,3 °С. Температура замерзання спирту -115°С. Температура самозапалення спирту +426°С. Температура спалаху +14 °С.

Спирт етиловий – гігроскопічний, змішується з водою в будь-яких співвідношеннях.

В таблиці 3.1.1 представлений добовий та річний асортимент в перерахунку на умовний спирт-сирець і товарну продукцію.

**Спирт етиловий ректифікований.** Залежно від ступеня очищення спирт етиловий ректифікований виготовляють таких сортів: "Пшенична сльоза", "Люкс", "Екстра", "Вищої очистки".

За органолептичними та фізико-хімічними показниками спирт етиловий ректифікований повинен відповідати вимогам ДСТУ 4221-2003, які зазначенні в таблиці 3.1.1 і 3.1.2.

					Характеристика проекрованої продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Таблиця 3.1.1 – Органолептичні показники

Назва показника	Характеристика	Метод контролю
Зовнішній вигляд	Прозора рідина без сторонніх часток	Згідно з ДСТУ 4221
Колір	Безбарвна рідина	Згідно з ДСТУ 4221
Смак і запах	Характерний для кожного сорту етилового спирту, виробленого із відповідної сировини, без присмаку і запаху сторонніх речовин	Згідно з ДСТУ 4221

Таблиця 3.1.2 – Фізико-хімічні показники спирту етилового ректифікованого

Назва показника	Норма для спирту			
	«Пшенична сльоза»	«Люкс»	«Екстра»	«Вищої очистки»
1	2	3	4	5
Об'ємна частка етилового спирту, за температури 20 <sup>0</sup> С, % не менше	96,4	96,3	96,3	96,0
Проба на чистоту з сірчаною кислотою	витримує			
Проба на окислюваність за температури 20 <sup>0</sup> С хв, не менше	23	22	20	15
Масова концентрація альдегідів, у перерахунку на оцтовий альдегід в безводному спирті, мг/дм <sup>3</sup> , не менше	2,0	2,0	2,0	4,0
Проба на фурфурол	витримує			
Масова концентрація естерів, у перерахунку на оцтовий естер в безводному спирті, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	1,5	2,0	3,0	5,0
Масова концентрація сухого залишку, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	5,0	5,0	5,0	10,0
Масова концентрація сивушного масла, в перерахунку на суміш ізоамілового та ізобутилового спиртів (1:1) в безводному спирті,	2,0	2,0	2,0	4,0

					Характеристика проектованої продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

мг/дм <sup>3</sup> , не більше				
Об'ємна частка метилового спирту, в перерахунку на безводний спирт, %, не більше	0,005	0,01	0,02	0,03
Масова концентрація вільних кислот (без CO <sub>2</sub> ), в перерахунку на оцтову кислоту, в безводному спирті, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	8,0	8,0	12,0	15,0
Масова концентрація органічних речовин, що обмилюються, в перерахунку на оцтовий естер, в безводному спирті, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	12,0	18,0	25,0	30,0
Масова концентрація сивушного масла: пропіловий, ізопропіловий, бутиловий, ізобу-тиловий та ізоаміловий спирти, в перерахунку на суміш пропілового, ізобутилового та ізоамілового спиртів (3:1:1) в безводному спирті, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	3,0	4,0	7,0	10,0

Згідно з чинними нормативними документами спирт етиловий ректифікований за вмістом важких металів і миш'яку повинен відповідати вимогам в таблиці 3.1.3.

Таблиця 3.1.3 – Вміст важких металів і миш'яку

Назва показника	Допустимі рівні, мг/кг, не більше	Метод контролю
Вміст важких металів:		Згідно з ГОСТ 30178
свинець	0,300	Згідно ГОСТ 26932
кадмій	0,030	Згідно з ГОСТ 26932
ртуть	0,005	Згідно з ГОСТ 26927
цинк	4,000	Згідно з ГОСТ 26934
Вміст миш'яку	0,200	Згідно з ГОСТ 26930

Вміст радіонуклідів в спирті етиловому ректифікованому не повинен перевищувати допустимих рівнів, встановлених в гігієнічних вимогах до якості і безпеки харчових продуктів питної води та продовольчої сировини, згідно з чинними нормативними документами.

**Сивушне масло.** Сивушне масло – побічний продукт спиртового виробництва, який складається із суміші спиртів (мас. %): 45-65 амілового, 15-25 ізобутилового, 0,5-2 н-бутилового, 2-15 н-пропілового, 3-15 етилового. Крім того, в товарному сивушному маслі міститься 8-15 мас. % води й 0,5-4,0 мас.% інших органічних сполук (кислот, альдегідів, амінів та ін.). Сивушне масло виділяють з сивушної фракції обробкою її водою, при цьому одержують дві рідкі розшаровані фази: екстракт і сивушне масло (рафінат), що складається з екстрагента (води) з вилученим з вихідної суїїші етиловим спиртом.

Сивушне масло (ГОСТ 17071-91) за зовнішнім виглядом - прозора рідина, яка при збовтуванні не мутніє; колір від світло-жовтого до червоно-бурого; запах, властивий сивушному маслу без сторонніх запахів; відносна густина > 0,837, показник заломлення > 1,395; має витримати пробу на чистоту з сірчаною кислотою.

У період від початку перегонки до досягнення температури 120°C має бути перегнано не більше 50 % від об'єму сивушного масла. Відбір сивушної фракції звичайно складає 2-4 об.% від спирту, введеного до ректифікаційної колони, вміст етилового спирту в ній 5-40 об.% і сивушного масла 10-45 об.%.

**Сивушний спирт.** Сивушний спирт – безбарвна або трохи жовтувата рідина без сторонніх включень з явно вираженим фруктовим запахом, зумовленим присутністю в ньому оцтовоізоамілового ефіру. Сивушний спирт відбирають у кількості 0,8-2,5 % від спирту, введеного в колону, при температурі на 18-й тарілці (рахуючи знизу) біля 80 °С. У його складі звичайно містилося 5-20 % пропанову та ізобутанолу, 0,3-0,8 % об. ефірів та невелика кількість азотистих речовин, альдегідів і кислот. До останнього часу сивушний спирт як побічний продукт з установки на більшості заводів не виводився і тільки у зв'язку з підвищенням вимог до якості спирту його стали відбирати.

**Головна фракція етилового спирту.** Об'єм відбору головної фракції встановлюють практичним шляхом у залежності від аналітичних та органолептичних показників ректифікованого спирту і складу вказаної фракції. Головна фракція має бути прозорою, безбарвною, трохи жовтуватою або зеленуватою, з видимою концентрацією більше 92 об.%. Допускається такий склад: (г/дм<sup>3</sup>): кислот менше 1, ефірів менше 30, альдегідів при переробці крохмалистої сировини менше 10, при переробці меляси менше 35; вміст метанолу (об. %): при переробці меляси менше 0,05, зерна менше 1,5. У головній фракції біля 90 % етилового спирту, 2-6 % летких домішок і 5-6 % води. Склад і кількість домішок значною мірою залежить від якості сировини, умов її переробки й об'єму головної фракції що відбирається .

					Характеристика проекрованої продукції	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За органолептичними показниками фракція головна повинна відповідати вимогам, які зазначеним у таблиці 3.1.4.

Таблиця 3.1.4 – Органолептичні показники головної фракції етилового спирту

Назва показника	Характеристика	Метод випробування
Зовнішній вигляд	Прозора рідина без сторонніх домішок і без осаду	ГОСТ 5954
Кольоровість	Прозора рідина з жовтоватим і зеленуватим кольором	ГОСТ 5954
Запах	Характерний ефірам та альдегідам	ГОСТ 5954

За фізико-хімічними показниками головної фракції етилового спирту повинна відповідати вимогам, зазначеним у таблиці 3.1.5.

Таблиця 3.1.5 – Фізико-хімічні показники головної фракції етилового

Назва показника	Норми	Метод випробування
Об'ємна частка етилового спирту в фракції головної етилового спирту,%, не менше	92	ГОСТ 3539
Масова частка альдегідів в переліку на оцтовий альдегід, г/дм <sup>3</sup> безводного спирту, не більше	10	п.4.4 ТУ
Масова концентрація спиртів (сивушного масла), г/дм <sup>3</sup> безводного спирту, не більше	2,0	п.4.6 ТУ
Об'ємна частка метилового спирту, %, не більше	1,5	ГОСТ 5964 п.4.7 ТУ

**Барда.** Післяспиртова зернова барда – це складна полідисперсна система, сухі речовини якої знаходяться у вигляді зависив і у розчиненому стані. При відгонці спирту у барді залишається невикористана при бродінні частина органічних речовин зерна, мінеральні речовини зерна, накопичена біомаса дріжджових грибів та продуктів їх життєдіяльності (гліцерин, органічні кислоти та інші) та частина подрібненого солоду.

Склад і поживність барди залежить від виду сировини, що переробляється на спирт. Свіжа барда має кислу реакцію (рН 4,2-4,4) і характеризується такими показниками:

					Характеристика проектованої продукції	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сухі речовини, %.....6,7-8,4

в тому числі:

сирий протеїн.....1,8-2,2

клітковина.....0,9-1,7

зола.....0,6-0,7

безазотисті екстрактивні речовини.....3,4-3,8

У зв'язку з великим вмістом води барда належить до об'ємних водянистих мало транспортабельних кормів, що зумовлює специфіку її використання.

Основна цінність барди полягає у наявності протеїну, вміст якого у сухій речовині зернової барди складає у середньому 26-28 %. Одна тонна барди містить 10-15 кг протеїну і 40-70 харчових одиниць.

За органолептичними показниками суха барда повинна відповідати вимогам, вказаними у таблиці 3.1.6.

Таблиця 3.1.6 – Органолептичні показники барди

Назва показника	Характеристика
Зовнішній вигляд	Сипучий порошок або гранули
Колір	Від світло-жовтого до коричневого
Запах	Хлібно-дріжджовий, характерний зерновій сировині і дріжджам, без стороннього запаху

### 3.2 Характеристика сировини

Основною сировиною для виробництва спирту є зернові культури.

#### *Характеристика зернових культур.*

Основною сировиною для виробництва спирту є зерна злаків. У спирт переробляють будь-яке зерно, і в тому числі й не придатне для харчових і кормових цілей. Щорічний об'єм переробки коливається в залежності від багатьох факторів і приблизно становить (%): пшениці - 50 (переважно дефектної), ячменю-20, жита-12, кукурудзи-8, проса-5, вівса-2 та інших культур-3. Для приготування солоду використовують кондиційне високоякісне зерно.

Кукурудза. Із зернових культур найкращою сировиною для виробництва спирту є кукурудза. У ній міститься відносно більше крохмалю, менше клітковини, більше жиру (що підвищує кормову цінність барди). Урожайність у 2-3 рази вища врожайності інших зернових культур.

На прямостоячому стеблі рослини заввишки від 0,6 до 2,6 м розвиваються 1-2 (інколи більше) качани, на поверхні яких розташовані уздовж початку від 300 до 1000 зернівок (зерен). Зернівки мають жовте або біле забарвлення, рідше - оранжеве та вишнево-червоне. Зернівка становить від 75 до 85% маси качану. Качан обгорнутий декількома шарами листків.

					Характеристика проекрованої продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

У залежності від форми зерна та ступеню розвитку ендосперму, кукурудзу поділяють на 7 ботанічних груп: кременисту, пуповидну, крохмалевмісну, восковидну, цукрову, лущату. Для виробництва спирту доцільніше використовувати крохмалисту і пуповидну кукурудзу, які легко розварюються.

Жито, пшениця, ячмінь та овес. Жито (*Secale*), пшениця (*Triticum*), ячмінь (*Hordeum*) і овес (*Avena*) широко культивують в Україні, Росії, овес - усюди - від субтропіків до Заполяр'я. Зерно родини тонконогих (злаків) принципово має однакову будову. Воно складається з трьох частин: зародку, ендосперму та оболонки; останні дві – плодова та насіннева. Хімічний склад зерна сильно залежить від культури і сорту, ґрунтово-кліматичних умов, прийомів агротехніки, умов зберігання та інших факторів. У середньому зерно складається із 14 % вологи і 86 % сухих речовин.

Вода. Вологість зерна залежить не тільки від його гігроскопічних властивостей, але і від зрілості та інших умов.

Розрізняють чотири стани товарного зерна: сухе, середньої сухості, вологе і сире. Наприклад, для жита, пшениці і ячменю, ці стани характеризуються такими показниками вмісту вологи (%): сухе - до 14, середньої сухості - від 14 до 15,5, вологе - від 15,5 до 17 і сире - більш 17. У дефектному та змокрилому зерні вологість може досягати 30 % і більше. Волога, яка відповідає сухому стану, є колоїдно-зв'язною, життєві процеси зведені до мінімуму, при середній сухості з'являється невелика кількість вільної води, і зерно може пробуджуватися до життя. Вологість, яка відповідає цьому стану зерна, називається критичною.

Сухі речовини. У зерні в середньому 84 % органічних і 2 % мінеральних речовин, а саме (%): крохмалю — 52, цукрів — 3, клітковини - 6, пентозанів і пектинових речовин — 9, азотистих речовин — 11, жиру — 3.

Крохмаль міститься (%): у здорових зрілих зернах пшениці - 48...57, житі 46...53, ячменю 43...55, проса 42.. .60, вівса 34.. .40, кукурудзи крохмалистої 61.. .70, пуповидної 58...64, кременистої 54...71. У дефектному зерні кількість крохмалю знижується.

Цукрів у здоровому зерні звичайно від 0,6 до 7,0 %. Вони складаються в основному із цукрози і невеликих кількостей три - і тетрацукридів. У ячмені і житі в помітних кількостях присутня рафіноза. Мальтози немає, але вона з'являється при пророщуванні зерна.

Целюлози в зерні, яке звільнене від квіткових оболонки, відносно мало - 1,5...2,5 %. У зерні з плівками вміст клітковини збільшується і складає (%): у вівсі-10, просі - 8, ячмені - 4. ..5, горосі - 7,7.

Пентозани - домінуюча складова частина гумі (слизів). У зерні містяться геміцелюлози (напівклітковини), які складаються з гексозанів (манана, галактана, глюкана) і- пентозанів (ксилана, арабана), які поряд з клітковиною входять до складу клітинних стінок.

Загальна кількість пентозанів у зерні 7... 15 %. Багато пентозанів у вівсі (13... 15 %), ячмені (9... 13 %) і житі (біля 10 %). Особливо багато гумі у зерні жита (до 2,8 %), що викликає високу в'язкість розвареної маси, одержаної з неї. У кукурудзі містяться декстрини (1.. .6 %). У недозрілому зерні жита і пшениці у значних кількостях виявлені фруктозани.

					Характеристика проектованої продукції	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пектинових речовин у зерні відносно небагато.

Азотисті речовини у здоровому зрілому зерні складаються головним чином з білків, яких міститься від 7 до 25 %. Вільні амінокислоти, аміди і пептиди присутні в дуже невеликих кількостях. Лише в зерні жита їх дещо більше, що зумовлює благотворний вплив жита на дріжджі. Вміст небілкового азоту (включаючи аміачний) складає в середньому 2 %. У незрілому зерні, яке піддалось самозігріванню, і пророслому зерні кількість амінокислот збільшується.

У зерні знайдені альбуміни - білки, що розчиняються у воді; глобуліни - білки, які розчиняються у слабких (3... 10 %- них) розчинах нейтральних солей, а деякі з них - у слабких (0,2%-них) розчинах кислот; проламіни - білки, що розчиняються у 60.. 80 %- них розчинах спиртів; глютелін — білки, які розчиняються у слабких (0,2 %- них) розчинах лугів.

Типові представники білків: альбумінів — лейкози пшениці, глобулінів - едестин ячменю, глютелін пшениці, проламінів — гліадин пшениці, зсів кукурудзи, гордеїн ячменю, аденін вівса, глютелінів - зеїн кукурудзи.

Невелика кількість водорозчинних азотистих речовин в зерні кукурудзи та неповноцінність амінокислотного складу більшої частини білків при розмноженні дріжджів на суслі з цієї сировини вимагають внесення азотистого живлення.

Жири – три гліцериди жирних кислот — містяться у зерні у відносно невеликій кількості: у кукурудзі 5. ..7 %, у вівсі 5. ..6 %, у просі 3,5...5 %.

Приблизно 85 % їх локалізовано у зародку, 12 % - в алейроновому шарі і 3 % - у мучнистій частині ендосперму. У склад жиру входять в основному ненасичені кислоти — ліноленова, ліолева. і олеїнова, з насичених – головним чином пальмітинова.

Крім власне жирів, зерно містить фосфатиди, стероли, віск, пігменти та інші речовини. Головним і найбільш поширеним представником фосфатидів у злаках є лецетин – три гліцерид, який містить фосфорну кислоту і азотисту основу холіну. Вміст лецетинів невеликий (0,3...0,7 %). При гідролізі фосфатидів вивільняється фосфорна кислота - одна з речовин, яка зумовлює кислотність зерна. Фосфатиди грають важливу роль у проникливості клітин. Із стеролів у зерні присутні високомолекулярні одноатомні спирти - фітостерини (0,03...0,07 %), які близькі до вітамінів групи О. У зерні міститься також фітин – кальцій - магнієва сіль інозит фосфорної кислоти. З пігментів у зерні знайдені каротини, антоціани, флаволи.

Вітаміни зерна представлені жиророзчинними вітамінами - токоферолами (у зародку, особливо в значних кількостях у пшеничному) і водорозчинними (мг на 100 г): тіамін - 0,3...0,8, рибофлавін-0,07...0,30, ніотинова кислота - 1,3...7,2 , а також піридоксин, біотин, пантотенова кислота. Аскорбінова кислота з'являється тільки при пророщуванні зерна.

Мінеральні речовини (зола) і кислоти складають 1,5...3,0 % від маси зерна. Вони знаходяться головним чином у оболонках і квіткових плівках, а також у зародку. Відносно багато золи у плівчастих культурах.

При зберіганні зерна контролюють головним чином температуру, а також вологість, вміст домішок, зараженість шкідниками і свіжість зерна ( запах і

					Характеристика проектованої продукції	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

колір). В табл. 3.2 наводиться характеристика якості зерна, відповідно чинної НТД

Таблиця 3.2 - Характеристика якості зерна

Показники	Зерно			
	проса	вівса	жита	ячменю
Вологість, %, не більше	15,0	16,0	15,5	15,5
Сміттєві домішки, %, не більше	3,0	2,0	2,0	2,0
Серед них, %, не більше				
Мінеральні домішки	0,2	0,2	-	0,2
Галька	-	0,1	-	0,1
Шлак, руда	-	0,05	-	0,05
Шкідливі домішки	0,2	0,2	-	0,2
Головня і споринь	-	0,1	-	0,1
Кукіль	-	0,2	-	0,3
Зернова домішка, %, не більше	4,0	3,0	-	3,0
Дрібні зерна, %, не більше	-	-	-	5,0
Схожість (здатність проростати на п'яту добу, %, не менше	92	92	-	92
Енергія проростання на третю добу, %, не менше	85	85	85*	85
Натура, г/л, не менше	-	420	685	565
Зараження комірчаними шкідниками	Не припускається, окрім кліща від 20 шт. на 1 кг зерна			

### 3.3 Характеристика допоміжних матеріалів

На спиртовому заводі для виробництва спирту етилового використовують такі допоміжні матеріали, вимоги до яких наведені в таблиці 3.3.1.

Таблиця 3.3.1. - Характеристика допоміжних матеріалів

Найменування матеріалу	Стандарт	Вміст основного компонента, відсоток	Класифікація
Сірчана кислота	ГОСТ 2184-77	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - не менше 92,5 %	Технічна
Ортофосфорна кислота	ГОСТ, ТУ 10678-76Е, 6552-80		
Полідез	ГОСТ 2081-92	Азоту- 46,3 %	Технічна
Карбамід			

					Характеристика проектованої продукції	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

*Кислота сірчана технічна* – застосовується для підкислення сусла і дріжджів. Не повинна мати в своєму складі сполук азоту, свинцю, миш'яку. По кольору сірчана кислота – від безбарвного до світло коричневого. Транспортується в залізничних стальних цистернах і зберігається в нерозбавленому водою вигляді в стальних ємностях.

Транспортується та зберігається формалін в скляних бутлях ємністю до 40 дм<sup>3</sup>, закупорених пробками, а також в металевих цистернах.

*Ортофосфорна кислота* – у спиртовому і дріжджовому виробництвах використовують технічну ортофосфорну кислоту. Це мало прозора рідина, безкольорна або слабо-жовтого кольору. Відносна густина 1,530. вміст ортофосфорної кислоти у термічній кислоті біля 70 % (50,7 % у перерахунку на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) і не більше 0,0003 % миш'яку.

*Карбамід(сечовина)* – використовується як джерело азоту для дріжджів. Виробляють карбамід в кристалічному і гранульованому вигляді з вмістом азоту не менше 46 %, карбамід одержують синтетичним шляхом з аміаку і двоокису вуглецю. Відносна густина 1,335, добре розчинний у воді, не гідроскопічний. Транспортується та зберігають в крафт-мішках.

*Полідез* – дезинфікуючий засіб з високою протимікробною активністю, проти грам-позитивних, так і проти грам-негативних, як проти аеробних, так і проти анаеробних мікроорганізмів, а також проти стійких до дії дезинфектантів спорових форм пліснявих грибів та дріжджів.

### Вода технічна

Характеристика технічної води подано у таблиці 3.3.2

Таблиця 3.3.2 – *Характеристика технічної води*

Назва матеріалів	Назва та позначення НД на сировину та матеріали	Назва показника	Номінальне значення показника
Вода технічна	"Инструкция по теххимическому контролю спиртового производства"	Лужність, мг екв./дм <sup>3</sup>	Не більше 6,0
		Твердість, мг екв./дм <sup>3</sup>	Не більше 7,0

Для технологічних цілей підприємство використовує артезіанську воду, яку дістають із артезіанської скважини глибиною 170-180 м.

					Характеристика проектованої продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

## 4 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

### 4.1 Вихідні дані для для технологічних розрахунків

Спиртовий завод потужністю 3500 дал на добу виробляє спирт етиловий ректифікований.

Зерно для розварювання – зерно кукурудзи крохмалистістю 65,8 % і вологістю 14%.

Вихід спирту з 1 т умовного зерна за умови напівбезперервного розварювання і заміни солоду ферментними препаратами — 66,6 дал.

Використають розріджуючий ферментний препарат Thegamyl HS 77 L в кількості 0,5 дм<sup>3</sup>/1 т умовного крохмалю та оцукрюючий ферментний препарат Thegamyl GA 400 L в кількості 1,2 дм<sup>3</sup>/1 т умовного крохмалю.

Для антисептування застосовують Полідез з витратою 20 см<sup>3</sup>/1 м<sup>3</sup> сусла.

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

Розрахунки виконують на 100 дал умовного спирту-сирцю.

### 4.2 Продуктові розрахунки

#### Вихід спирту

Плановий вихід спирту в дал із 1 т крохмалю кукурудзи за умови неперервного розварювання з надбавками на технологічні вдосконалення:

$$V_{x_{c.пл}} = 66,6 + 0,33 = 66,83 \text{ дал,}$$

де 0,33 — неперервне зброджування, дал.

#### Витрати зерна для отримання 100 дал спирту

Кількість крохмалю сировини, що необхідна для одержання 100 дал спирту.

$$G_{кр} = 100 \cdot 1000 / V_{x_{c.пл}} = 100 \cdot 1000 / 66,83 = 1496,33 \text{ кг.}$$

Витрати зерна для отримання 100 дал спирту:

$$G_{кук} = G_{кр} \cdot 100 / K_p = 1496,33 \cdot 100 / 65,8 = 2274 \text{ кг,}$$

де  $K_p$  — крохмалистість зерна, %.

У цій кількості зерна міститься:

води  $G_{в.кук} = G_{кук} \cdot W / 100 = 2274 \cdot 14 / 100 = 318,36 \text{ кг,}$

сухих речовин  $G_{ср.кук} = G_{кук} - G_{в.кук} = 2274 - 318,36 = 1955,6 \text{ кг,}$

з них зброджуваних  $G_{зб} = G_{кук} \cdot K_p / 100 = 2274 \cdot 65,8 / 100 = 1496,3 \text{ кг,}$

незброджуваних  $G_{незб} = G_{ср.кук} - G_{зб} = 1955,6 - 1496,3 = 459,3 \text{ кг.}$

#### Витрата ферментних препаратів

На 1 т умовного крохмалю зерна витрачають 0,5 дм<sup>3</sup> Tegamyl HS 77 L та 1,2 дм<sup>3</sup> Tegamyl GA 400 L.

Витрата Tegamyl HS 77 L складатиме:

$$V_{TegHS} = G_{зб} \cdot 0,5 = 1,496 \cdot 0,5 = 0,748 \text{ дм}^3.$$

Перед введенням ферментного препарату в збірник замісу його розводять з водою 1:10. Об'єм води для розведення ферментного препарату:

$$V_{в.TegHS} = V_{TegHS} \cdot 10 = 0,748 \cdot 10 = 7,48 \text{ дм}^3.$$

При густині ферментного препарату 1,2 кг/дм<sup>3</sup> маса ферментного препарату дорівнює:

$$G_{TegHS} = V_{TegHS} \cdot 1,2 = 0,748 \cdot 1,2 = 0,90 \text{ кг.}$$

Загальна маса розчину ферментного препарату Tegamyl HS 77 L:

$$G_{заг.TegHS} = V_{в.TegHS} + G_{TegHS} = 7,48 + 0,90 = 8,38 \text{ кг.}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Маса розчину ферментного препарату Tegamyl HS 77 L, що вводиться в заміс:

$$G_{\text{зам.ТегHS}} = G_{\text{заг.ТегHS}} \cdot 0,3 = 8,38 \cdot 0,3 = 2,5 \text{ кг,}$$

де 0,3 — 30 % від об'єму ферментного препарату Tegamyl HS 77 L, який задають у збірник для приготування замісу.

Витрата ферментного препарату Tegamyl GA 400 L:

$$V_{\text{ТегGA}} = G_{\text{зб}} \cdot 0,8 = 1,496 \cdot 1,2 = 1,80 \text{ дм}^3,$$

Об'єм води для розведення ферментного препарату Tegamyl GA 400 L:

$$V_{\text{в.ТегGA}} = V_{\text{GA}} \cdot 10 = 1,8 \cdot 10 = 18 \text{ дм}^3.$$

Маса ферментного препарату Tegamyl GA 400 L при густині ферментного препарату 1,2 кг/дм<sup>3</sup>:

$$G_{\text{ТегGA}} = V_{\text{GA}} \cdot 1,2 = 1,80 \cdot 1,2 = 2,16 \text{ кг.}$$

Загальні маса і об'єм розчину ферментного препарату Tegamyl GA 400 L:

$$G_{\text{заг.GA}} = V_{\text{в.GA}} + G_{\text{GA}} = 18 + 2,16 = 20,16 \text{ кг,}$$

$$V_{\text{заг.GA}} = V_{\text{в.GA}} + V_{\text{GA}} = 18 + 1,80 = 19,8 \text{ дм}^3.$$

### Приготування замісу

Для приготування замісу використовують помел зерна з температурою 20 °С, воду з температурою 65 °С і фільтрат барди в кількості 30 % з температурою 80 °С від кількості води. У заміс задають 30 % від загальних витрат розчину Tegamyl HS 77 L.

Середню температуру замісу розраховують таким чином.

Кількість води і фільтрату барди, яка потрібна для приготування замісу:

$$G_{\text{в.ф.б}} = G_{\text{кук}} \cdot 2,5 = 2274 \cdot 2,5 = 5685 \text{ кг,}$$

де 2,5 — витрати води і фільтрату барди, кг на 1 кг помелу зерна.

Із цієї кількості складатимуть витрати:

$$\text{фільтрату барди} \quad G_{\text{ф.б}} = 5685 \cdot 0,3 = 1705,5 \text{ кг,}$$

$$\text{води} \quad G_{\text{в.зам}} = 5685 \cdot 0,7 = 3979,5 \text{ кг.}$$

Загальна маса замісу:

$$G_{\text{зам}} = G_{\text{кук}} + G_{\text{в.зам}} + G_{\text{ф.б}} + G_{\text{зам.ТегHS}} = \\ 2274 + 3411 + 2274 + 2,5 = 7961,5 \text{ кг.}$$

Сухих речовин у замісі така ж кількість, що і у кукурудзи, тобто 1955,6 кг. Процентний вміст сухих речовин у замісі:

$$C_{\text{зам}} = G_{\text{СР}} \cdot 100 / G_{\text{зам}} = 1955,6 \cdot 100 / 7961,5 = 24,4 \text{ \%}.$$

Об'єм замісу :

$$V_{\text{зам}} = G_{\text{зам}} / \rho_{\text{зам}} = 7961,5 / 1,0910 = 7297,4 \text{ дм}^3,$$

де 1,0910 — густина замісу, кг/дм<sup>3</sup>.

### Температура замісу

Теплоємність замісу:

$$c_{\text{зам}} = (G_{\text{кук}} c_1 + G_{\text{в}} c_2 + G_{\text{ф.б}} c_3 + G_{\text{зам.ТегHS}} c_4) / G_{\text{зам}} \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{град}), \\ c_{\text{зам}} = (2274 \cdot 1,5 + 3979,5 \cdot 4,18 + 1705,5 \cdot 4,2 + 2,5 \cdot 4,185) / 7961,5 = 3,42 \\ \text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{град}),$$

де  $c_1$  — теплоємність кукурудзи, кДж/(кг·град);  $c_2$  — теплоємність води, кДж/(кг·град);  $c_3$  — теплоємність фільтрату барди, кДж/(кг·град);  $c_4$  — теплоємність розчину ферментного препарату Tegamyl HS 77 L, кДж/(кг·град).

					Технологічні розрахунки	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість тепла замісу:

$$Q_{\text{зам}} = G_{\text{кук}} c_1 t_{\text{кук}} + G_{\text{в}} c_2 t_{\text{в}} + G_{\text{ф.б}} c_3 t_{\text{ф.б}} + G_{\text{зам.ТегHS}} c_4 t_{\text{зам.ТегHS}}, \text{ кДж,}$$
$$Q_{\text{зам}} = 2274 \cdot 1,5 \cdot 20 + 3979,5 \cdot 4,18 \cdot 50 + 1705,5 \cdot 4,2 \cdot 80 + 2,5 \cdot 4,185 \cdot 25 =$$
$$= 1473245,1 \text{ кДж,}$$

де  $G_{\text{кук}}$  — маса кукурудзи, кг;  $G_{\text{в}}$  — витрата води, кг;  $G_{\text{ф.б}}$  — витрата фільтрату барди, кг;  $G_{\text{зам.Тегм}}$  — витрата ферментного препарату Termamyl 120 L, що вводиться в заміс, кг;  $t_{\text{кук}}$  — температура кукурудзи, °С;  $t_{\text{в}}$  — температура води, °С;  $t_{\text{ф.б}}$  — температура барди, °С;  $t_{\text{зам.ТегHS}}$  — температура ферментного препарату Termamyl HS 77 L, що вводиться в заміс, °С.

Температура замісу в збірнику

$$t_{\text{зам}} = Q_{\text{зам}} / (G_{\text{зам}} c_{\text{зам}}) = 1473245,1 / (7961,5 \cdot 3,42) = 54 \text{ °С.}$$

### Термоферментативна обробка замісу

У контактній головці перед надходженням в апарат термоферментативної обробки заміс підігрівають до температури  $t_{\text{к}}$  95 °С парою з тиском 130 кПа. Витрати пари складуть:

$$G_{\text{п.АТФО}} = G_{\text{зам}} c_{\text{зам}} (t_{\text{к}} - t_{\text{зам}}) \cdot 1,02 / (2687 - 449,19) =$$
$$= 7961,5 \cdot 3,42 \cdot (95 - 54) \cdot 1,02 / (2687 - 449,19) = 508,8 \text{ кг,}$$

де 1,02 — коефіцієнт, що враховує втрати пари в навколишнє середовище; 2687 — ентальпія водяної пари при тиску 130 кПа, кДж/кг; 449,19 — ентальпія конденсату пари, кДж/кг.

Маса замісу, що виходить із контактної головки в термоферментатор:

$$G_{\text{зам.АТФО}} = G_{\text{зам}} + G_{\text{п.АТФО}} = 7961,5 + 508,8 = 7452,7 \text{ кг.}$$

Об'єм розвареної маси:

$$V_{\text{зам.АТФО}} = G_{\text{зам.АТФО}} / \rho_{\text{зам.АТФО}} = 7452,7 / 1,0843 = 6873,3 \text{ дм}^3,$$

де  $\rho_{\text{зам.АТФО}}$  — густина розвареної маси, кг/дм<sup>3</sup>.

### Оцукрювання розвареної маси

Оцукрювання розвареної маси передбачено у бродильному апараті. За такої технології розварену масу охолоджують в спіральному теплообміннику з подальшим оцукренням в бродильному апараті.

Після термоферментативної обробки відбирають 8-10 % сусла на розмноження дріжджів. Решта поступає на охолодження до температури від 85-95 до температури бродіння 30-32 °С.

Кількість сусла, яка перекачується на охолодження до температури бродіння:

$$G_{\text{сус.брод}} = G_{\text{зам.АТФО}} \cdot 90/100 = 7452,7 \cdot 90/100 = 6707,43 \text{ кг,}$$
$$V_{\text{сус.брод}} = V_{\text{зам.АТФО}} \cdot 90/100 = 6873,3 \cdot 90/100 = 6185,97 \text{ дм}^3.$$

Кількість води, яка використовується на охолодження розрідженої маси при охолодженні її до температури 32°С:

$$G_{\text{в.охол}} = G_{\text{сус.бр}} c_{\text{зам}} \cdot (95 - 32) / (c_{\text{в}} \cdot (45 - 20)) =$$
$$= 6707,43 \cdot 3,42 \cdot (95 - 32) / (4,2 \cdot (45 - 20)) = 13763,6 \text{ кг,}$$

де 45 і 20 — температура води на виході і вході в теплообмінник, °С.

### Приготування виробничих дріжджів

Кількість сусла, що відбирають на розмноження дріжджів:

$$V_{\text{сус.др}} = V_{\text{зам.АТФО}} \cdot 0,1 = 6873,3 \cdot 0,1 = 687,33 \text{ дм}^3,$$
$$G_{\text{сус.др}} = G_{\text{зам.АТФО}} \cdot 0,1 = 7452,7 \cdot 0,1 = 745,27 \text{ кг.}$$

Витрати води на охолодження сусла в дріжджанці до температури 30-32°С:

					Технологічні розрахунки	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_{\text{в.ох.в.др}} = G_{\text{сус.др}} \cdot c_{\text{зам}} \cdot 1,1 \cdot (95-32) / (c_{\text{в}} \cdot (40-20)) =$$

$$= 745,27 \cdot 3,42 \cdot 1,1 \cdot (95-32) / (4,2 \cdot (40-20)) = 2102,8 \text{ кг},$$

де 20 і 40 — температура охолоджуючої води на вході і виході із поверхні охолодження, °С; 1,1 — коефіцієнт, що враховує збільшення маси в дріжджанці за рахунок внесення засівних дріжджів.

Витрати вуглеводів на утворення спирту і накопичення біомаси під час вирощування виробничих дріжджів:

$$G_{\text{вит.вуг}} = G_{\text{сус.др}} \cdot 1,1 \cdot (24,4-10) / 100 = 745,27 \cdot 1,1 \cdot (24,4-10) / 100 = 118,1 \text{ кг},$$

де 24,4 — початкова концентрація сухих речовин сусла, %; 10 — концентрація сухих речовин у дріжджовому суслі, %.

Під час вирощування дріжджів виділяється діоксиду вуглецю:

$$G_{\text{CO}_2} = G_{\text{вит.вуг}} \cdot V_{\text{х.пл}} \cdot 1,002 \cdot 0,78927 \cdot 0,9554 / 100 =$$

$$= 118,1 \cdot 66,83 \cdot 1,002 \cdot 0,78927 \cdot 0,9554 / 100 = 59,6 \text{ кг},$$

де 1,002 — коефіцієнт, що враховує втрати спирту при перегонці бражки; 0,78927 — густина безводного спирту, кг/дм<sup>3</sup>; 0,9554 — вихід діоксиду вуглецю, кг/кг спирту.

Для підкислення дріжджового сусла використовують сірчану кислоту густиною 1,84 кг/дм<sup>3</sup>. Сусло із зерна підкислюють до кислотності 0,7-0,9°. Потрібну кількість концентрованої сірчаної кислоти розраховують за формулою:

$$V_{\text{кис.сірч.конц}} = V_{\text{сус.др}} \cdot (K_{\text{к}} - K_{\text{п}}) \cdot 0,049 \cdot 1,042 / (\rho_{\text{сус}} \cdot 20 \cdot 1,84) =$$

$$= 687,33 \cdot (0,9-0,2) \cdot 0,049 \cdot 1,042 / (1,0843 \cdot 20 \cdot 1,84) = 0,62 \text{ дм}^3,$$

де  $K_{\text{п}}$  і  $K_{\text{к}}$  — початкова і кінцева кислотності сусла, град.; 1,042 — кількість сірчаної кислоти густиною 1,84, що міститься в 1 кг кислоти; 0,049 — вміст сірчаної кислоти в 1 см<sup>3</sup> нормального розчину, г; 20 — кількість см<sup>3</sup> розчину, в якому визначають кислотність.

Маса концентрованої сірчаної кислоти:

$$G_{\text{кис.сірч.конц}} = 0,62 \cdot 1,84 = 1,14 \text{ кг}.$$

Концентровану сірчану кислоту розбавляють шестикратним об'ємом води, якої потрібно:  $0,62 \cdot 6 = 3,72 \text{ дм}^3$ .

Відповідно маса розбавленої сірчаної кислоти буде  $1,14 + 3,72 = 4,86 \text{ кг}$ , а об'єм —  $0,62 + 3,72 = 4,34 \text{ дм}^3$ .

Для додаткового живлення дріжджів використовують фосфорну кислоту та карбамід (сечовину), а для боротьби з інфекцією — Полідез в кількості:

$$V_{\text{Полі}} = 687,33 \cdot 20 / 100 / 1000 = 0,14 \text{ дм}^3,$$

де 100 — коефіцієнт перерахунку дал в м<sup>3</sup>; 1000 — коефіцієнт перерахунку см<sup>3</sup> в дм<sup>3</sup>.

При густині Полідезу препарату 1,2 кг/дм<sup>3</sup> його маса становить:

$$G_{\text{Полі}} = V_{\text{Полі}} \cdot 1,2 = 0,14 \cdot 1,2 = 0,17 \text{ кг}.$$

Об'єм води для десятикратного розведення Полідезу:

$$V_{\text{в.Полі}} = V_{\text{Полі}} \cdot 10 = 0,14 \cdot 10 = 1,4 \text{ дм}^3.$$

Загальна маса розчину Полідезу:

$$G_{\text{заг.Полі}} = V_{\text{в.Полі}} + G_{\text{Полі}} = 1,4 + 0,17 = 1,57 \text{ кг},$$

а об'єм

$$V_{\text{заг.Полі}} = V_{\text{Полі}} + V_{\text{в.Полі}} = 0,14 + 1,4 = 1,54 \text{ дм}^3.$$

					Технологічні розрахунки	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ефективним джерелом фосфорного живлення у спиртовому виробництві є 70 % ортофосфорна кислота з густиною 1,53 кг/дм<sup>3</sup>. Норма витрат ортофосфорної кислоти становить 1,3 кг або 0,85 дм<sup>3</sup> на 100 дал спирту, яку розбавляють шестикратним об'ємом води 0,85·6 = 5,1 дм<sup>3</sup>.

Відповідно маса розбавленої ортофосфорної кислоти буде 1,3 + 5,1 = 6,4 кг, а об'єм — 0,85 + 5,1 = 5,95 дм<sup>3</sup>.

Витрата карбаміду становлять 0,8 кг на 100 дал спирту, який розбавляють десятикратним об'ємом води. При густині карбаміду 1,32 кг/дм<sup>3</sup> потрібний об'єм буде 0,8/1,32 = 0,61 дм<sup>3</sup>. Тоді, витрата води на розбавлення карбаміду 0,61·10 = 6,1 дм<sup>3</sup>. Відповідно маса розчину карбаміду буде 0,80 + 6,1 = 6,9 кг, а об'єм — 0,61 + 6,1 = 6,71 дм<sup>3</sup>.

Маса і об'єм виробничих дріжджів будуть:

$$G_{др.вир} = G_{сус.др} \cdot 1,1 - G_{CO_2} + G_{кис.сірч.розб} + G_{кис.орто.розб} + G_{рост.карб} + G_{заг.Полі} =$$

$$= 74527 \cdot 1,1 - 59,6 + 4,86 + 6,4 + 6,9 + 1,57 = 816 \text{ кг},$$

$$V_{др.вир} = V_{сус.др} \cdot 1,1 + V_{кис.сірч.розб} + V_{кис.орто.розб} + V_{рост.карб} + V_{заг.Полі} =$$

$$= 587,33 \cdot 1,1 + 4,34 + 5,95 + 6,71 + 1,54 = 774,6 \text{ дм}^3.$$

### Зброджування сусла

Всього в бродильне відділення надходить продуктів:

$$V_{заг.бр.від} = V_{сус.брод} + V_{др.вир} + V_{в.зам.сус.брод} + V_{в.зам.др} + V_{заг.ГА} =$$

$$= 6185,97 + 774,6 + 6185,97 \cdot 0,5/100 + 774,6 \cdot 2,5/100 + 19,8 = 7030,7 \text{ дм}^3,$$

$$G_{заг.бр.від} = G_{сус.брод} + G_{др.вир} + V_{в.зам.сус.брод} + G_{в.зам.др} + G_{заг.ГА} =$$

$$= 6707,43 + 816 + 6707,43 \cdot 0,5/100 + 816 \cdot 2,5/100 + 20,16 = 7547,5 \text{ кг},$$

де 0,5 — кількість замивочної води для сусла, %; 2,5 — кількість замивочної води для виробничих дріжджів, %.

Вміст спирту в бражці, що надходить на перегонку, дорівнює сумі розрахункової кількості спирту (100 дал) і кількості спирту, що втрачається під час перегонки. Якщо втрати при перегонці бражки 0,2 %, кількість втраченого спирту становить:

$$V_{с.вт.пер} = G_{ум.кр} \cdot V_{х.с.т} \cdot V_{т.с.пер} = 1496,33 \cdot 0,7199 \cdot 0,002 = 2,15 \text{ дм}^3,$$

де  $G_{ум.кр}$  — кількість умовного крохмалю введеного у виробництво, кг; замивочної води для сусла, %;  $V_{х.с.т}$  — теоретичний вихід спирту з 1 кг умовного крохмалю, дм<sup>3</sup>;  $V_{т.с.пер}$  — втрати спирту під час перегонки бражки, частка від 1.

У зрілій бражці повинно бути безводного спирту:

$$1000 + 2,15 = 1002,15 \text{ дм}^3 \text{ або } 1002,15/0,78927 = 1269,7 \text{ кг}.$$

Під час зброджування сусла виділиться діоксиду вуглецю:

$$G_{CO_2} = 1269,7 \cdot 0,9554 = 1213,07 \text{ кг}.$$

Якщо в зрілій бражці залишається 0,25 % незброженого умовного крохмалю, то маса сухих речовин у зрілій бражці дорівнює:

$$G_{ср.бр.зр} = G_{зб} \cdot 0,0025 + G_{незб} = 1496,33 \cdot 0,0025 + 459,3 = 463 \text{ кг}.$$

Маса зрілої бражки становить:

$$G_{бр.зр} = G_{заг.бр.від} + G_{с.бр.зр} + G_{ср.бр.зр} =$$

$$= 7597,5 + 1269,7 + 463 = 9330,2 \text{ кг}.$$

Щоб розрахувати справжнє зброджування, треба визначити масу бражки, в якій спирт замінено водою. За такої заміни її маса становитиме:

					Технологічні розрахунки	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$9330,2 - 1269,7 + 1002,15 = 7058,4 \text{ кг.}$$

Справжнє зброджування бражки дорівнює:

$$463 \cdot 100 / 9330,5 = 4,96 \% \text{ мас.},$$

тоді об'єм бражки (при заміні спирту водою) дорівнює:

$$7058,4 / 1,02 = 6920 \text{ дм}^3.$$

Вміст спирту в зрілій бражці:

$$V_{\text{с.бр.зр}} = 1002,15 \cdot 100 / 6920 = 14,4 \% \text{ об.}$$

До зрілої бражки, що надходить на перегонку, добавляють 5 % водно-спиртової рідини із спиртовловлювача і 1 % води, що витрачається на миття бродильних апаратів, всього 6 % від об'єму зрілої бражки. Тоді, загальний об'єм і маса бражки, що надходить на перегонку, буде:

$$V_{\text{бр.зр.заг}} = V_{\text{бр.зр}} + V_{\text{бр.зр}} \cdot 6 / 100 = 6920 + 6920 \cdot 6 / 100 = 7335,2 \text{ дм}^3,$$

$$G_{\text{бр.зр.заг}} = G_{\text{бр.зр}} + V_{\text{бр.зр}} \cdot 6 / 100 = 7058,4 + 7058,4 \cdot 6 / 100 = 7481,9 \text{ кг.}$$

Вміст спирту в зрілій бражці, що надходить на перегонку:

$$V_{\text{с.бр.зр}} = 1002,15 \cdot 100 / 7335,2 = \underline{\underline{13,1}} \% \text{ об.}$$

### Спирт і продукти ректифікації

Розрахунки продуктів виконано на 100 дал умовного спирту-сирцю. Під час перегонки і ректифікації на брагоректифікаційних апаратах мають місце втрати, які залежать від типу і продуктивності апаратів, а також періоду року. В середньому при ректифікації вони становлять під час виробництва зернового ректифікованого спирту "Люкс" 0,6 % від безводного спирту-сирцю, який поступив на ректифікацію.

Вихід окремих продуктів ректифікації спирту коливається залежно від виду сировини, обраної технологічної схеми та інших умов у таких межах, %:

фракція головна етилового спирту – 5,0-7,0 % ;

сивушне масло – 0,3-0,5 % ;

сивушний спирт, якщо його виводять із БРУ – 0,5-1,5 % .

Приймаємо вихід фракції головної етилового спирту міцністю 95 об. % рівним 2,0 %, сивушного масла міцністю 88 об. % – 0,4 % , сивушного спирту міцністю 85 об. % – 1,0 % .

Тоді, об'єм фракції головної етилового спирту буде:

$$100 \times 2,0 \times 100 / 95 / 100 = 2,105 \text{ дал} = 21,05 \text{ дм}^3 .$$

Маса головної фракції етилового спирту:

$$21,05 \times 0,8114 = 25,94 \text{ кг,}$$

де 0,8114 – густина водно-спиртового розчину міцністю 95,0 %, кг/дм<sup>3</sup>.

Об'єм сивушного масла міцністю 88 % при відборі 0,3 % :

$$100 \times 0,4 \times 100 / 88 / 100 = 0,45 \text{ дал} = 4,5 \text{ дм}^3 .$$

Маса сивушного масла:

$$4,5 \times 0,8357 = 3,76 \text{ кг.}$$

де 0,8357 – густина сивушного масла, кг/дм<sup>3</sup>.

Об'єм сивушного спирту міцністю 85,0 % при відборі 1 %

$$100 \times 1,0 \times 100 / 85 / 100 = 1,18 \text{ дал} = 11,8 \text{ дм}^3 .$$

Маса сивушного спирту:

$$11,8 \times 0,8449 = 10,0 \text{ кг,}$$

де 0,8449 – густина сивушного спирту, кг/дм<sup>3</sup>.

Вихід ректифікованого спирту "Люкс" міцністю 96,4 об. %:

					Технологічні розрахунки	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$100 - 5,0 - 0,3 - 1,0 - 0,6 = 93,1 \% ,$$

де 0,6 – втрати спиту під час ректифікації, %.

З урахуванням цих даних визначають об'єм ректифікованого спирту міцністю 96,3 об. %, який можна одержати із 100 дал умовного спирту-сирцю

$$100 \times 93,1 \times 100 / 96,3 / 100 = 96,68 \text{ дал} = 966,8 \text{ дм}^3 .$$

Його маса складає:

$$966,8 \times 0,7893 = 763,10 \text{ кг} .$$

Розраховану кількість сировини, проміжних і кінцевих продуктів ректифікації для отримання 100 дал умовного спирту сирцю використовують для визначення їх величини для годинної та добової продуктивності заводу і подають у вигляді зведеної таблиці розрахунків продуктів (табл. 4.1).

Узагальнені результати продуктивних розрахунків та їх перерахунок на добову і годинну потужності продуктів наведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Зведена таблиця продуктивних розрахунків виробництва

Найменування продукту	Кількість продуктів на					
	100 дал безводного спирту		Добова потужність (3500 дал)		Годинна потужність	
	кг	дм <sup>3</sup>	кг	дм <sup>3</sup>	кг	дм <sup>3</sup>
Сировина	2274	2842,5	68220	85275	2842,5	3553,1
Вода для приготування замісу	3979,5	3979,5	119385	119385	4974,4	4974,4
Розчин ФП Tegamyl HS 77 L	8,38	7,48	251,4	224,4	10,5	9,35
Розчин ФП Tegamyl GA 400 L	20,16	19,8	604,8	594	25,2	24,75
Заміс	7961,5	7297,4	2388,45	218922	9951,9	9121,9
Концентрація сухих речовин в замісі, % мас.	24,4	-	24,4	-	24,4	-
Гостра пара для розварювання замісу	508,8	-	15264	-	636	-
Кількість розвареної маси, що виходить з апарату ТФО	7452,7	6873,3	223581	206199	9315,9	8591,6
Кількість розвареної маси	6707,43	6185,97	201222	185579,1	8384,25	7732,5

Технологічні розрахунки

Арк.

39

для бродіння						
Кількість розвареної маси для розмноження дріжджів	745,27	687,33	22358,1	20619,9	931,6	859,2
Сірчана кислота	1,14	0,62	34,2	18,6	1,425	0,775
Полідез	0,17	0,14	5,1	4,2	0,21	0,175
Карбамід	0,8	0,61	2,4	18,3	1	0,76
Ортофосфорна кислота	1,3	0,85	39	25,5	1,6	1,06
Виробничі дріжджі	816	774,6	24480	233238	1020	968,25
Зріла бражка	9330,2	6920	279906	207600	11662,8	8650
Безводний спирт в зрілій бражці	789,27	1000	23678,1	30000	986,6	1250
Міцність зрілої бражки, % об.	-	13,1	-	13,1	-	13,1
Бражка, що надходить на перегонку	7481,9	7335,1	224457	220053	9352,4	9168,9
Міцність бражки, що надходить на перегонку	-	13,9	-	13,9	-	13,9
Головна фракція етилового спирту	42,68	52,6	1280,4	1578	53,35	65,75
Сивушне масло	10,0	11,8	300	354	12,5	14,75
Сивушний спирт	2,8	3,4	84	102	3,5	4,75
Спирт ректифікат	763,1	966,8	22893	29004	976,8	1208,5

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

## 5 РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

### Бражна колона

Діаметр  $D=2000$  мм, висота  $H=17000$  мм, 30 ситчатих тарілок, маса  $G= 9015$  кг.

Теплове навантаження на теплообмінник:

$$Q_{\text{під}}=7308 \cdot 4,0 \cdot (85-33) = 1520132,64 \text{ кДж.}$$

Площа поверхні теплообміну:

$$F=1520132,64/250 \cdot (105-57) = 126,67\text{м}^2.$$

Приймаємо  $140 \text{ м}^2$ . Габаритні розміри:  $D = 1440$  мм,  $H = 1200$  мм,  $G = 4400$ кг.

Водяний підігрівач бражки  $F = 39,8\text{м}^2$

Конденсатор  $\text{CO}_2$ : площа поверхності =  $16 \text{ м}^2$ ; діаметр  $620$  мм; довжина =  $3015$ мм, маса =  $419$  кг.

### Елюраційна колона

Діаметр  $1200$  мм, габаритні розміри  $8125/1410/1400$  мм, кількість тарілок  $63$  шт, на тарілці  $62$  ковпачка, відстань між тарілками  $170$  мм.

Конденсатор ЕК: маса  $387$  кг, кількість трубок  $55$ , поверхня охолодження  $10 \text{ м}^2$ .

Дефлегматор ЕК: маса  $2006$  кг, діаметр  $900$  мм, довжина  $3520$ мм, поверхня теплообміну  $5\text{м}^2$ .

Спиртовловлювач ЕК: маса  $227$  кг, габаритні розміри  $2447/556/430$  мм, поверхня теплообміну  $10\text{м}^2$ .

Барометричний конденсатор:  $D = 500$  мм,  $H = 2500$ мм.

### Ректифікаційна колона

#### *Матеріальний баланс ректифікаційної колони*

Завданням даної частини розрахунку є визначення продуктивності апарата по дистилляту та кубовому залишку, визначення середніх масових витрат по рідині і парі у відгінній (нижній) та концентраційній (верхній) частинах колони.

Попередньо виконують переведення розмірності значення продуктивності за вихідною сумішшю  $M$  із дал/добу у кг/с:

$$M = \frac{3500}{24 \times 3600} = 0,04 \text{ дал/с};$$

Звідки за густиною вихідної суміші при  $t_m=80$ ,  $\rho=921$  кг/м<sup>3</sup> маємо:

$$M = \frac{0,04 \times 10 \times 921}{1000} = 0,3684 \text{ кг/с}.$$

Продуктивність колони за дистиллятом  $D$  та кубовим залишком визначають з рівнянь матеріального балансу колони:

$$M = D + R$$
$$Mx_m = Dx_d + Rx_r$$

Звідки визначають:

$$R = \frac{M(x_d - x_m)}{x_d - x_r} = \frac{0,04(0,90 - 0,25)}{0,90 - 0,03} = 0,03 \text{ дал/с};$$

$$D = M - R = 0,3684 - 0,03 = 0,3384 \text{ кг/с}.$$

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

Навантаження ректифікаційної колони по пару і рідині визначається значенням робочого флегмового числа  $V$  за рівнянням:

$$V = \beta \times V_{\min} ,$$

де  $\beta=5,2$  - коефіцієнт надлишку флегми, приймається за довідковими даними;

$$V_{\min} = \frac{X_d - Y_m^*}{Y_m^* - X_m}$$

де  $X_m$  і  $X_d$  – мольні долі легколеткого компонента відповідно у вихідній суміші та дистилляті, кмоль/кмоль суміші;  $Y_m^*$  - концентрація легколеткого компонента в парі, що знаходиться в рівновазі з вихідною сумішшю; 0,461 кмоль/кмоль суміші.

Перераховується вміст фаз із масових у молярні долі за відношенням:

$$X_m = \frac{(x_m / M_{cn})}{x_m / M_{cn} + (1 - x_m) / M_{вод}} ,$$

де  $M_{cn}$  – молекулярна маса складової суміші – етанолу, 46 кг/моль ;  $M_{вод}$  – молекулярна маса складової суміші – води, 18 кг/моль.

Отримують:

$$X_m = \frac{(0,25/46)}{0,25/46 + (1 - 0,25)/18} = 0,115 \text{ кмоль/кмоль} .$$

Аналогічно знаходять:  $X_d=0,7778$  кмоль/кмоль суміші;  $X_r=0,0128$  кмоль/кмоль суміші.

Тоді мінімальне флегмове число рівне:

$$V_{\min} = \frac{0,7778 - 0,551}{0,551 - 0,1146} = 0,5197$$

Робоче флегмове число рівне:

$$V = V_{\min} \times \beta = 0,5197 \times 5,2 = 3$$

Середні масові навантаження по рідині для верхньої та нижньої частин колони визначаються зі співвідношень

$$L_v = DV \frac{M_v}{M_d}$$

$$L_n = DV \frac{M_n}{M_d} + M \frac{M_n}{M_m} ,$$

де  $M_d$  і  $M_m$  – молярні маси дистилляту і вихідної суміші;  $M_v$  і  $M_n$  – середні молярні маси рідини у верхній і нижній частинах колони.

Молярну масу дистилляту в даному випадку можна прийняти рівній молярній масі етанолу. Молярна маса рідини у верхній і нижній частинах колони відповідно дорівнює:

$$M_v = M_{cn} X_{cp,v} + M_{вод} (1 - X_{cp,v})$$

$$M_n = M_{cn} X_{cp,n} + M_{вод} (1 - X_{cp,n}) ,$$

де  $X_{cp,v}$  і  $X_{cp,n}$  – середній молярний склад рідини відповідно у верхній та нижній частинах колони:

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

$$X_{cp.g} = \frac{X_d + X_m}{2} = \frac{0,7778 + 0,1146}{2} = 0,4462 \text{ кмоль/кмоль}$$

$$X_{cp.n} = \frac{X_r + X_m}{2} = \frac{0,1146 + 0,0128}{2} = 0,0637 \text{ кмоль/кмоль}$$

Тоді:

$$M_g = 46 \times 0,4462 + 18(1 - 0,4462) = 30,49 \text{ кг/моль}$$

$$M_n = 46 \times 0,0637 + 18(1 - 0,0637) = 19,78 \text{ кг/моль}$$

Молярна маса вихідної суміші:

$$M_m = 46 \times 0,1146 + 18(1 - 0,1146) = 21,21 \text{ кг/моль}$$

Підставивши, отримаємо:

$$L_g = 0,0538 \times 3 \times \frac{30,49}{46} = 0,107 \text{ кг/с}$$

$$L_g = 0,0538 \times 3 \times \frac{19,78}{46} + 0,2128 \times \frac{19,78}{21,21} = 0,27 \text{ кг/с}$$

Середні масові потоки пари у верхній  $G_v$  і нижній  $G_n$  частинах колони відповідно дорівнюють :

$$G_g = P(R+1) \times \frac{M_g^*}{M_d}$$

$$G_n = P(R+1) \times \frac{M_n^*}{M_d},$$

де  $M_d^*$  і  $M_i^*$  - середні молярні маси парів у верхній та нижній частинах колони:

$$M_g^* = M_{cn} Y_{cp.g} + M_{вод} (1 - Y_{cp.g})$$

$$M_n^* = M_{cn} Y_{cp.n} + M_{вод} (1 - Y_{cp.n}),$$

де :

$$Y_{cp.g} = \frac{Y_d + Y_m}{2} = \frac{0,778 + 0,551}{2} = 0,66 \text{ кмоль/кмоль}$$

$$Y_{cp.n} = \frac{Y_r + Y_m}{2} = \frac{0,551 + 0,0128}{2} = 0,28 \text{ кмоль/кмоль}$$

Тоді:

$$M_g^* = 46 \times 0,66 + 18(1 - 0,66) = 36,6 \text{ кг/моль}$$

$$M_n^* = 46 \times 0,28 + 18(1 - 0,28) = 25,89 \text{ кг/моль}$$

Підставивши, отримують:

$$G_g = 0,0538(3+1) \times \frac{36,6}{46} = 0,17 \text{ кг/с}$$

$$G_n = 0,0538(3+1) \times \frac{25,89}{46} = 0,12 \text{ кг/с}.$$

#### Конструкційний розрахунок

Вибір робочої швидкості пари обумовлений багатьма факторами і звичайно здійснюється шляхом техніко-економічного розрахунку для кожного конкретного процесу. Для ректифікаційних колон, що працюють в плівковому режимі при атмосферному тиску, робочу швидкість можна приймати на 20-30% нижче швидкості «захливання».

У колоні з ковпачковими тарілками гранично допустиму швидкість рекомендується розраховувати за рівнянням:

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

$$w = \frac{0,0155}{d_k^{2/3}} \times \sqrt{\frac{\rho_x}{\rho_y} h_k}$$

де  $d_k$  – діаметр ковпачка, м;  $h_k$  – відстань від верхнього краю ковпачка до тарілки, що розташована вище, м. Діаметр ковпачка  $d_k$  приймається згідно номенклатур заводів-виробників і є рівним 80 мм,  $h_k$  приймається рівна 170 мм.

Розрахунок швидкості проводиться для верхньої та нижньої частин колони.

Знаходять густини рідини  $\rho_{хв}$  і  $\rho_{хн}$  і пари  $\rho_{ув}$  і  $\rho_{ун}$  у верхній та нижній частинах колони при середніх температурах у них  $t_b$  і  $t_n$ . Середні температури парів приймаємо приблизно:  $t_b=89^\circ\text{C}$ ;  $t_n=102^\circ\text{C}$ .

$$\rho_{ув} = \frac{M_e^*}{22,4} \times \frac{T_0}{T_0 + t_e} \quad \rho_{ун} = \frac{M_n^*}{22,4} \times \frac{T_0}{T_0 + t_n};$$

$$\rho_{ув} = \frac{36,6}{22,4} \times \frac{273}{(273 + 89)} = 1,23 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{ун} = \frac{25,89}{22,4} \times \frac{273}{273 + 102} = 0,84 \text{ кг/м}^3.$$

Густини рідин  $\rho_{хв}$  і  $\rho_{хн}$  беруть за таблицями густин для води (нижня частина) і етанолу (верхня частина) в залежності від температури:  $\rho_{хв}=760 \text{ кг/м}^3$ ;  $\rho_{хн}=964 \text{ кг/м}^3$ .

Підставивши, отримують:

$$w_e = \frac{0,0155}{0,08^{2/3}} \times \sqrt{\frac{760}{1,23} \times 0,17} = 0,86 \text{ м/с};$$

$$w_n = \frac{0,0155}{0,08^{2/3}} \times \sqrt{\frac{964}{0,84} \times 0,17} = 1,17 \text{ м/с}.$$

Діаметр розраховують із рівняння витрат:

$$d = \sqrt{\frac{4G}{\pi w \rho}}$$

Підставивши, отримують:

$$d_e = \sqrt{\frac{4 \times 0,17}{3,14 \times 0,86 \times 1,23}} = 1,65 \text{ м}$$

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \times 0,12}{3,14 \times 1,17 \times 0,84}} = 1,7 \text{ м}.$$

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

За номенклатурами заводів-виробників обладнання діаметр колони приймаємо рівним 1800 мм.

При цьому дійсна швидкість пари для обох частин колони:

$$w_{\partial} = w \times \left(\frac{d}{d_n}\right)^2$$

де  $d_n$  – діаметр за номенклатурами заводу-виробника.

Підставивши, отримують:

$$w_{\partial_{\text{в}}} = 0,86 \times \left(\frac{1,65}{1,8}\right)^2 = 0,73 \text{ м/с}$$

$$w_{\partial_n} = 1,17 \times \left(\frac{1,7}{1,8}\right)^2 = 1,039 \text{ м/с}$$

Кількість реальних тарілок визначається графічним методом та за рівняннями робочих ліній процесу:

а) для верхньої частини колони :

$$Y = \frac{V}{V+1} \times X + \frac{X_d}{V+1}$$

б) для нижньої частини колони:

$$Y = \frac{L}{G} (X - X_r) + X_r$$

Кількість дійсних тарілок визначають за формулою:

$$n_{\partial} = \frac{n_m}{\eta}$$

де  $\eta$  – ККД для даного типу тарілок (дається у вихідних даних),  $\eta=0,5$ ;  $n_m$  – кількість тарілок, отриманих графічно (теоретичних).

Підставивши, маємо:

$$n_{\partial} = \frac{60}{0,73} = 82 \text{ тарілок}$$

Загальна висота колони визначається з рівняння:

$$H_k = H_m (n_{\partial} - 1) + h_1 + h_2$$

де  $H_m$  – міжтарілчатий простір, м;  $h_1$  – відстань від верхньої тарілки до кришки колони, м,  $h_1=1,5 H_m$ ;  $h_2$  – відстань між днищем та нижньою тарілкою, м,  $h_2=d=0,6\text{м}$ .  $H_m$  – величина міжтарілкового простору, визначається як екологічними, так і технологічними, конструктивними, економічними факторами. З довідкових джерел обирають значення  $H_m=250$  мм.

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

Підставивши, отримують:

$$H_k = 0,25(82 - 1) + 1,5 \times 0,25 + 0,6 = 15,6 \text{ м}$$

Розрахунок патрубків зводиться до визначення основних розмірів (діаметру) комунікаційних пристроїв апарата. До розрахунку підлягають патрубки для підведення вихідної суміші, відведення кубового залишку, пари дистилляту, а також патрубків підведення флегми.

Діаметри патрубків розраховують за рівнянням:

$$d = \sqrt{\frac{4P}{\pi w_{\text{пр}}}},$$

де  $P$  – витрата продукту, що переміщається по трубопроводу,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $w_{\text{пр}}$  – швидкість руху продукту в трубопроводі.

**а) патрубків підведення вихідної суміші**

Спочатку розраховують витрату продукту з формули:

$$M' = \frac{M \varepsilon M_M}{\rho_M},$$

де  $\varepsilon$  - продуктивність колони,  $\varepsilon=0,0231$  дал/с;  $M$  – витрата продукту,  $M=0,4926$  моль/дал;  $M_M$  – молярна маса вихідної суміші,  $M_M=21,28$  кг/моль;  $\rho_M$  – густина вихідної суміші.

Підставивши, отримують:

$$M' = \frac{0,4926 \times 0,0231 \times 21,28}{921} = 0,0003 \text{ м}^3/\text{с}$$

Тоді діаметр патрубка для підводу живильної суміші при  $w_{\text{пр}}=1,5$  м/с :

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0,0003}{3,14 \times 1,5}} = 0,0399 \text{ м} = 40 \text{ мм}$$

**б) по аналогії здійснюють розрахунок діаметра патрубка для відводу парів етанолу при  $w_{\text{пр}}=20$  м/с:**

$$d=0,15 \text{ м} = 150 \text{ мм};$$

**в) розрахунок патрубка відведення кубового залишку. Об'ємні витрати кубового залишку  $R^*=R/\rho_{\text{к.з.}}$ :**

$$\rho_{\text{к.з.}} = \rho_{\text{хн}} = 960 \text{ кг/м}^3; \\ w=0,8 \text{ м/с.}$$

Діаметр розраховують за формулою :

$$D = 0,40 \text{ м} = 40 \text{ мм};$$

**г) патрубків підведення нагрівної пари**

$$P^*=P/\rho_p;$$

де  $\rho_p$  – густина нагрівної пари, за тиском  $P=0,18$  МПа  $\rho_p=1,026$   $\text{м}^3/\text{с}$  :

$$P^*=0,18 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$w=300 \text{ м/с};$$

$$d=0,0997 \text{ м} = 100 \text{ мм};$$

**д) патрубків повернення флегми в колону**

					РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Об'ємні витрати флегми  $f=VD/\rho=(0,16 \times 2,186)/760=0,0008 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $w=0,6 \text{ м/с}$  :  
 $d=0,0296 \text{ м}=30 \text{ мм}$ ;

е) діаметр патрубку відводу конденсату нагрівної пари приймаємо, як 75% від діаметра патрубку подачі нагрівної пари, тоді:

$$d=0,75 \times 0,94=70,5 \text{ мм}$$

Для зручності проектування усі отримані діаметри патрубків закруглюємо в більшу сторону і отримуємо:

а)  $d=40 \text{ мм}$ ;

б)  $d=150 \text{ мм}$ ;

в)  $d=40 \text{ мм}$ ;

г)  $d=100 \text{ мм}$ ;

д)  $d=30 \text{ мм}$ ;

е)  $d=71 \text{ мм}$ .

Маса 14780 кг, габаритні розміри 15600/1900/1800 мм, кількість тарілок 82 шт, на тарілці 128 ковпачків, відстань між тарілками 170 мм.

Конденсатор РК: поверхня охолодження  $16 \text{ м}^2$ , діаметр 500мм, довжина 2540мм, маса 536 кг.

Дефлегматор РК: маса 1670 кг, довжина 3580 мм, ширина 800 мм, поверхня теплообміну  $F = 40 \cdot 2 \text{ м}^2$ .

Конденсатор сивушної фракції: поверхня теплообміну  $10 \text{ м}^2$ , діаметр 400 мм, довжина 2650 мм, маса 380 кг.

Конденсатор сивушного спирту: поверхня теплообміну  $10 \text{ м}^2$ , діаметр 400 мм, довжина 2650 мм, маса 380 кг.

Барометричний конденсатор:  $D = 450 \text{ мм}$ ,  $H = 2400 \text{ мм}$ .

					РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

## 6 РОЗРАХУНКИ ПЛОЩ СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

Промислові будівлі призначені для виконання в них певних технологічних процесів по виготовленню продукції і покращення обслуговування процесу.

Кожна збудована будівля повинна відповідати експлуатаційним, інженерно-технічним і архітектурним вимогам. Експлуатаційні вимоги – капітальність будівель ( довговічність, вогнестійкість). Нормативні Економічні – передбачають нормативні об'ємно-планувальні, технічні та вартісні показники. Технічні – міцність та стійкість будівель в цілому і окремих його елементів. Архітектурні вимоги – спів падання зовнішнього вигляду і інтер'єрів, застосованих матеріалів і обробка будівель за їх призначенням.

В комплекс споруд спиртового заводу, потужністю 3000 декалітрів на добу, входить:

- дві виробничі споруди;
- адміністративно-побутова споруда;
- лабораторія;
- складські приміщення та інші споруди (котельня).

### 6.1 Об'ємно-планувальні рішення

Всі відділення спиртового заводу розташовані в двох виробничих корпусах, але мають між собою внутрішній перехід на рівні 2 поверху. В даному курсовому проекті реконструкції підлягає брагоректифікаційне відділення.

Будівля одноповерхова з вбудованим каркасом.

Брагоректифікаційне відділення являє собою 5-ти поверхову будівлю висотою 28,8 м. Висота поверхів різна 4,5 м та 4,8 м. Сітка колон складає 6 x 6 м. Розміри будівлі в плані складають 12 x 12 м.

Бродильне відділення являє собою одноповерхову будівлю, висотою 18,7 м. Розміри будівлі в плані 12 x 36 м. Стальні колони діаметром 400 мм, які тримають перекриття розташовані попарно на відстані 1,5 м та 5 м пара від пари.

До бродильного відділення входить і дріжджове відділення, яке розташоване на висоті 9,6 м. У цій же будівлі знаходиться варильне відділення, та підробітка.

### 6.2 Будівельні конструкції

#### Фундамент

На спиртовому заводі запроектоване стовпчастий монолітний залізобетонний фундамент, який має високу міцність, волого - та морозостійкість.

Фундамент будівлі виконаний у відповідності з інженерно геологічними умовами побудови споруд.

#### Колони

Як несучі конструкції використано металеві колони діаметром 400 мм, окрім брагоректифікаційного відділення, де використана залізобетонна колона з перерізом 40x40 см.

					Розрахунки площ складських приміщень	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### ***Балки покриття***

В бродильному відділенні частина корпусу вкрита залізобетонними плитами розміром 12 x 3 м, які розташовані на сталевих балках.

### ***Перекрыття***

Площадки перекрыття під обладнання виконані з рифленого металевого листа вкладеного по сталевим двотавровим балкам.

### ***Стіни і перегородки***

Стіни корпусу всіх відділень цегляні несучі і товщина їх складає 510 см. Перегородки цегляні товщиною 12 см.

### ***Крівля та покриття***

Конструкцією крівлі є металева ферма з вкладеною по ній металевими прогонами двотаврового перерізу. Покрівля складається з металевого настилу. Зверху є 4-6 шари руберойду.

З внутрішньої частини знаходиться шар пароізоляції, гідроізоляції та теплоізоляції.

На плитах в бродильному відділенні знаходиться покриття шару пароізоляції, гідроізоляції та теплоізоляції, потім іде цементна стінка, а за нею покриття шару руберойду.

### ***Вікна, двері, сходи***

Вікна у виробничих приміщеннях дерев'яні. Двері дерев'яні шириною 1.2 м та 2 м. Сходи збірні, сталеві. У спиртовому відділенні сходи побудовані з залізобетонного матеріалу.

### ***Підлога і внутрішні покриття***

Підлога і внутрішні покриття приміщень кожного із відділень прийняті у відповідності архітектурним, санітарно-гігієнічним та експлуатаційним вимогам. Підлога на перших поверхах відділень покладено на ущільнений ґрунт. Бетонна стяжка складає 150 мм.

Всі інші поверхні зроблені із сталевих швелерів які вкриті залізними листами ( ребристими ). Внутрішня обробка будівель – це внутрішня штукатурка з вапно-цементною закраскою.

					Розрахунки площ складських приміщень	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7 ТЕХНОХІМІЧНИЙ І МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА ТА ЙОГО МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Контроль технологічного процесу в виробництві спирту здійснює виробничо-технічна лабораторія. Штат лабораторії укомплектований.

Технохімічний контроль охоплює контроль за технологічними процесами та способами їх проведення, дає можливість контролювати наскільки відповідають регламенту технологічні процеси, що протікають в апаратах, і при необхідності досліджувати з метою вдосконалення.

Технохімічний контроль спиртового виробництва включає дослідження сировини, допоміжних матеріалів, напівфабрикатів, готової продукції та відходів.

Атестація лабораторії проводиться 1 раз в 3 роки фахівцями виробничо-технічної лабораторії заводу здійснюється вхідний контроль зерна, що поступає у склади та на виробництво. Зерно контролюється по таких показниках: колір, запах, сміттєві та зернові домішки, зараження шкідниками та крохмалистість. Контролюються показники на всіх стадіях технологічного процесу: якість розмелювання зерна; концентрація, кислотність та повнота оцукрювання маси; концентрація, кислотність та рН дріжджового сусла. Проводиться контроль дріжджів в період росту та при випуску в бродильний апарат. Ведеться контроль бражки при періодичному бродінні, та зрілої бражки. Проводиться контроль втрат при брагоректифікації.

Кожна партія спирту, ефіро-альдегідної фракції та сивушного масла контролюється згідно ДСТУ, ГОСТ та ТУ. Контроль здійснюється згідно інструкції ТХК спиртового виробництва, регламенту виробництва спирту із крохмалевмісної сировини, діючих ГОСТ, ДСТУ та ТУ на готову продукцію, сировину і допоміжні матеріали. Якість спирту проводять згідно ГОСТ-4221-93. На кожен партію готової продукції видається якісне посвідчення.

Завідуючою лабораторії щомісячно оформляється звіт про використання сировини та вихід етилового спирту та інших побічних продуктів виробництва. Лабораторіями ведуться журнали контролю по обліку сировини та напівпродуктів на кожній стадії виробництва, а саме: журнал обліку сірчаної кислоти на виробництві, бродильний журнал, журнал приготування та періодичної перевірки титрованих розчинів та ін.

В лабораторному журналі (форма 4 - ХК), який одночасно являється формою обліку всіх якісних показників сировини, напівфабрикатів та готової продукції, проводиться запис контролю за ходом технологічного процесу. По значенню показників, приведених в цьому журналі, можна прослідкувати процес переробки сировини від розварювання до перегонки бражки. На початку журналу ставлять дату та час роботи зміни, проводять характеристику оцукрюючих матеріалів, наводять їх ферментативну активність. Потім вказують найменування сировини, яка пішла на варку, ступінь подрібнення зерна та якість розварювання.

Далі реєструють відомості по контролю за приготуванням засівних дріжджів та відпуск їх у виробництво. При приготуванні засівних дріжджів вказують номер дріжджанки та час відбору сусла, ведуть контроль за початковою концентрацією сусла та дріжджів, титрованою та активною

					ТЕХНОХІМІЧНИЙ І МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

кислотністю, вказують час введення засівних дріжджів, температуру, кількість сірчаної кислоти на підкислення і кислотність (титровану) після внесення сірчаної кислоти. У виробничих дріжджах визначають концентрацію сухих речовин за цукроміром, кислотність, процент мертвих клітин, вгодованість та інфікованість. Потім вказують дату і час спуску дріжджів, температуру їх при спуску і номер бродильного апарату, куди вводять дріжджі.

### 7.1 Визначення фізико-хімічних показників

- Вода на заміс: водневий показник рН, вміст заліза ( $Fe^{+}$ ), поліфосфатів залишкових ( $PO_4^3$ ), вміст сульфатів ( $SO_4$ ), вміст хлоридів ( $Cl$ ), вміст кальцію ( $Ca^{+}$ ), жорсткість загальна, сухий залишок, лужність, перманганатна окислювальність, запах при  $20\text{ }^{\circ}C$  і при нагріванні до  $60\text{ }^{\circ}C$ , кольоровість.
- Конденсат пару: вміст заліза ( $Fe^{+}$ ), жорсткість загальна, лужність, перманганатна окислювальність, запах при  $20\text{ }^{\circ}C$  і при нагріванні до  $60\text{ }^{\circ}C$ , кольоровість, сухий залишок (солевміст).

### 7.2 Мікробіологічний контроль

- Вода на заміс: число мікроорганізмів в  $1\text{ см}^3$  води, число бактерій групи кишкової палички в 1 л води (колі - індекс).
- Конденсат пару: число мікроорганізмів в  $1\text{ см}^3$  води, число бактерій групи кишкової палички в 1 л води (колі - індекс).
- Бражка та дріжджі: загальна кількість мікроорганізмів, кислотоутворюючі бактерії, протеолітичні бактерії, лейконостоки.

На заводі сертифіковані та функціонують система управління якістю ІБО 9001-2001 та система управління безпечністю харчових продуктів згідно вимог ДСТУ 4161:2003. Це свідчить про те, що завод випускає тільки якісну та безпечну продукцію, яка відповідає вимогам нормативно - технічної документації та задовольняє всі потреби споживачів. Схема контролю наведена у таблиці 7.1

					ТЕХНОХІМІЧНИЙ І МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.1 – Схеми технохімічного і мікробіологічного контролю технологічних процесів

Об'єкт контролю	Місце відбору проби	Контрольований показник одиниця виміру	Метод контролю	Норма або технологічний показник	Періодичність відбору проби	Відповідальний за проведення аналізу
Зерно, що поступає на виробництво	від кожної партії	колір	органолептичний	світло-жовтий	1 раз на зміну	Хімік по сировині
	від кожної партії	запах	органолептичний	не допускається	1 раз на зміну	Хімік по сировині
	від кожної партії	смак	органолептичний	смак свіжих огірків	1 раз на зміну	Хімік по сировині
	середньодобова проба	натура, г	визначення маси 1 л зерна	570 г/л не менше	1 раз на зміну	Хімік по сировині
	в зерні, що поступає на виробництво	засміченість, %	перебирання 3 наступним зважу-	5, не більше	1-2 рази на зміну	Хімік по сировині
	в зерні, що поступає на вирво	вологість, %	висушування до постійної маси	16, не більше	1-2 рази на зміну	Хімік по сировині
	в зерні, що поступає на виробництво	крохмалистість, %	поляриметричний метод Еверса	14-17	1-2 рази на зміну	Хімік по сировині

	в зерні, що поступає на виробництво	зараженість, %	по ГОСТ 3768-98	I сорт- 1-5 II сорт 6-10	1 раз на зміну	хімік по сировині
Подрібнення	після дробарки	якість подрібнення, %	просіювання крізь сито	90-95	2-3 рази на	хімік
Заміс	пробовідбірник на чанку замісу	температура, °С	термометром	65-70	5 раз на зміну	хімік
Розварювання замісу	переточна труба	температура, °С	термометром	90-92	5 раз на зміну	хімік
		розрідження	проба на йод	темно-коричневе	5 раз на зміну	хімік
Сусло	після теплообмінника	СР,%	цукромір	15-16	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	4 рази на зміну	хімік
Дріжджі в період розмноження	дріжджанка	видима густина, % СР	аерометр	залежно від тривалості	систематично не менше 2-3 рази в зміну	хімік

	дріжджанка	кислотність, град	титруванням	така як в дріжджевому суслі	систематично не менше 2-3 рази в зміну	хімік
Виробничі дріжджі	дріжджанка	видима густина, %СР	аерометр	1/3 початкової концентрації дріжджевого сусла	3 кожної дріжджанки перед випуском в БА	хімік
	дріжджанка	кислотність, град	титруванням	така як в дріжджевому суслі	3 кожної дріжджанки перед випуском в БА	хімік
	дріжджанка	Кількість дріжджових клітин	підрахунок в камері Г оряєва	не менше 150 млн. в 1 мл	3 кожної дріжджанки перед випуском в БА	хімік
	дріжджанка	мікробіологічний стан	мікроскопіювання	клітина містить в собі глікоген, брунькуючі клітини, к-сть мертвих клітин не більше 3%	3 кожної дріжджанки перед випуском в БА	хімік

Бражка в процесі бродіння	бродильний апарат	видима густина, % СР	аерометр	залежно від тривалості бродіння	не менше 2-3 рази в зміну 3 кожного БА	хімік
	бродильний апарат	кислотність, град	титруванням	наростання не повинно перевищувати 0,2 <sup>0</sup> за період бродіння	не менше 2-3 рази в зміну 3 кожного БА	хімік
Дозріла бражка	бродильний апарат, який іде на згонку	видима густина, % СР	аерометр	в кожному бродильному апараті перед згонкою	- 0,4 (кукурудза)	хімік
	бродильний апарат, який іде на згонку	кислотність, град	титруванням	в кожному бродильному апараті перед згонкою	0,2-0,22	хімік
	бродильний апарат, який іде на згонку	концентрація спирту об, %	В дистилаті після перегон	в кожному бродильному апараті перед згонкою	8,8-9,5	хімік
	бродильний апарат, який іде на згонку	незброджений цукор г/100 см <sup>3</sup>	колориметричний метод	в кожному бродильному апараті перед згонкою	Не більше 0,45	хімік
	бродильний апарат, який іде на згонку	нерозчинний крохмаль,	ФЕК	в кожному бродильному апараті перед згонкою	не більше 0,1	хімік
Промивна вода спиртовловлювача	Спиртовловлювач	вміст спирту, об%	скляний ареометр	1 раз в зміну	1,5-2,0	хімік

## 8 ЗАХОДИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УМОВ ПРОМСАНІТАРІЇ

У брагоректифікаційному відділенні ретельно слідкують за роботою технологічного обладнання і своєчасно проводять технічне обслуговування, поточний ремонт, чистку обладнання.

Основною причиною зниження роботоздатності ректифікаційних установок є забруднення тарілок і труб теплообмінної апаратури відкладеннями.

При тривалій зупинці брагоректифікаційної установки незалежно від її стану необхідно провести насупні заходи:

- відремонтувати бражні насоси;
- очистити всі внутрішні частини бражної колони — тарілки, паровпускні щілини, ковпачки, переливні стакани, стійки від відкладень (нагару). Для прискорення і полегшення цієї операції необхідно попередньо добре промити колону водою, потім закрити всі люки, пропарити колону паром, потім швидко відкрити всі люки і лази і залишити колону на «просушку». Зазвичай через 1—2 доби нагар в значній мірі відпадає, а той, що залишився порівняно легко відчищається;
- ретельно промити водонапірний бак, дефлегматори, конденсатори, спиртоловушки, холодильники, кубову частину колон (особливо бражної), екстрактор сивушного масла, видаливши з них всі осади;
- оглянути ненадійні фланцеві з'єднання, які протікають;
- перевірити, привести в порядок и притерти всю арматуру (крани, вентилі, задвижки), клапани автоматичного регулювання; у випадку необхідності відремонтувати чи замінити їх новими;
- видалити нагар і накип в дефлегматорах і конденсаторах; -ретельно оглянути внутрішні частини колон; всі ненадійні і зношені частини
- відремонтувати чи замінити новими.

Труби і міжтрубний простір теплообмінної апаратури очищають від накипу хімічним, абразивним і спеціальними методами. Хімічну очистку труб без розбору теплообмінника проводять з використанням лужних і кислотних розчинів; міжтрубний простір промивають розчинами лугів чи миючих засобів, розрихлюючих твердий осад, котрий потім змивають водою. Абразивні методи очистки можуть бути механічними, гідропневматичними, гідромеханічними. При механічній очистці труб використовують шомпола, свердла, щітки. Гідропневматичну очистку проводять з одночасною подачею в труби під тиском води і повітря. Гідромеханічна очистка проводиться з допомогою сопел, встановлених на похилих штангах. Очистка труб може проводитися і ультразвуковим методом.

На більшості спиртзаводів використовують хімічну очистку труб від накипу. Для хімічної промивки організують циркуляційний контур: збірник розчину хімічного реагента, насос, теплообмінник. В міжтрубний простір теплообмінника подається пара з тиском не вище 5 м вод. ст., а лужний розчин прокачується через внутрішні труби теплообмінника протягом 1,5—2 год.

На деяких заводах видаляють накип шляхом прокачування через теплообмінник лютерної води протягом 1,5-2 год і більше.

					ЗАХОДИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УМОВ ПРОМСАНІТАРІЇ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Для очистки міжтрубного простору підігрівачів бражки рекомендується промивати міжтрубний простір розчином синтетичних миючих засобів протягом 1 год методом кругової циркуляції.

Технологічні процеси, при яких застосовуються чи утворюються речовини 1-го і 2-го класів небезпеки (згідно з розділом 10 "Санитарных норм проектирования промышленных предприятий" СН 245-71), повинні проводитися в апаратурі з арматурою і комунікаціями підвищеної герметичності і надійності і по можливості повинно передбачатись автоматичне чи дистанційне управління процесами.

Мірники и збірники для шкідливих і агресивних рідин повинні бути обладнані засобами, що сигналізуватимуть про максимально допустимий рівень їх заповнення, а при необхідності також і переливними трубами, зв'язаними з живильними і запасними ємностями.

Злив продуктів (кінцевих і проміжних продуктів, кубових залишків та ін.) з ємностей і апаратів повинен проводитись способами, що виключають виділення в повітря шкідливих речовин і забруднення шкірного покриву працюючих.

### 8.1 Заходи щодо охорони навколишнього середовища

Щоб забезпечити нормальні й безпечні умови праці на виробництві та злагоджене функціонування всіх природних зон навколо промислового комплексу, необхідно проводити контроль повітряного середовища виробничих приміщень, контроль водоймищ, а також напівфабрикатів, продукту та виробничих відходів.

У даному відділенні перегонки та ректифікації працюючим необхідно працювати з речовинами, вміст яких у приміщенні робочої зони є шкідливим фактором, що діє на обслуговуючий персонал.

Таблиця 8.1. Максимально допустимі концентрації в повітрі робочої зони продуктів перегонки

Назва продукту	мг/дм <sup>3</sup>	Назва продукту	мг/дм <sup>3</sup>
Етиловий спирт	1,0	Амілацетат	0,2
Етиловий ефір	0,3	Аліловий спирт	0,05
Етилацетат	0,2	Бензол	0,1

Етиловий спирт - отруйна легкозаймиста речовина без кольору з характерним для спирту запахом. При попаданні в організм викликає наркотичне отруєння. Пари спирту теж шкідливі для організму людини. Гранично - допустимі концентрації ( ГДК ) у повітрі робочої зони для парів етилового спирту - 1000 мг/м<sup>3</sup> , токсична концентрація - 16 г / м<sup>3</sup> , при якій можлива смерть. Крім того, пари спирту у суміші з повітрям вибухонебезпечні. Вибух можливий при концентрації спирту у повітрі вище 3,6 об. % або 68 г / м<sup>3</sup>.

Пари ГФ ( альдегіди, складні ефіри, вищі спирти - ізоаміловий та інші, метанол, кислоти ) викликає подразнення слизових оболонок дихальних шляхів. А попадання на шкіру головної фракції етилового спирту у вигляді рідини викликає сильне подразнення.

Сивушне масло ( ізоаміловий спирт, ізобутиловий спирт, н-пропіловий спирт, н-бутиловий спирт, етанол ) у вигляді парів викликає подразнення очей і

слизових оболонок дихальних шляхів. Сивушне масло в рідкому стані викликає подразнення шкіри при попаданні на неї.

Таблиця 8.2 - *Границя вибуховості парів спирту і його сумішей*

Назва продукту	% до об'єму повітря	Г/1УГ
Етиловий спирт	2,8-13,7	50-260
Оцтово етиловий ефір	0,8-50	25-1580
Бензол	1,0-8,0	33-300

До шкідливих факторів, що негативно впливають на навколишнє середовище після перегонки і ректифікації, належать: головна фракція етилового спирту та сивушне масло.

Для зменшення негативного впливу ГФ, її розганяють на спеціальних ректифікаційних установках.

Післяспиртова зернова барда - це складна полідисперсна система, сухі речовини якої знаходяться у вигляді зависів і у розчинному стані. При відгонці спирту у барді залишаються: невикористана при бродінні частина органічної речовини зерна, мінеральні речовини зерна, накопичена біомаса дріжджових грибів та продуктів їх життєдіяльності (гліцерин, органічні кислоти та інші).

У зв'язку з великим вмістом води барда належить до об'ємних водянистих мало транспортабельних кормів, що зумовлює специфіку її використання. Основна цінність барди полягає у наявності протеїну, вміст якого у сухій речовині зернової барди складає у середньому 26-28 %. Одна тонна барди містить 10-15 кг протеїну і 40-70 харчових одиниць.

Барду широко використовують як кормовий матеріал для годівлі худоби, або вивозять на поля фільтрації.

Лютерна вода, яка містить органічні кислоти, - агресивний сток, її очищують біологічним способом. Але на сьогодні, на підприємствах намагаються лютерну воду не виводити її в навколишнє середовище, а повторно використовувати в виробництві (теплоту лютерної води застосовують для обігріву колон).

Вода, що виходить з дефлегматорів, також повторно використовується при ректифікації (її перетворюють в пар, що надходить на обігрів колон).

## 9 ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО

### 9.1 Водопостачання та водовідведення

Вода, що поступає на завод для технологічних і господарсько-побутових потреб підприємства, повинна відповідати ГОСТ 2874 - 82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством» і ДсанТіН № 136/1940 від 15.04.97 «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарчо-питного водопостачання».

Ведуться журнали первинного обліку забраної води по затвердженій формі ПОД -11, який відповідає інструкції водного надзору 33-5.401-86.

Скид стічної води здійснюється на власні поля фільтрації.

Для охолодження зброджуваних середовищ може використовуватись вода технічна, яка не відповідає вимогам питної води. При цьому перетинання трубопроводів питної і технічної води не допускається.

На приготування замісу і на РК використовують воду з артезіанських свердловин. їх на заводі 3.

Всього за добу на приготування замісу і на РК витрачається приблизно 600 м<sup>3</sup> води, з них: 13 м<sup>3</sup>/год - на заміс, решта - на РК.

Внутрішній водопровід, що живиться від централізованої мережі не повинен з'єднуватись з водопроводом, що живиться від місцевого джерела водопостачання. Система водопостачання підприємства повинна передбачати резервуари чистої води гарантованої подачі у випадках перебоїв та аварій.

В кожному виробничому цеху повинні бути встановлені умивальники для миття рук з підведенням гарячої та холодної води через змішувачі. Умивальники забезпечуються милом, дезинфікуючим розчином, рушниками разового користування чи електрорушниками.

Для забезпечення працівників питною водою встановлюються питні фонтанчики або сатураційні установки.

Для відведення побутових і виробничих стічних вод підприємство повинно бути приєднане до загальноміської каналізації. При обладнанні всієї внутрішньої каналізації повинні бути передбачені гідравлічні затвори для запобігання проникнення запахів з каналізаційної мережі.

У даному кваліфікаційному проекті використовуються типові ректифікаційні колони, тому і витрати пари та води будуть стандартні.

- Для бражної колони типової витрата пари на 1 дал безводного спирту становить 18-20 кг пари та води 0,05-0,1 м<sup>3</sup>
- Для спиртової колони витрата пари на 1 дал безводного спирту становить 20-24 кг пари та води 0,2-0,25 м<sup>3</sup>

Сумарні витрати будуть становити 42 кг пари та 0,3 м<sup>3</sup> води на 1 дал безводного спирту.

$$42 \cdot 3000 = 126000 \text{ кг/добу}$$

$$126000 / 24 = 5250 \text{ кг/год}$$

Із врахуванням втрат тепла у навколишнє середовище (10%) витрати пари становлять:

$$(5250 \cdot 0,1) + 5250 = 5775 \text{ кг/год} \quad \text{або} \quad 5775 \cdot 24 = 138600 \text{ кг/добу.}$$

					ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДПРИЄМСТВА	Арк. 59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 9.2 Розрахунки витрат пари

На спиртовому заводі функціонує два парових котла: ДЕ-10/14 потужністю 10 т/год та тиском 14 атм і ДКВР- 15/13 потужністю 15 т/год, тиском 13 атм. Ці два котла можуть працювати як на мазуті так і на газу.

В якості палива використовується газ, постачання якого погоджено з газорозподільною станцією згідно договору.

Основні споживачі пари на заводі - дріжджебродильне, варильне та брагоректифікаційне відділення.

### 9.3 Розрахунки витрат електроенергії

Електроенергією підприємство забезпечується із загальної електромережі. Електропостачання силового об'єкту обладнання в кожному відділенні ведеться від низьковольтних мереж напругою, яка знаходиться на території заводу.

На виробництво спирту із крохмалевмісної сировини на спиртовому заводі потужністю 3500 дал/добу витрачається 1,2 кВт\*год. на 1 дал. спирту, включаючи витрати електроенергії на освітлення, невраховані витрати в мережі.

Отже, на виробництво 3500 дал. спирту витрати електроенергії становлять:

$$1,2 * 3500 = 4200 \text{ кВт*год.}$$

					ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДПРИЄМСТВА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

## 10 ЗАХОДИ ЩОДО ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

Серед розглянутих технологічних режимів, що здійснюються на заводі, проектом пропонується здійснити наступні заходи щодо енерго- і ресурсозбереження у брагоректифікаційному відділенні.

Використовується теплота водно-спиртової пари бражної колони, а також барди для нагріву бражки.

Резервом зниження витрат енергії в процесі брагоректифікації є максимальна утилізація вторинних енергетичних ресурсів, з якими витрачається до 90% первинної теплової енергії.

Для зменшення витрат теплоти водно-спиртової пари, які утворюються в процесі брагоректифікації, запропоновано застосування установки прямої дії. Особливість її полягає у багатократному використанні всієї теплоти гріючої пари, яка надходить до БРУ.

В даному кваліфікаційному проекті епюраційна та ректифікаційна колона працюють під вакуумом. За енергетичними показниками це рішення має перевагу, так як використовується вторинна пара більш високого потенціалу. Температура конденсації вторинної пари на виході з бражної колони 92-95 °С проти 78 °С у спиртовій колоні. Крім того, із ректифікаційної колони необхідно відводити значно меншу кількість несконденсованих газів, отже, зменшується витрата енергії на вакуум-насос. Також витрата гріючої пари не перевищує 31-32 кг/дал спирту.

					ЗАХОДИ ЩОДО ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 11 БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

Розташування та установка обладнання повинна відповідати діючим нормам і вимогам. Небезпечні зони відділень виробництва, частини обладнання, що рухаються, повинні бути позначені сигнальними кольорами та знаками безпеки відповідно до ГОСТ 12.4.026-76.

На апаратах та устаткуванні повинні бути таблички, на яких нанесені найменування та порядковий номер відповідно технологічній схемі.

Для кожного приміщення повинні бути складені схеми розташування наземних і підземних трубопроводів з зазначенням продукту, що перекачується, його температури і тиску, діаметру труб і характеристики арматури. Трубопроводи повинні бути пофарбовані у різні кольори за ГОСТ 14202-69.

Гарячі поверхні апаратів і трубопроводів повинні бути теплоізольовані так, аби температура зовнішньої поверхні не перевищувала 45°C, вбудовані до устаткування аспіраційні та витяжні вентиляційні системи повинні бути заблоковані з пусковими пристроями устаткування, застосування горючих теплоізоляційних матеріалів не допускається.

Обладнання, яке здійснюється послідовні операції розміщують поряд з дотриманням між ними необхідних експлуатаційних розривів.

Відстань між виступаючими частинами обладнання з урахуванням проходів для людей повинна бути не менше 0,8 м, а для обладнання підвищеної небезпеки (швидко обертаючих, нагрітих) до 1,5-2 м, між обладнанням і колоною не менше 0,5 м. Відстань між рядами обладнання повинна бути не менше 1,5 м. Крок колон 6 метрів. Площадки для обслуговування апаратів розміщених в один ряд мають ширину не менше 1,5м, а відстань від площадки до кришки апарата 0,8-1 м. Відстань трубопроводів до стіни 0,3м.

					БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

## 12 ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 12.1 Характеристика відходів, стічних вод і викидів

У брагоректифікаційному відділенні ретельно слідкують за роботою технологічного обладнання і своєчасно проводять технічне обслуговування, поточний ремонт, чистку обладнання.

Основною причиною зниження роботоздатності ректифікаційних установок є забруднення тарілок і труб теплообмінної апаратури відкладеннями.

При тривалій зупинці брагоректифікаційної установки незалежно від її стану необхідно провести наступні заходи:

- відремонтувати бражні насоси;
- очистити всі внутрішні частини бражної колони — тарілки, паровпускні щілини, ковпачки, переливні стакани, стійки від відкладень (нагару). Для прискорення і полегшення цієї операції необхідно попередньо добре промити колону водою, потім закрити всі люки, пропарити колону паром, потім швидко відкрити всі люки і лази і залишити колону на «просушку». Зазвичай через 1—2 доби нагар в значній мірі відпадає, а той, що залишився порівняно легко відчищається;
- ретельно промити водонапірний бак, дефлегматори, конденсатори, спиртоловушки, холодильники, кубову частину колон (особливо бражної), екстрактор сивушного масла, видаливши з них всі осади;
- оглянути ненадійні фланцеві з'єднання, які протікають;
- перевірити, привести в порядок и притерти всю арматуру (крани, вентиля, задвижки), клапани автоматичного регулювання; у випадку необхідності відремонтувати чи замінити їх новими;
- видалити нагар і накип в дефлегматорах і конденсаторах; -ретельно оглянути внутрішні частини колон; всі ненадійні і зношені частини
- відремонтувати чи замінити новими.

Труби і міжтрубний простір теплообмінної апаратури очищають від накипу хімічним, абразивним і спеціальними методами. Хімічну очистку труб без розбору теплообмінника проводять з використанням лужних і кислотних розчинів; міжтрубний простір промивають розчинами лугів чи миючих засобів, розрихлюючи твердий осад, котрий потім змивають водою. Абразивні методи очистки можуть бути механічними, гідропневматичними, гідромеханічними. При механічній очистці труб використовують шомпола, свердла, щітки. Гідропневматичну очистку проводять з одночасною подачею в труби під тиском води і повітря. Гідромеханічна очистка проводиться з допомогою сопел, встановлених на похилих штангах. Очистка труб може проводитися і ультразвуковим методом.

На більшості спиртзаводів використовують хімічну очистку труб від накипу. Для хімічної промивки організують циркуляційний контур: збірник розчину хімічного реагента, насос, теплообмінник. В міжтрубний простір теплообмінника подається пара з тиском не вище 5 м вод. ст., а лужний розчин прокачується через внутрішні труби теплообмінника протягом 1,5—2 год.

На деяких заводах видаляють накип шляхом прокачування через

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

теплообмінник лютерної води протягом 1,5-2 год і більше.

Для очистки міжтрубного простору підігрівачів бражки рекомендується промивати міжтрубний простір розчином синтетичних миючих засобів протягом 1 год методом кругової циркуляції.

Технологічні процеси, при яких застосовуються чи утворюються речовини 1-го і 2-го класів небезпеки (згідно з розділом 10 "Санитарных норм проектирования промышленных предприятий" СН 245-71), повинні проводитися в апаратурі з арматурою і комунікаціями підвищеної герметичності і надійності і по можливості повинно передбачатись автоматичне чи дистанційне управління процесами.

Мірники и збірники для шкідливих і агресивних рідин повинні бути обладнані засобами, що сигналізуватимуть про максимально допустимий рівень їх заповнення, а при необхідності також і переливними трубами, зв'язаними з живильними і запасними ємностями.

Злив продуктів (кінцевих і проміжних продуктів, кубових залишків та ін.) з ємностей і апаратів повинен проводитись способами, що виключають виділення в повітря шкідливих речовин і забруднення шкірного покриву працюючих.

### 12.2 Заходи щодо охорони навколишнього середовища

Щоб забезпечити нормальні й безпечні умови праці на виробництві та злагоджене функціонування всіх природних зон навколо промислового комплексу, необхідно проводити контроль повітряного середовища виробничих приміщень, контроль водоймищ, а також напівфабрикатів, продукту та виробничих відходів.

У даному відділенні перегонки та ректифікації працюючим необхідно працювати з речовинами, вміст яких у приміщенні робочої зони є шкідливим фактором, що діє на обслуговуючий персонал.

Таблиця 12.1. Максимально допустимі концентрації в повітрі робочої зони продуктів перегонки

Назва продукту	мг/дм <sup>3</sup>	Назва продукту	мг/дм <sup>3</sup>
Етиловий спирт	1,0	Амілацетат	0,2
Етиловий ефір	0,3	Аліловий спирт	0,05
Етилацетат	0,2	Бензол	0,1

Етиловий спирт - отруйна легкозаймиста речовина без кольору з характерним для спирту запахом. При попаданні в організм викликає наркотичне отруєння. Пари спирту теж шкідливі для організму людини. Гранично - допустимі концентрації (ГДК) у повітрі робочої зони для парів етилового спирту - 1000 мг/м<sup>3</sup>, токсична концентрація - 16 г / м<sup>3</sup>, при якій можлива смерть. Крім того, пари спирту у суміші з повітрям вибухонебезпечні. Вибух можливий при концентрації спирту у повітрі вище 3,6 об. % або 68 г / м<sup>3</sup>.

Пари ГФ (альдегіди, складні ефіри, вищі спирти - ізоаміловий та інші, метанол, кислоти) викликає подразнення слизових оболонок дихальних шляхів. А попадання на шкіру головної фракції етилового спирту у вигляді рідини викликає сильне подразнення.

Сивушне масло (ізоаміловий спирт, ізобутиловий спирт, н-пропіловий

спирт, н-бутиловий спирт, етанол ) у вигляді парів викликає подразнення очей і слизових оболонок дихальних шляхів. Сивушне масло в рідкому стані викликає подразнення шкіри при попаданні на неї.

Таблиця 12.2. *Границя вибуховості парів спирту і його сумішей*

Назва продукту	% до об'єму повітря	Г/1УГ
Етиловий спирт	2,8-13,7	50-260
Оцтово етиловий ефір	0,8-50	25-1580
Бензол	1,0-8,0	33-300

До шкідливих факторів, що негативно впливають на навколишнє середовище після перегонки і ректифікації, належать: головна фракція етилового спирту та сивушне масло.

Для зменшення негативного впливу ГФ, її розганяють на спеціальних ректифікаційних установках.

Післяспиртова зернова барда - це складна полідисперсна система, сухі речовини якої знаходяться у вигляді зависів і у розчинному стані. При відгонці спирту у барді залишаються: невикористана при бродінні частина органічної речовини зерна, мінеральні речовини зерна, накопичена біомаса дріжджових грибів та продуктів їх життєдіяльності (гліцерин, органічні кислоти та інші).

У зв'язку з великим вмістом води барда належить до об'ємних водянистих мало транспортабельних кормів, що зумовлює специфіку її використання. Основна цінність барди полягає у наявності протеїну, вміст якого у сухій речовині зернової барди складає у середньому 26-28 %. Одна тонна барди містить 10-15 кг протеїну і 40-70 харчових одиниць.

Барду широко використовують як кормовий матеріал для годівлі худоби, або вивозять на поля фільтрації.

Лютерна вода, яка містить органічні кислоти, - агресивний сток, її очищують біологічним способом. Але на сьогодні, на підприємствах намагаються лютерну воду не виводити її в навколишнє середовище, а повторно використовувати в виробництві (теплоту лютерної води застосовують для обігріву колон).

Вода, що виходить з дефлегматорів, також повторно використовується при ректифікації (її перетворюють в пар, що надходить на обігрів колон).

## 13 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 13.1 Закон України про охорону праці

Закон України Про охорону праці введений в дію постановою Верховної Ради України 14.10.92 № 2695-ХІІ.

21 листопада 2002 року Верховною Радою України був прийнятий закон “Про охорону праці” із змінами і доповненнями № 229-ХІ. Цей закон, а також “Кодекс законів про працю України” є основною законодавчою базою охорони праці. Їх доповнюють державні міжгалузеві та галузеві нормативні акти про охорону праці. Це стандарти, правила, норми, положення, статuti, інструкції та інші документи, якими надано чинність правових норм обов’язкових для виконання усіма установами і працівниками України.

Цей закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян та охорону їх життя і здоров’я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносинами між власником підприємства, установи, організації або уповноваженим органом.

Об’ємно планувальні конструктивні рішення виробничих і допоміжних будівель та приміщень підприємства повинні задовольняти вимогам:

СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы. СНИП 2.09.04.-87. Административные и бытовые здания. СНИП 2.09.02.-85. Производственные здания. А також іншими нормативними документами, затвердженим Держбудом України.

В таблиці 13.1. наведені санітарні умови в брагоректифікаційному відділенні.

Таблиця 13.1 - Санітарні умови в брагоректифікаційному відділенні

Найменування професії	Шкідлива речовина	Клас небезпек и ГОСТ 12.1.005-89	Величина ГДК мг/м <sup>3</sup>	Група виробничої безпеки	Характеристика виробничого процесу
Апаратник перегонки і ректифікації спирту	Спирт етиловий	IV	1000	1В	Забруднення речовинами 3 і 4 класу безпеки

### 13.2 Аналіз санітарних умов праці на виробництві.

#### Мікроклімат виробничого приміщення

Стан повітря у виробничому приміщенні називається мікрокліматом, або метеорологічними умовами.

Мікроклімат або метеорологічні умови виробничих приміщень визначаються такими параметрами: температурою повітря в приміщенні, °С; відносною вологістю повітря, %; рухливістю повітря, м/с; тепловим випромінюванням, Вт/м<sup>2</sup>.

Всі ці параметри поодиночі, а також у комплексі впливають на фізіологічну функцію організму – його терморегуляцію і визначають самопочуття.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОХОРОНА ПРАЦІ				66

Мікроклімат виробничих приміщень нормується в залежності від теплових характеристик виробничого приміщення, категорії робіт по важкості і періоду року.

Основні нормативні документи, де наводяться норми мікроклімату – це санітарні норми і стандарти безпеки праці, зокрема ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. “Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны”.

Оптимальні мікрокліматичні умови – це такі параметри мікроклімату, які при тривалому і систематичному впливі на людину забезпечують нормальний тепловий стан організму без напруги і порушення механізмів терморегуляції. Вони створюють відчуття теплового комфорту і забезпечують передумови для високого рівня працездатності. Нормуються в залежності від категорії робіт по важкості та періоду року.

Допустимі мікрокліматичні умови – це такі показники мікроклімату, які при тривалому і систематичному впливі на людину можуть спричинити дискомфортне теплопочуття, що обумовлене напруженням механізмів терморегуляції, але які не виходять за межі фізіологічних можливостей організму людини. При цьому може виникнути деяке зниження працездатності, але пошкодження або порушення здоров'я у людини не виникає.

Для виявлення наявності шкідливих і небезпечних чинників виробництва треба проаналізувати роботу обладнання брогоректифікаційного відділення.

Для людей, що працюють на виробництві, не залежно від роду їх діяльності, повинні бути створенні умови виробничого середовища, які б не завдавали шкоди їх здоров'ю і були безпечними для людини. Ризики отруїтися, отримати наднормову (шкідливу) дозу будь-якого опромінення або завдати іншої шкоди здоров'ю мають бути зведені до мінімуму або виключені зовсім.

### *13.2.1 Теплові випромінювання*

Тривалі теплові випромінювання відносять до несприятливих метеорологічних умов, що негативно впливають на організм людини порушуючи терморегуляцію, різко погіршується самопочуття, знижується продуктивність праці.

У виробничих приміщеннях передача теплоти здійснюється конвекцією та випромінюванням.

Основними методами захисту від теплового випромінювання є:

- теплоізоляція;
- засоби індивідуального захисту;
- екранування.

Температура поверхні обладнання не повинна перевищувати 45 °С, а в приміщеннях з тепло- і вибухонебезпечним середовищем 35 °С.

Мікроклімат нормується за допустимими нормами, тому що в цеху спостерігається значне тепловиділення від ректифікаційних колон де температура становить 98-105 °С, що обігриваються кип'ятильниками, від теплообмінних апаратів (підігрівачі бражки, дефлегматори, конденсатори). Це тепло передається від корпусу колон до повітря в цеху за рахунок конвекції та нагріває стіни будівлі, обладнання, шкіру людей за рахунок тепловипромінювання. Допустимі норми мікроклімату для даного цеху подані в

					ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

таблиці 13.2.

**Таблиця 13.2 - Норми мікрокліматичних параметрів БРУ**

№ по р.	Професія	Категорія робіт за важкістю	Температура, °С, на робочих місцях				Віднос на вологість ф, %.	Швидкість руху повітря, м/с.
			Верхня границя		Нижня границя			
			постійних	непостійних	постійних	непостійних		
1	Апаратники перегонки і ректифікації спирту	Па Холодна пора року: Тепла пора року:	23	24	17	15	75	0,3
			30	31	27	29	75	0,4

### 13.2.1 Загазованість повітря

Загазованість повітря – це присутність у повітрі робочої зони шкідливих газів та парів.

Загазованість повітря нормується відповідно до ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. “Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны”.

Під час роботи брагоректифікаційного відділення в повітря робочої зони потрапляють пари етилового спирту, ГДК – 1000 мг/м<sup>3</sup>. Клас небезпечності за ГОСТ 12.1.005-88 становить 3.

### 13.2.3 Запиленість повітря

Запиленість повітря – це присутність у повітрі робочої зони пилу, тобто дуже подрібнених частинок твердої речовини, які можуть мати різну форму та розміри.

У відповідності з ГОСТ 12.0,003-74 ССБТ “Опасные и вредные производственные факторы”, підвищена запиленість повітря робочої зони відноситься до небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Запиленість не нормується для брагоректифікаційного відділення, оскільки там немає обладнання, яке б виділяло пил.

### 13.2.4 Шум

Шум – безладне сполучення великої кількості звуків різноманітної сили та частоти. Звук обумовлюється механічними коливаннями в пружних середовищах і тілах, частоти яких лежать в діапазоні 16-20000 Гц, які спроможне прийняти людське вухо. Механічні коливання з такими частотами називаються звуковими, або акустичними. Нечутні механічні коливання з

частотами нижче звукового діапазону (16 Гц) називаються інфразвуковими, а з частотами вище звукового діапазону (20000 Гц) – ультразвуковими.

Допустимі рівні шуму на робочих місцях регламентуються за ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ “Шум. Общие требования безопасности”. Цей стандарт також встановлює класифікацію шуму, вимоги до шумових характеристик і до захисту від шуму на робочих місцях.

Гранично - допустимий рівень шуму на постійних робочих місцях та на території підприємства не повинно перевищувати 80 дБА. Гранично - допустимий рівень шуму потрібно знижувати в залежності від важкості та напруженості роботи. Не допускається перебування працюючих в зоні з рівнем звукового тиску понад 135 дБА. В будь-якій активній смузі. Допустимі норми шуму для промислових підприємств, де є обладнання, що створює шум, згідно з ГОСТ 12.1.003-86 подано в таблиці 13.3.

Таблиця 13.3 - Допустимі норми шуму для промислових підприємств

№ пор	Професія	Рівень звукового тиску, дБ, в активних смугах з середньо герметичними смугами, вГц									Рівень звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА	
		103	99	92	86	83	80	78	76	74		
1	Апаратник перегонки і ректифікації спирту											80

### 13.2.5 Вібрація

Вібрація – це механічні коливання машин, механізмів та їх елементів. За способом передачі на людину розрізняють локальну та загальну вібрацію. Загальна вібрація викликається коливанням опірних поверхонь і за джерелом її виникнення поділяються на транспорту, транспортно-технологічну та технологічну. Локальна вібрація передається безпосередньо через руки людини і виникає при роботі з окремими інструментами, які потрібно тримати в ході технологічного процесу.

Гігієнічні нормування вібрацій передбачає встановлення найбільш допустимих рівнів віброшвидкості в м/с. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ “Вибрационная опасность. Общие требования”.

Маса вібруючого устаткування, що утримується руками оператора в процесі праці не повинна перевищувати 10 кг. При роботі з вібруючим устаткуванням сумарний час контакту з вібруючими поверхнями не повинна перевищувати 75 % тривалості робочого часу

### 13.2.6 Освітлення виробничих приміщень

Освітлення у виробничому приміщенні має відповідати нормам і правилам регламентованими в СНиП II – 4-79 “Естественное и искусственное освещение”.

Видиме опромінення (світло) – це електромагнітне опромінення з довжиною хвилі у межах 380-770 нм. Освітлення відноситься до одного з

найважливіших факторів виробничого середовища, яке постійно діє на працюючого протягом всього часу роботи.

Освітленість робочих місць здійснюється природнім світлом – в світлі години доби і штучним – у темні. Вимоги, які ставляться до раціонального освітлення: достатня освітленість робочого місця (нормована); рівномірне освітлення; відсутність тіней, особливо рухомих, на робочій поверхні; захист від сліпучої дії джерела світла; вірний вибір напрямку світла.

Природне освітлення поділяється на бічне одностороннє та двостороннє; верхнє, коли ліхтарі та світлові прорізи знаходяться в покритті або в стінах під ним; комбіноване, коли сполучається бічне і верхнє освітлення.

Штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, евакуаційне та охоронне. Розрізняють такі системи штучного освітлення: загальну, місцеву та комбіновану.

Норми природної освітленості робочих місць (робочих поверхонь) для відповідних професій наведені в таблиці 13.4

**Таблиця 13.4 - Норми природної освітленості робочих місць (робочих поверхонь) для відповідних професій**

Професія	Точність зорової роботи	Розряд зорової роботи	Під розряд зорової роботи	Освітленість, лк	
				При лампах розжарювання	При люмінесцентних лампах
Апаратник перегонки і ректифікації спирту	Грубе (дуже малої точності)	VI	-	150	75

### 13.2.7 Забезпечення санітарно-побутовими приміщеннями

Санітарно побутові приміщення нормуються відповідно до санітарних норм що наводяться в таблиці 13.5.

Таблиця 13.5 - Норми щодо забезпечення санітарно побутовими приміщеннями

Професія	Шкідливість у повітрі робочої зони			Група виробничих професій за СНиП 2.09.04-87	Санітарна характеристика робочого персоналу	Санітарно-побутові приміщення			
	Вид	Клас небезпеки	ГДК, мг/м <sup>3</sup>			Розрахункова кількість чоловіків		Тип гардеробних, число відділень шафи на одну особу	Спеціальні побутові приміщення і обладнання
						На одну душову сітку	На один кран		
Апаратник перегонки і ректифікації	Спирт етиловий	IV	1000	1в	Процеси які спричиняють забруднення речовинами 3 і 4 класів небезпеки тіла і спецодягу, що видаляється із застосуванням спеціальних миючих засобів	5	20	Роздільні, по одному відділенню	хімічтка або прання спецодягу

**Висновок:** брагоректифікаційне відділення відноситься до IV класу небезпеки за ГОСТ 12.1.005-58. В відділенні проходять процеси, які спричиняють забруднення речовинами 3 і 4-го класів небезпеки тіла і спецодягу, що видаляється із застосуванням спеціальних миючих засобів. Присутні пари етилового спирту, які відносяться до 1в - групи виробничих процесів за СНиП 2.09.04-87, величина граничнодопустимої концентрації парів етилового спирту в повітрі робочої зони становить - 1000 мг/м<sup>3</sup>. Також брагоректифікаційне відділення відносять до А категорії приміщень і класу зони В-1а по вибухо- та пожежонебезпеці.

### 13.3 Техніка безпеки в відділення перегонки та ректифікації

1. Брагоректифікаційні та ректифікаційні установки мусять розміщуватись в окремому приміщенні (апаратне відділення).
2. Робота брагоректифікаційних і ректифікаційних установок, якщо є пропуск пари чи рідини у зварних або фланцевих з'єднаннях, лючках чи штуцерах, не допускається.
3. На паропроводі, який підводить пару у відділення брагоректифікації, мусить встановлюватися автоматичні регульовані пристрої, що

					ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

виключають можливість подання пари в апарати з тиском вище встановленої величини.

4. Усі колони брагоректифікаційних і ректифікаційних установок, які працюють при атмосферному тиску, знизу й згори мусять обладнуватися вакуум-переривниками. Установлення запірних пристроїв між установками і вакуум-переривниками не допускається. У брагоректифікаційних установках, колони які працюють під тиском нижче атмосферного, встановлюються загальний вакуум-переривник на комунікації між барометричним конденсатором і вакуум-насосом.
5. для уловлювання спиртової пари, яка виходить з повіт ровиків установок, повинні встановлюватися спиртові уловлювачі, а пара, яка не конденсується – виводиться за межі приміщення згідно з вимогами чинних правил. Повіт ровики мусять бути спорядженні вогнеперешкоджувачами. Не допускається скидати рідини, які містять спирт у бродильні установки.
6. Електроустаткування і електроосвітлення у відділенні брагоректифікації має бути виконано у відповідності до вимог ПУЕ. Корпуси електродвигунів та іншого електроустаткування, спиртоприймачі, мірильники, спиртові резервуари та спиртові комунікації мають бути заземлені згідно з вимогами: - при напрузі 380 В і вище змінного струму та 440 В і вище постійного струму – в усіх електроустановках. У разі неможливості виконання заземлення, занулення або, якщо це становить значні труднощі з технологічних причин, допускається обслуговування електроустаткування з ізолюючих площадок; - при номінальній напрузі понад 42 В, але нижче 380 В змінного стуму та понад 110 В, але нижче 440 В постійного струму – лише у приміщеннях з підвищеною безпекою, особливо небезпечних, а також на зовнішніх устаткуваннях.
7. У приміщенні відділення брагоректифікації мусять застосовуватися інструмент, який виключає іскроутворення.
8. У приміщенні відділення брагоректифікації треба передбачити: а) напірний бак з півгодинним запасом води на випадок припинення подавання її з водопровідної мережі; б) аварійне освітлення; в) телефонний зв'язок; г) пожежегасіння, паро гасіння та первинні протипожежні засоби.
9. Збірники і мірильники спирту і спиртопродуктів повинні мати герметичні люки, що зачиняються та сполучаються з атмосферою за допомогою повіт ровиків, спорядженими дихальними клапанами і вогнеперешкоджувачами. Рекомендується встановлювати перед вогнеперешкоджувачами спиртоуловлювач насадкового типу. Повіт ровики повинні виводитись за межі приміщення згідно з вимогами: місце викидів до атмосфери з систем вентиляції виробничих приміщень слід розміщувати за розрахунком або на відстані від приймальних пристроїв для зовнішнього повітря не менше 10 м по горизонталі або на 6 м по вертикалі при горизонтальній відстані менше 10 м. Крім того викиди з систем місцевих всмоктувачів шкідливих речовин слід розміщувати на висоті не менше 2 м над дахом більш високої частини будівлі, якщо

					ОХОРОНА ПРАЦІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72



## ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

З метою зменшення питомих витрат пари на брагоректифікацію до 31-32 кг/дал спирту впроваджено наступне:

- 1) спиртова колона працює під вакуумом;
- 2) обігрів епюраційної колони здійснюється парами бражного дистиляту;
- 3) ректифікаційна колона частково обігрівається парами бражного дистиляту;
- 4) встановлення рекуперативного теплообмінника на ректифікаційну колону;

Запропоновані методи дозволяють зменшити витрати теплоти водно-спиртової пари на процес брагоректифікації, зменшити втрати спирту, а також підвищити якість готового продукту.

В роботі представлено розрахунок продуктів, основних і допоміжних матеріалів, розрахунок і підбір обладнання, технохімічний контроль, заходи щодо охорони навколишнього середовища, а також заходи, які стосуються виробничої санітарії та охорони праці на підприємстві.

					ВИСНОВКИ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вода питна. «Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»: ДСанПіН 2.2.4-171-10. — [Чинний від 12.05.2010 р.]. — Зареєстровано в міністерстві юстиції України 1 липня 2010 р. за № 452/17747. — (Нормативний документ Мінздраву України. Державні санітарні норми та правила).
2. Гетун, Г.В. Основи проектування промислових підприємств / Г.В. Гетун. — К.: Кондор, 2003. — 210 с.
3. Дипломне проектування: методичні вказівки до виконання і захисту дипломного проекту для студентів спеціальності «Технологія бродильних виробництв і виноробства» напряму 0917 «Харчова технологія та інженерія» / Уклад.: А.М. Куц, С.Р. Тодосійчук, В.О. Маринченко, А.Є. Мелетьєв, М.В. Білько — К.: НУХТ, 2008. — 60 с.
4. Дипломне проектування: методичні вказівки щодо вибору ресурса енергозберігаючих технологій спиртового виробництва для студентів денної і заочної форм навчання спец. 7.091704 «Технологія бродильних виробництв і виноробства» напряму підготовки 0917 «Харчова технологія та інженерія» / Уклад.: П.Л. Шиян, А.М. Куц, В.А. Домарецький. — К.: НУХТ, 2009. — 21 с. (Реєстраційний номер електронних методичних вказівок у НМУ 64.01-04.06.2009).
5. ДБН В. 2.6-14-95. Конструкції будинків і споруд. Покриття будинків і споруд. — К., 1998.
6. Жито. Технічні умови: ДСТУ 4522:2006. — [Чинний від 2007-01-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2009. — 21 с. — (Національний стандарт України).
7. Закон України «Про охорону атмосферного повітря». — Відомості Верховної Ради. — 2012. — № 46. — 640с.
8. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». — Відомості Верховної Ради. — 2015. — № 11. — 75с.
9. Кукурудза. Технічні умови: ДСТУ 4525:2006. — [Чинний від 2007-04-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2007. — 21 с. — (Національний стандарт України).
10. Карбамид. Технические условия: ГОСТ 2081-92. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. — 18 с. (Государственный стандарт СССР).
11. Кислота серная техническая. Технические условия: ГОСТ 2184-77. — М.: Стандартинформ, 2006. — 21 с. (Межгосударственный стандарт).
12. Курсове і дипломне проектування: методичні рекомендації щодо складання принципів і апаратно-технологічних схем та умовно-графічних зображень в апаратно-технологічних схемах для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності «Технології продуктів бродіння і виноробства» за ОКР «бакалавр», «спеціаліст», «магістр» / Уклад.: П.Л. Шиян, В.Л. Прибильський, А.М. Куц та ін.- К.: НУХТ, 2012.-67 с.
13. Калинина О.А. Сокращения выхода барды путем ее повторного использования при получении и сбраживании концентрировано сусла из зернового сырья / Калинина О.А., Полякова В.А., Леденев В.П.//Тези

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

конф. «3-е тысячелетие: человек, наука, технология, экономика» - Москва, 24-25 февраля 1999, ч.2. –С. 62-63.

14. Маринченко, В.О.Технологія спирту: / В.О. Маринченко, В.А.Домарецький, П.Л.Шиян, та ін.; Під ред. проф. В.О.Маринченка. - Вінниця: Поділля-2000, 2003.- 480с.

15. Методичні рекомендації до виконання розділу «Охорона праці» дипломного проекту для студентів технологічних спеціальностей напряму денної та заочної форм навчання/Уклад.:М.П. Купчик, М.П. Гандзюк, В.Н. Вендичанський. -К.: УДУХТ, 1999.-12 с.(5390)

16. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту для студентів спеціальності 7.091704 «Технологія бродильних виробництв і виноробства» напряму 0917 «Харчова технологія та інженерія» денної та заочної форм навчання / Уклад.: Н.В. Воїнова, О.Ф. Крайнюченко, Л.Г. Цимбалюк, В.К. Костюк – К.: НУХТ, 2009. – 25 с. (7333)

17. Методичні вказівки до виконання розділу «Автоматизація виробничих процесів» у дипломному проекті для студентів спеціальності напряму 0902 «Інженерна механіка» денної та заочної форм навчання/Уклад.:Б.М. Гончаренко, І.В. Ельперін, О.М. Баришніков, К.В. Коновалов.-К.:УДУХТ, 2001-36с.(5756)

18. Основи охорони праці: підручник для студ. вищ. закл. освіти харч. пром.-сті / М.П. Купчик, М.П. Гандзюк, І.Ф. Степанець [та ін.] // Під ред. М.П. Купчика, М.П. Гандзюка – К.: Основа, 2000. – 416 с .

19. НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила побудови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок / Мінпраці та соціалітики України, затвердженні 21.06.2001, № 272»

20. Пшениця. Технічні умови: ДСТУ 3768–98. – [Чинний від 1998-07-01]. – К.: Держстандарт України, 1998. – 15 с. – (Національний стандарт України).

21. Принципы зрительной эргономики. Освещение рабочих систем внутри помещений ГОСТ ИСО 8995-2002: - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003.- 31 с. (Межгосударственный стандарт).

22. Полідез. Технічні умови: ТУ 9392-018-46907113-2002.

23. Патент №29299 С 12 F 7/0/ Україна. Спосіб зброджування сула із крохмалевмісної сировини . Олінійчук С.Т., Сосницький В.В., Псалом П.Г., Бойко П.М. № 98052341; Заявл.07051998; Опубл. 16.09.2002. Укр.

24. Патент 72045 Україна, МПК С12N 15/00. Осмофільний штам дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* ДО-11 для мікробіологічного синтезу етилового спирту з крохмалевмісної сировини / Іванов С.В., Шиян П.Л., Мудрак Т.О., Олінійчук С.Т., Бойко П.М., Єрмакова Г.В.; заявник і патентовласник НУХТ. – №201114490; заявл. 07.12.11; опубл. 10.08.12. Бюл. №15. – 3 с.

25. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: ГОСТ 12.1.005-88. — М.: Стандартинформ, 2008. — 49 с. (Межгосударственный стандарт).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

26. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности: ГОСТ 12.1.003-83. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 2008. — 13 с. (Государственный стандарт СССР).

27. Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.012-90. — М.: Стандартиформ, 2006. — 31 с. (Межгосударственный стандарт).

28. СНиП 41-01-2003. «Строительные нормы и правила. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

29. СНиП 2.04.01-85. «Внутренний водопровод и канализация».

30. Спирт этиловый ректификований. Технічні умови: ДСТУ 4221:2003. — [Чинний від 2008-01-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2007. — 12 с. — (Національний стандарт України).

31. Сивушне масло. ДСТУ ГОСТ 10749.13-2008.- [Чинний від 2008-10-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2008. — 3 с. (Державний стандарт України).

32. Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия: ГОСТ 26933-86. — М.: Стандартиформ, 2010. — 12 с. (Межгосударственный стандарт).

33. Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути: ГОСТ 26927-86. — М.: Стандартиформ, 2010. — 12 с. (Межгосударственный стандарт).

34. Сырье и продукты пищевые. Методы определения меди: ГОСТ 26931-86. — М.: Стандартиформ, 2010. — 15 с. (Межгосударственный стандарт).

35. Продукты пищевые. Метод определения железа: ГОСТ 26928-86. — М.: Стандартиформ, 2010. — 6 с. (Межгосударственный стандарт).

36. Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка: ГОСТ 26930-86. — М.: Стандартиформ, 2010. — 8 с. (Межгосударственный стандарт).

37. Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка: ГОСТ 26934-86. — М.: Стандартиформ, 2010. — 11 с. (Межгосударственный стандарт).

38. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91. — М.: Стандартиформ, 2006. — 68 с. (Межгосударственный стандарт).

39. Технологічний регламент виробництва спиртових бражок при низькотемпературному розварюванні крохмалевмісної сировини з використанням концентрованих ферментних препаратів: ТУ У 00032744–812–2002. — Затверджений Головою Державного департаменту продовольства Мінагрополітики України Ю.В. Жихаревим 16.12.2002. — К. — 2002. — 92 с. (Нормативний документ Мінагрополітики України).

40. Технологічне обладнання галузі [Електронний ресурс]: методичні рекомендації до виконання курсового проекту для студентів спеціальності 7.05050313, 8.05050313 «Обладнання харчових і переробних виробництв» (спеціалізації «Обладнання бродильних та спиртових виробництв») денної та заочної форм навчання / уклал.: С.О.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Удодов, Л.В.Марцинкевич, К.: НУХТ, 2014. – 24 с.

41. Фракція головна етилового спирту: ДСТУ 7402:2013. . - [Чинний від 2013-07-01]. - К.: Держспоживстандарт України, 2004. - 19 с. - (Національний стандарт України).

42. Цивільний захист:Методичні рекомендації до виконання розділу дипломного проекту (роботи) «Цивільний захист» для студентів технологічних спеціальностей та заочної форм навчання/Уклад.: О.В. Хіврич, В.А. Заєць, О.П. Слободян, Л.П. Нещадим – К.:НУХТ, 2013. – 19 с.(8166)

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

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Арк.
					78