

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

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

«До захисту в ЕК»

Директорка ННІХТ

\_\_\_\_\_ Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО  
(підпис)

«    » лютого 2022 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри БПБВ

\_\_\_\_\_ Анатолій КУЦ  
(підпис)

«    » лютого 2022 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 варильного відділення пивоварного заводу потужністю 10 млн дал з інтенсифікацією процесів кип'ятіння сусла з хмелем**

Виконав: здобувач 5 курсу,  
групи ЗТБ 5-1

Калафат Олександр Сергійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник

Булій Юрій Володимирович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

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

\_\_\_\_\_ Олександр КАЛАФАТ  
підпис)

**Київ – 2022 р.**

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри біотехнології  
продуктів бродіння та виноробства

\_\_\_\_\_Анатолій КУЦ

20 вересня 2021 року

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

\_\_\_\_\_Калафату Олександрю Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект варильного відділення пивоварного заводу потужністю 10 млн дал з інтенсифікацією процесів кип'ятіння сусла з хмелем

Керівник роботи Булій Юрій Володимирович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 25 жовтня 2021 року № 836-КС

2. Строк подання студентом роботи 31 січня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_1. Норми технологічного проектування.

\_\_\_\_\_2. Матеріали, зібрані під час переддипломної практики.

\_\_\_\_\_3. Сировина для виробництва пивного сусла: солод світлий, солод темний, солод карамельний, борошно ячмінне, рисова січка

\_\_\_\_\_4. Передбачити виробництво пиво Райдужне світле з масовою часткою СР у початковому суслі 11,0 %, Подільське світле з масовою часткою СР у початковому суслі 13,0 %, Подільське темне з масовою часткою СР у початковому суслі 15,0 %

\_\_\_\_\_4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Титульний аркуш. Завдання на проектування. Анотація (трьома мовами). Зміст. Вступ. 1. Структура підприємства та режими його роботи. 2. Вибір і обґрунтування способів та режимів приготування пивного сусла. 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 ресурсозбереження. 11. Будівельна частина. 12. Екологічна частина. 13. Охорона праці. Загальні висновки. 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 роботи

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

7. Дата видачі завдання 20 вересня 2021 року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Структура підприємства та режими його роботи	01.10.21-02.11.21	виконано
2.	Вибір та обґрунтування способів і режимів приготування пивного суслу		
3.	Характеристика проектованої продукції, сировини, основних і допоміжних матеріалів		
4.	Технологічні розрахунки	03.11.21-14.11.21	виконано
5.	Розрахунки та підбір технологічного обладнання		
6.	Розрахунки площ складських приміщень.		
	<b>1-а атестація</b>	<b>15.11.21</b>	
7.	Викреслювання апаратурно-технологічної схеми	16.11.21-21.12.21	виконано
8.	Оформлення креслень з планів та розрізів і погодження їх з керівником		
9.	Технологічний і мікробіологічний контроль виробництва	22.12.21-15.01.22	виконано
10.	Заходи щодо забезпечення умов промсанітарії		
11.	Інженерні системи та енергетичне господарство		
12.	Заходи щодо енерго- та ресурсозбереження		
13.	Будівельна частина	16.01.22-23.01.22	виконано
14.	Екологічна частина		
15.	Охорона праці		
16.	Оформлення пояснювальної записки	24.01.22-30.01.22	виконано
	<b>2-а атестація</b>	<b>31.01.22</b>	
17.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	01.02.22-04.02.22	виконано
18.	Попередній розгляд роботи на кафедрі		
19.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	05.02.22-07.02.22	
20.	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

**Здобувач**

**Олександр КАЛАФАТ**

**Керівник роботи, доцент**

**Юрій БУЛІЙ**

## Анотація

В кваліфікаційній роботі обґрунтовано енергозберігаючу технологію приготування пивного сусла, розроблено апаратурно-технологічну схему варильного відділення пивоварного заводу. У роботі запропоновані енергоощадні способи інтенсифікації процесів кип'ятіння сусла з хмелем за низького надлишкового тиску з використанням стріпінгу сусла, обрано конструкцію сусловарильного апарату для охмелення сусла і випарювання надлишкової води для отримання початкового сусла заданої концентрації. Наведено вимоги стандартів України до сировини, надана характеристика допоміжних матеріалів, представлено асортимент проєктованих сортів пива і обрані їх рецептури.

В роботі виконані розрахунки продуктів, технологічного обладнання, площі виробничого та допоміжного цехів для пивоварного заводу потужністю 10 млн дал пива на рік, розроблено схему технохімічного та мікробіологічного контролю у варильному відділенні. Представлені розрахунки витрат технологічної води, електроенергії, пари, тепла та холоду для забезпечення ефективної роботи обраного технологічного обладнання в заданому режимі. Використаний практичний досвід передових підприємств щодо впровадження інноваційних способів енерго- та ресурсозбереження, а також інтенсифікації виробничих процесів.

Визначені основні джерела забруднення довкілля, вказані норми викидів та розроблені заходи щодо їх зменшення у варильному відділенні. Також в роботі охарактеризовано склад служби охорони праці та її функції, наведено параметри мікроклімату, джерела загазованості, шуму на виробництві та способи їх нормалізації.

**Ключові слова:** солод, пивне сусло, хміль, інтенсифікація, кип'ятіння, сусловарильний апарат.

					<b>АНОТАЦІЯ</b>	Арк.
Зм.Зм	Арк.	№ докум.№	ПідписПі	Дата		4

## Аннотация

В квалификационной работе обоснована энергосберегающая технология приготовления пивного сусла, разработана аппаратурно-технологическая схема варочного отделения пивоваренного завода. В работе предложены энергосберегающие способы интенсификации процессов кипячения сусла с хмелем при низком избыточном давлении с использованием стриппинга сусла, выбрана конструкция сусловарочного аппарата для охмеления сусла и выпаривание избыточной воды для получения начального сусла заданной концентрации. Приведены требования стандартов Украины к сырью, предоставлена характеристика вспомогательных материалов, представлен ассортимент проектируемых сортов пива и выбраны их рецептуры.

В работе выполнены расчеты продуктов, технологического оборудования, площади производственного и вспомогательного цехов для пивоваренного завода мощностью 10 млн дал пива в год, разработана схема теххимического и микробиологического контроля в варочном отделении. Представлены расчеты расхода технологической воды, электроэнергии, пара, тепла и холода для обеспечения эффективной работы выбранного технологического оборудования в заданном режиме. Использован практический опыт передовых предприятий по внедрению инновационных способов энерго- и ресурсосбережения, а также интенсификации производственных процессов.

Определены основные источники загрязнения окружающей среды, указаны нормы выбросов и разработаны меры по их уменьшению в варочном отделении. Также в работе охарактеризованы состав службы охраны труда и его функции, приведены параметры микроклимата, источники загазованности, шума на производстве и способы их нормализации.

**Ключевые слова:** солод, пивное сусло, хмель, интенсификация, кипячение, сусловарочный аппарат.

					<b>АНОТАЦІЯ</b>	Арк.
Зм.Зм	Арк.	№ докум.№	ПідписПі	Дата		5

## ANNOTATION

The qualification work substantiates energy-saving technology of brewing wort preparation, develops equipment and technological scheme of brewery's brewing section. The paper proposes energy-saving ways of intensification of wort boiling processes with hops at low overpressure using wort stripping, the construction of wort hopper is chosen for wort hopping and evaporation of excess water to obtain the initial wort of a given concentration. The requirements of Ukrainian standards for raw materials are given, the characteristics of auxiliary materials are given, the range of designed beers is presented and their recipes are selected.

The paper calculates products, technological equipment, production and auxiliary workshop area for a brewery with an annual capacity of 10 million dal of beer; the scheme of technochemical and microbiological control in the brewing department has been developed. Calculations of the consumption of technological water, electric power, steam, heat and cold to ensure efficient operation of the selected technological equipment in the specified mode are presented. The practical experience of advanced enterprises in the implementation of innovative ways of energy and resource saving, as well as the intensification of production processes is used.

The main sources of environmental pollution are identified, emission standards are specified and measures to reduce them in the brew room are developed. The paper also describes the composition of the occupational safety service and its functions, provides the parameters of microclimate, sources of gas pollution, noise in the production and methods of their normalization.

**Keywords:** malt, beer wort, hops, intensification, boiling, wort boilers.

					АНОТАЦІЯ	Арк.
Зм.Зм	Арк.	№ докум.№	ПідписПі	Дата		6

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ.....	10
1.1 Структура підприємства.....	10
1.2 Режими роботи.....	11
2 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА.....	12
2.1 Обґрунтування асортименту проекрованої продукції.....	12
2.2 Принципова технологічна схема .....	13
2.3 Аналіз і вибір технологічних способів та режимів виробництва пивного сусла .....	14
2.4 Опис апаратурно-технологічної схеми .....	29
3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	30
3.1 Характеристика проекрованої продукції (вимоги ДСТУ і рецептури)	30
3.2 Характеристика сировини .....	34
3.3 Характеристика основних і допоміжних матеріалів .....	40
4 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	41
4.1 Вихідні дані до технологічних розрахунків .....	41
4.2 Продуктові розрахунки.....	42
4.3 Розрахунки витрат основних і допоміжних матеріалів.....	50
5 РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	52
6 РОЗРАХУНКИ ПЛОЩ СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ .....	59
7 ТЕХНОХІМІЧНИЙ І МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА ТА ЙОГО МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....	60
8 ЗАХОДИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УМОВ ПРОМСАНІТАРІЇ.....	64
9 ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО .....	66
9.1 Водопостачання та водовідведення.....	66
9.2 Розрахунки витрат пару.....	68
9.3 Розрахунки витрат холоду .....	70
9.4 Розрахунки витрат електроенергії.....	70
10. ЗАХОДИ ЩОДО ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ .....	72
11. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА.....	75
12. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	79
13. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	82
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	89

					Проект варильного відділення пивоварного заводу потужністю 10 млн дал з інтенсифікацією процесів кип'ятіння сусла з хмелем			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Калафат О.С.			Зміст	Літ.	Арк.	Акрушів
Консультант						7	91	
Консультант								
Керівник		Булій Ю.В.				Кафедра БПБВ, 2022		
Зав.кафедри		Квц А.М.						



навколишнє середовище. Освітлення сусла від білкового осаду здійснюють в гідроциклонному апараті «Вірпул».

При використанні відомих способів додаткова кількість небажаних летких компонентів утворюється наприкінці процесу кип'ятіння. Не маючи можливості бути видаленими, останні залишаються в суслі, яке передається на бродіння.

Установка для стріпінгу сусла дозволяє їх видалити із гарячого сусла. Стріпінг сусла проводиться в установці фірми Ziemann безпосередньо перед охолодженням сусла. Для цього освітлене сусло із гідроциклонного апарату тангенційно подають в ректифікаційну колону, яка працює під розрідженням. Завдяки особливій системі розподілу рідини всередині колони сусло рівномірно розподіляється по всій поверхні колони, а потім проходить через наповнювач із нержавіючої сталі. В колоні відбувається миттєве випаровування і відгонка легких речовин сусла, у тому числі вільного ДМС. Ступінь випаровування становить 2 %. Після колони освітлене і охмелене сусло подається в двохсекційний пластинчастий теплообмінник на охолодження до температури бродіння.

Використання технології стріпінгу сусла дозволяє скоротити термін кип'ятіння у суслотоварильному апараті до 40 хв., суттєво зменшити енерговитрати у варильному відділенні (до 60 %) та підвищити потужність варильного відділення. При цьому вміст ДМС у суслі зменшується до 20-30 мг/дм<sup>3</sup>, що суттєво підвищує якість сусла і пива.

В кваліфікаційній роботі передбачено приготування наступних сортів пива: «Райдужне світле», «Подільське світле», «Подільське темне». Пиво «Райдужне світле» передбачено готувати за наступною рецептурою: 87 % світлого солоду, 13 % ячмінного борошна (масова частка сухих речовин 11 %); пиво «Подільське світле» – за рецептурою: 89 % світлого солоду, 11 % рисової січки (масова частка сухих речовин 13 %); пиво «Подільське темне» – за рецептурою: 60 % світлого солоду, 30 % темного солоду, 10 % карамельного солоду (з масова частка сухих речовин 15 %).

В роботі виконані розрахунки продуктів і технологічного обладнання, обрано методи технохімічного і мікробіологічного контролю, заходи щодо охорони праці і екологічного контролю виробництва.

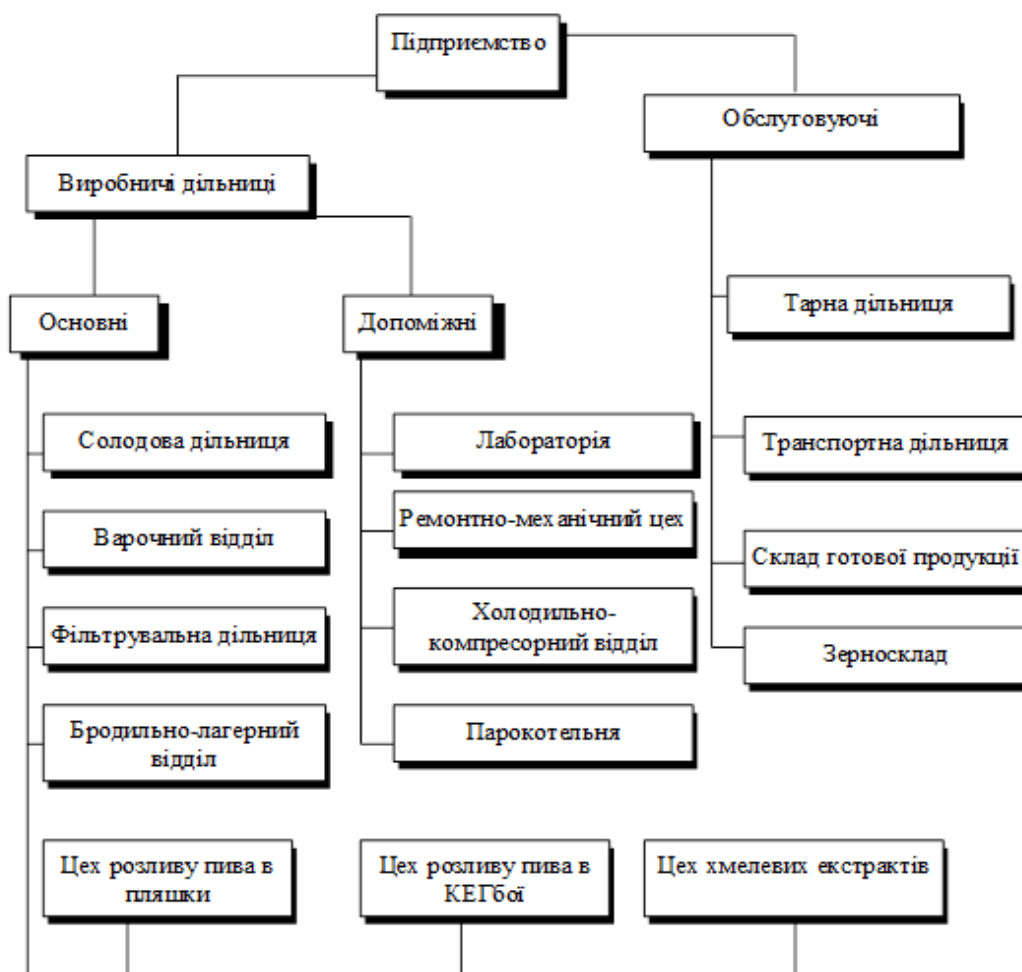
Пояснювальна записка включає 91 сторінку. Креслення містить чотири аркуші: апаратурно-технологічну схему приготування пивного сусла, плани і розрізи варильного відділення, а також демонстраційний плакат.

# 1 СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ

## 1.1 Структура підприємства

Загальна структура підприємства – це сукупність всіх виробничих, невиробничих та управлінських підрозділів підприємства. До управлінських підрозділів відносяться: планово-виробничий відділ, відділ заробітної плати, відділ кадрів, відділ збуту і постачання, бухгалтерія, відділи головного механіка і головного пивовара. Виробничі підрозділи спеціалізуються на виконання певної частки виробничого процесу. Так, отримання солоду відбувається в солодовій дільниці; приготування сусла - у варильному відділенні; зброджування і видержку пива проводять у бродильно-лагерному відділенні; оброблюють пиво у фільтрувальній дільниці; розливають в цехах розливу пива.

До невиробничих, допоміжних відділень належать дільниці, які призначені для обслуговування, ремонту основних фондів, забезпечення запчастинами для ремонту устаткування, різними видами енергії, лабораторія призначена для постійного аналізу якості продукції і вирощування дріжджів як основного компонента у виготовленні пива, а також складські приміщення: зерносклад, склад готової продукції також транспортна і тарна дільниця.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## 1.2 Режими роботи

На підприємстві передбачено двозмінних режим роботи варильного відділення:

- 1) перша зміна - з 7<sup>00</sup> до 19<sup>00</sup> год.
- 2) друга зміна - з 19<sup>00</sup> до 7<sup>00</sup> год.

За нормами робочий тиждень не перевищує 48 годин. Тривалість обідньої перерви - 45 хвилин і дві 20-хвилинні перерви на відпочинок.

За регламентом підприємство працює 330 днів за рік. Тривалість зміни 12 годин. Кількість змін – 4.

Виробнича потужність пивоварного заводу становить 10,0 млн дал на рік.

Режими роботи цехів і відділень наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Режими роботи цехів та відділень

№ з/п	Цеха та відділення	Початок зміни, год.	Кінець зміни, год.	Перерва, год.	Тривалість зміни, год.
1.	Адміністративний корпус 1 зміна Керівництво заводу (працюють в одну зміну)	8 <sup>30</sup>	17 <sup>00</sup>	12 <sup>30</sup> – 13 <sup>00</sup>	8 <sup>00</sup>
2.	Основні цехи 1 зміна 2 зміна	7 <sup>00</sup> 19 <sup>00</sup>	19 <sup>00</sup> 7 <sup>00</sup>	13 <sup>00</sup> – 13 <sup>30</sup> 22 <sup>00</sup> – 22 <sup>30</sup>	12 <sup>00</sup> 12 <sup>00</sup>
3.	Цехи розливу 1 зміна 2 зміна	7 <sup>00</sup> 19 <sup>00</sup>	19 <sup>00</sup> 7 <sup>00</sup>	14 <sup>00</sup> – 14 <sup>30</sup> 21 <sup>00</sup> – 21 <sup>30</sup>	12 <sup>00</sup> 12 <sup>00</sup>
4.	Допоміжні цехи	8 <sup>00</sup>	17 <sup>00</sup>	13 <sup>00</sup> – 13 <sup>30</sup>	8 <sup>00</sup>



## 2.2 Принципова технологічна схема приготування пивного сусла

Принципову технологічну схему приготування пивного сусла наведено на рис. 2.1 [6, 9, 11].

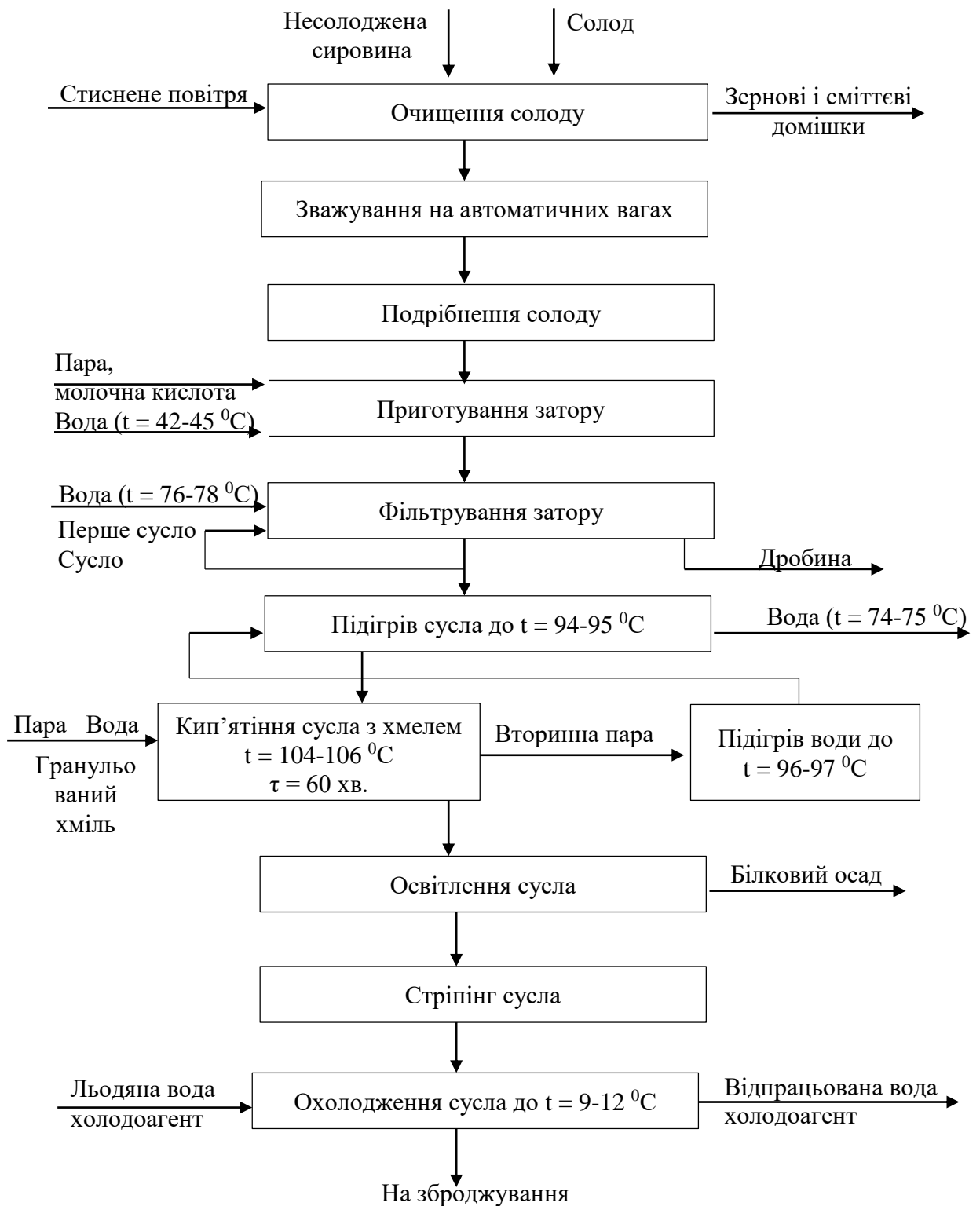


Рис. 2.1 – Принципова технологічна схема варильного відділення

## 2.3 Аналіз і обґрунтування способів та режимів

Основною сировиною для виробництва пива являється ячмінний солод, хміль, вода і дріжджі. Виробництво пива включає ряд послідовних технологічних процесів, ефективність виконання яких визначає якість пива.

Технологічна схема приготування пивного сусла включає такі стадії: очищення солоду і несолоджених зернопродуктів, їх подрібнення, затирання, фільтрування затору, кип'ятіння сусла з хмелем, освітлення сусла від білкового осаду та охолодження сусла до початкової температури бродиння [6, 9, 14, 25].

Першим етапом в приготуванні пивного сусла є подача солоду і несолодженої сировини в бункери добового запасу, очищення зернопродуктів від пилу, сміттєвих, зернових і металевих домішок і подрібнення очищеної сировини.

### **Підготовка зернової сировини (очищення, подрібнення).**

Із зерносховища солод і його замітники подаються у варильне відділення механічним транспортом (норія і стрічкові транспортери) або пневмотранспортом (він є енергоємним і часто викликає пошкодження солоду, що призводить до значних втрат) та зважуються на автоматичних вагах.

*Норія.* Транспортування зернопродуктів здійснюється у вертикальному напрямку або похило з можливістю багаторазових змін кута нахилу. Основними показниками ефективності роботи норії є продуктивність її роботи (потужність), висота переміщення зернового матеріалу, ступінь пошкодження і втрат зерна. В залежності від швидкості руху ковшів норії класифікують на два типи: тихохідні (до 1,25 м/с) і швидкохідні (до 4 м/с). У тихохідних розвантаження ковшів зазвичай гравітаційне, у швидкохідному – відцентрове.

Норії містять закритий тяговий елемент – вантажонесучу стрічку або ланцюг, який огибає приводний та натяжний барабани або зірочки приводної головки та черевика [6, 9, 14, 25].

*Шнековий транспортер (конвеєр).* Зерно переміщується уздовж нерухомого жолоба завдяки обертання гвинта з лопатями. Швидкість транспортування матеріалу пропорційна до швидкості обертання гвинта. Шнекові конвеєри використовуються для горизонтального переміщення сипучих матеріалів або їх переміщення під кутом на відстань до 60 м. Їх продуктивність становить до 150 т/год). Діаметр шнека дорівнює 100...600 мм, частота обертання 10...120 об/хв.

Контроль кількості засипу у збірники добового запасу і збірники на одну варку виконують за допомогою автоматичних вагів [6, 9, 14, 25].

*Очищення зернопродуктів.* Для очищення солоду від пилу, сміттєвих, зернових, мінеральних і металевих домішок в технологічній схемі використовують повітряно-ситові сепаратори з рухомими ситами та пиловідокремлювачами і магнітні сепаратори. Для відділення легких домішок (пилу, полови, частинок стебел) крізь потік зерна в повітряно-ситовому сепараторі продувають струмінь повітря.

*Подрібнення солоду і його заміників.* Метою подрібнення солоду є створення найсприятливіших умов для дії води та ферментів на фракції помелу, а також прискорення фізичних та хімічних процесів, чим забезпечується швидке розчинення речовин та ферментативне перетворення нерозчинних сполук

					<b>ОБґРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА</b>	Арк.
Зм.Зм	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		14

(крохмаль, білки) у розчинні, тобто треба добитися повного переведення екстракту зернопродуктів у сусло. Різні конструкції дробарок (наприклад, молоткові) не забезпечують бажаного складу помелу, тому для збереження оболонки, які містять гіркі дубильні речовини, використовують вальцеві дробарки. Чим менші частинки подрібненої сировини, тим швидше в них проникає вода, що створює сприятливі умови для дії ферментів на нерозчинні речовини. З іншої сторони дуже тонке подрібнення солоду та його заміників може призвести до значних ускладнень при фільтруванні затору [6, 9, 14, 25].

Вологість солоду впливає на еластичність оболонки і величину її часточок у процесі подрібнення. Перед подрібненням солод зволожують, щоб оболонка стала більш еластичною і краще відокремлювалася від ядра. Така стадія підготовки сировини називається *кондиціонуванням солоду*. Це дозволяє прискорити фізико-біохімічні процеси розчинення зернопродуктів під час затирання і забезпечити максимальний перехід екстрактивних речовин у сусло.

В пивоварній промисловості використовують спеціальні вальцеві дробарки: шести-, чотири- і двовальцеві солододробарки з автоматичним регулюванням процесу подрібнення.

Розрізняють сухе, кондиційоване і мокре подрібнення.

*Сухе подрібнення.* При подрібненні зерна стараються менше роздрібнити оболонку зерна, так як дубильні і гіркі речовини, які є в ній, негативно впливають на смак і колір сусла, а потім і пива. Крім того, дуже подрібнена оболонка зерна погіршує фільтрування затору. Подрібнений солод – це суміш часток, які за розміром і по зовнішньому вигляду діляться на 4 фракції: оболонку (лузгу) 15-18 %; крупну 18-22 % і дрібну крупку 30-35 %; борошно 25-35 %.

Сухе подрібнення здійснюють на чотирьох- і шестивалкових дробарках. Помел регулюється щільною між валками. При цьому намагаються якнайменше розбити оболонку, в якій містяться гіркі та дубильні речовини, що негативно впливають на колір і смак пивного сусла та готового пива.

Недоліком чотиривалкової дробарки є те, що дрібна крупка виділяється з помелу не в повній мірі і тому піддається повторному подрібненню. Шестивалкова дробарка має високу продуктивність, але її собівартість більша [6, 9, 14, 25].

*Кондиційоване подрібнення.* В бункер дробарки загрузається солод, в якому протягом 60 с. він зволожується водою температурою 50-55°С і подається в нижню частину дробарки де подрібнюється на валках. Так як оболонка набрала вологи до вологості 15-20 %, то вона майже не подрібнюється.

*Мокре подрібнення* (тільки на двовальцевій дробарці). Перевагами цього подрібнення є те, що оболонка солоду зволожується в процесі замочування до вологості 20-22 % і не залишається майже не пошкодженою. Затір отримують легкий і пухкий, а фільтрування протікає швидше, тривалість цього процесу менше. Солод змішується з водою і в заторний апарат уже подають готовий затір. Замочування сухого солоду перед подрібненням дає можливість виділити небажані гіркі й дубильні речовини, а також кремнієву кислоту, в результаті чого поліпшується смак пива [6, 9, 14, 25].

В даній роботі пропонується використовувати двохвалкову дробарку фірми Штайнекер (Німеччина) для здійснення мокрого подрібнення солоду. Зважений

					<b>ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА</b>	Арк.
Зм.Зм	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		15

на автоматичних вагах солод надходить у бункер, в якому змочується водою, нагрітою до температури 35...50°C. Вода проходить через шар солоду і збирається у конусному днищі бункера; перші порції води можуть бути випущені, тому що містять небажані розчинні речовини. Через 10 хв. за допомогою регулюючого валика солод починає надходити до високопродуктивної двохвальцевої дробарки. Дробарка мокрого подрібнення не потребує додаткового обслуговування. Після закінчення подрібнення всі конструктивні елементи дробарки інтенсивно миються залишками води, яка приєднується до затору. При цьому тривалість подрібнення одноразового засипу зменшується в два рази; суттєво зменшуються енерговитрати на подрібнення; зменшується виробнича площа, не відбувається полеутворення, оболонки зерна зберігаються цілими, завдяки чому покращується фільтрування затору.

### **Затирання солоду і несолодженої сировини.**

Процес затирання – це не тільки змішування, а й ціла система водно – теплової обробки подрібнених зернопродуктів шляхом нагрівання частин затору до певних температур і витримки при заданих температурах, кип'ятіння і змішування частин з основним затором. Головною метою затирання є переведення у розчин якомога більше екстрактивних речовин зернопродуктів, перетворення під дією ферментів нерозчинних речовин в розчинні з подальшим переведенням їх у розчин і приготування сусла бажаного складу. Затір – це суміш подрібненого солоду, інших зернопродуктів і води. Речовини, які переходять у розчин під час затирання, називаються екстрактивними [6, 9, 14, 25].

Солод містить речовини, що легко розчиняються у воді. Їх кількість становить близько 15-17 % від загальної маси сухих речовин. До них відносяться крохмаль та інші цукри, поліфеноли, гіркі речовини, білки продукти їх гідролізу та інші. Регулюючи температуру і кислотність заторів отримують сусло бажаного складу.

Затирання включає три стадії: змішування подрібнених зернопродуктів з водою, нагрівання і витримання отриманої суміші при заданому температурному режимі. При цьому кількість одноразово внесених подрібнених зернопродуктів називають засип, обсяг заданої води - наливом, а отриманий продукт - затором. Зазвичай на затирання 100 кг зернопродуктів витрачають 400-500 дм<sup>3</sup> води.

На перших стадіях затирання в розчин переходять вуглеводи, частково білки і продукти їх гідролізу, пектинові, дубильні і гіркі речовини та мінеральні солі. Основні ж компоненти зернопродуктів - крохмаль і білки - нерозчинні. Тому їх переведення в розчинний стан здійснюється в результаті направленої дії гідролітичних ферментів. Ферментативний гідроліз білків являється також головним біохімічним процесом при затиранні. Розкладаються білки під дією протеолітичних ферментів. При цьому утворюються розчинні білки, пептиди, амінокислоти – продукти живлення дріжджів. Вони впливають на смак та колір пива, сприяють кращому утворенню піни та її стійкості [6, 9, 14, 25].

Існують дві групи способів затирання:

- *настійні;*
- *відварні.*

					<b>ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА</b>	Арк.
Зм.Зм	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		16

У випадку використання настійного способу вихід екстракту нижчий, ніж при відварному, але в заторі краще зберігаються амілолітичні та протеолітичні ферменти, в суслі більше міститься амінокислот і мальтози. У суслі, приготовленому настійним способом, мало декстринів, тому зброджується воно глибше. Настійний спосіб затирання зернової сировини в основному застосовують при використанні високорозчинного солоду і приготування сусла для верхового бродіння.

Переваги настійних способів полягають насамперед у наступному: допускають можливість здійснити автоматизацію процесу; сприяють більш низькому споживанню енергії, чим відварні способи;

Недоліком є менший вихід екстракту, ніж при відварному, але в заторі краще зберігаються до фільтрування амілолітичні та протеолітичні ферменти [6, 9, 14, 25].

*Відварні способи затирання.* Загальним для відварних способів затирання є те, що частину затору відбирають і кип'ятять. Після зворотного перекачування температура всього затору підвищується. По числу цих відварок розрізняють три-, дво- і одновідварні способи затирання. В перелічених способах можливі варіанти як температур, так і тривалості пауз. Загальним для всіх режимів є те, що під час нагрівання швидкість підвищення температури повинна становити 1 °С за 1хв.

Одним з недоліків відварних способів є те, що для затирання зернової сировини необхідні два заторних апарати для основного затору й відвару, отже велика металомісткість установки [6, 9, 14, 25].

#### **Одновідварні способи.**

При використанні одновідварного способу у заторний апарат набирають 1/2 всього об'єму води, яку витрачають на один затір, нагрівають до температури 50-52 °С, вмикають мішалку і подають подрібнений солод і решту води. Температуру заторної маси встановлюють у межах 50-52 °С і суміш витримують 30 хв. (білкова пауза), потім при вимкненій мішалці перекачують у відварний апарат 1/3 частину густої маси (цю частину затору називають відваркою). У відварному апараті заторну масу підігрівають до 62-63 °С і витримують 20 хв. (мальтозна пауза), далі її підвищують до 70-72 °С, витримують 15 хв. для оцукрення крохмалю. Прокип'ячену частину перекачують в основний затір, в результаті змішування температура всієї маси підвищується до 70 °С, і суміш витримується 30 хв. до повного оцукрювання крохмалю. Далі при перемішуванні затір нагрівають до 76-77 °С і перекачують на фільтрування.

При кип'ятінні відбувається клейстеризація крохмалю, подальше перетворення проміжних продуктів гідролізу крохмалю, коагуляція і осадження частини білків, інактивація ферментів, стерилізація затору, утворення меланоїдинів [6, 9, 14, 25].

#### **Двовідварні способи.**

Двовідварний спосіб починається при температурі 50 °С. Після загальної для всього затору короткої температурної паузи відбирається густий затор і після послідовного витримування необхідних коротких температурних пауз він нагрівається до кипіння, 15-20 хв. кип'ятиться, і шляхом його перемішування температура всього затору підвищується до 64 °С. При цьому витримується мальтозна пауза. Через короткий час вдруге відбирається густий затор, який

					<b>ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА</b>	Арк.
Зм.Зм	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		17

нагрівається до кипіння. Друга відварка кип'ятиться трохи менше, ніж перша. Після її перекачки узаторний апарат загальний затор нагрівається приблизно до 75 °С, після чого перекачується на фільтрування. Дводварний спосіб триває близько 3-3,5 годин [6, 9, 14, 25].

### **Трьохвідварні способи.**

За тривідварним способом змішування солоду з водою і затирання суміші розпочинають за температури 35-37 °С. Після першої відварки температуру в основному заторі підвищують до 50-52 °С. Після витримання затору протягом 15 хв. відбирають 1/3 густої частини затору і перекачують у відварний апарат. Відварку повільно нагрівають до температури оцукрювання, оцукрюють, знову підігривають до кипіння і кип'ятять протягом 15-20 хв. Після перекачування і змішування другої відварки в першому заторному апараті температуру загального затору підвищують до 63- 68 °С. Метою проведення третьої відварки є підвищення температури всього затору та інактивації ферментів. Тому на третє відварювання необхідно відбирати рідку частину затору, в якій концентрація ферментів вища ніж у густій. Для цього вмикають мішалку заторного апарату і дають можливість дробині осісти. Далі 1/3 рідкої частини перекачують у відварний апарат, в якому швидко доводять її до кипіння і кип'ятять протягом 10-20 хв, а потім повертають у заторний апарат. Після закінчення перемішування температуру всього затору підвищують до 76 °С. Після 30-хвилинної витримки перевіряють повноту оцукрювання. При неповному оцукрюванні затір перекачують у фільтраційний апарат [6, 9, 14, 25].

В даній кваліфікаційній роботі обрано одновідварний спосіб затирання. В порівнянні з іншими способами цей спосіб має такі переваги: зернова (густа) маса затору підлягає кип'ятінню, тоді як рідку частину його, багату на ферменти, дії високих температур не піддають. Спосіб виключає повторне кип'ятіння, що зумовлює руйнування великих часточок лузги, дає змогу переробляти солод із зниженою оцукрюючою здатністю. При зменшенні витрат енергії й тривалості затирання підвищується вихід екстрактивних речовин.

В залежності від способу затирання і температурних пауз процесу можна отримати сусло різного складу, а отже і різні сорти пива. Щоб отримати світлі сорти пива процес необхідно вести таким чином, щоб у результаті оцукрювання вийшло більше цукрів для більш глибокого їх зброджування, а для темних сортів пива - більше декстринів.

Враховуючи те, що кількість несолодженої сировини (ячмінного борошна і рисової січки) в обраних рецептурах не перевищує 20 % від кількості всього засипу несолоджену сировину затирають в суміші з солодом без додавання в заторний апарат ферментних препаратів.

### **Фільтрування затору.**

Метою фільтрування затору є відокремлення сусла від дробини з найменшими втратами екстрактивних речовин. Оскільки після відокремлення сусла, дробина ще утримує значну кількість екстрактивних речовин, їх доводиться вимивати водою, тому процес розділення затору поділяють на дві частини: 1) фільтрування першого сусла; 2) промивання дробини водою (вимивання екстракту, який утримує дробина) [6, 9, 14, 25].

					<b>ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА</b>	Арк.
Зм.Зм	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		18

В заторі перед фільтруванням усі ферменти інактивовані, окрім б-амілази, яка використовується для дооцукрення залишків крохмалю. При фільтруванні і промиванні дробини температуру фільтруючого слою зберігають не вище 78°C (підвищення температури призведе до втрати активності б-амілази та інших негативних наслідків).

Перед самим процесом фільтрування затор відстоюють. Спочатку достатньо швидко осаджуються крупні частини, яку включають в себе оболонку зерен із залишками ендосперму, крупку та частинки коагуляту. Далі на поверхню важких крупних частинок накопичуються більш м'які частинки. Зверху осаджується тонка суспензія, яка складається із скоагульованих білків та ін. Після відстоювання затору висота дробини складає 30-40 см.

Фільтрація затору складається із двох основних операцій: фільтрація першого сусла і промивання дробини водою. Фільтрація першого сусла триває 1,5-2 год. Для того, щоб отримати залишок екстракту із дробини, її промивають гарячою водою (75-78°C). Промивні води також подаються в суслорочний апарат.

Для успішного фільтрування затору необхідне рівномірне розподілення дробини по всій площі фільтрувальної перегородки. Фільтрування затору базується на принципах молекулярної та конвективної дифузії (рівняння Пуазейля).

Сприятливими умовами для успішного фільтрування сусла є не дуже тонкий помел, добре розчинення солоду під час затирання, особливо білкових речовин. В разі коли оболонки солоду не дуже подрібнюються вони утворюють пухкий шар дробини, в якому затримуються залишки алейронового шару, паростків зародку, клітинних стінок і часточки білків, які скоагулювали під час затирання.

На першій стадії фільтрування на фільтраційному апараті фільтрується 69-70 % усього сусла протягом 90 хв. Промивання водою триває 120 хв. доки концентрація СР не зменшиться до 0,5 %.

При застосуванні фільтрпреса перше сусло фільтрується за 30-35 хв. і при цьому отримують 85-90 % від всього сусла. Друга стадія (промивання дробини) триває 75-90 хв. при тиску 0,25-0,28 МПа.

На сучасних фільтрпресах використовують тонкий помел солоду (на молоткових дробарках) і весь процес триває 60-90 хв [6, 9, 14, 25].

Суттєвими перевагами фільтрпреса є економія часу на фільтрування, більш високий вихід екстракту й можливість переробки недостатньо розчиненого солоду.

В даній кваліфікаційній роботі пропонується дол використання фільтраційний апарат, який має такі переваги:

- мала витрата часу на обслуговування апарату;
- мінімальний контакт сусла з киснем;
- швидка і якісна фільтрація сусла;
- менші втрати води на промивання дробини.

Поскілки в технологічній схемі передбачено використання двохвальцевої дробарки мокромо подрібнення, то для фільтрування затору використовується фільтраційний апарат, в якому оболонки зерна залишаються не пошкодженими, цілими, що дозволяє покращити ефективність процесу фільтрування затору та підвищити вихід екстракту.

Переваги фільтраційного апарату: покращуються якісні показники сусла

					<b>ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА</b>	Арк.
Зм.Зм	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		19

завдяки виключенню вилужування із оболонок гірких дубильних речовин, більший термін використання, невеликі витрати на обслуговування апарату, забезпечення 8-10 варок на добу, вихід екстракту складає 98,5 %.

### **Кип'ятіння та охмелення сусла.**

Метою кип'ятіння сусла з хмелем є стабілізація його складу та ароматизація хмелем. Кип'ятінням досягають упарювання сусла до встановленої концентрації, екстрагування з хмелю ароматичних і гірких речовин, інактивації ферментів, коагуляції білків та стерилізації сусла. Кип'ятіння сусла з хмелем є одним з основних процесів приготування пивного сусла [6, 9, 14, 25].

У суслварочному апараті сусло кип'ятять з хмелем. Кип'ятіння сусла з хмелем необхідне для упарювання сусла, інактивації ферментів, осадження високомолекулярних білків, а також для переходу у розчин гірких і ароматичних речовин хмелю, для придання суслу, а в результаті і пиву, гіркового смаку і хмельового аромату.

1. *Розчинення і перетворення складових частин хмелю.* Пиво отримує необхідну гіркоту в результаті ізомеризації  $\alpha$ -кислоти в ізо- $\alpha$ -кислоту.

Для виробництва пива застосовують гранульований хміль, оскільки він дозволяє зберегти його цінні компоненти в порівнянні з шишковидним. Хмільові речовини потрібно вносити в залежності від їх нормативних концентрацій. На початку кип'ятіння сусло безперервно циркулює через гіркі сорти хмелю, а за 15-20 хв до закінчення кип'ятіння через ароматичні сорти.

2. *Утворення з'єднань білкових та дубильних речовин, їх коагуляція.* В суслі відбувається повне розчинення дубильних речовин хмелю і солоду, які потім зв'язуються з білковими речовинами сусла. В цьому разі дубильні речовини солоду активніші, ніж хмелеві. Дубильні речовини частково перебувають в окисленій формі, а білкові речовини мають різну величину молекул, що призводить до утворення різних сполук.

3. *Випаровування надлишкової води.* Чим більші витрати води на промивання дробини, тим більше надлишкової води потрібно випарити до концентрації сухих речовин у початковому суслі.

4. *Стерилізація сусла.* При високих температурах кип'ятіння сусло стерилізується.

5. *Руйнування ферментів.* Під час кип'ятіння сусла відбувається повне руйнування ферментів, що ще збереглися в невеликих кількостях. Це призводить до стабілізації складу сусла.

6. *Підвищення кольорності сусла.* В результаті кип'ятіння сусло стає темнішим, оскільки в ньому відбувається утворення меланоїдинів і окислення дубильних речовин, які призводять до зростання кольорності сусла.

7. *Підвищення кислотності сусла.* Кислотність сусла зростає від 5,1-5,2 до 5,6-5,7.

8. *Видалення ДМС і небажаних ароматичних летких речовин.* Концентрація ДМС у суслі і пиві зменшується до 60 мкг/дм<sup>3</sup>.

9. *Екстрагування та ізомеризація гірких речовин хмелю.* Гіркі  $\alpha$ -кислоти (гумулон, когумулон і адгумулон) під час кип'ятіння ізомеризуються,

					<b>ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА</b>	Арк.
Зм.Зм	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		20

перетворюючись в ізогумулон, ізо когумулон та ізо адгумулон, які мають гіркий смак і підвищену розчинність у воді. Саме ці кислоти надають гіркоти суслу і пиву (в більшій мірі: 85-90 % гіркоти надають ізогумулон). Гіркі  $\beta$ -кислоти не ізомеризуються і екстрагуються із хмелю в невеликих кількостях.

Під час кип'ятіння гинуть мікроорганізми і досягається біологічна чистота сусла. Щоб загинули всі мікроорганізми, досить кип'ятити сусло протягом 15 хв. Але цього часу не достатньо, щоб видалити надлишок води із сусла або скоагулювати нестійкі білкові речовини і перевести гіркі та ароматичні речовини гранульованого хмелю у суло при його кип'ятінні. Стерильність сусла має велике значення для чистоти зброджування і стійкості пива. Сусло стерилізують 20-25 хв, однак звертання білків і перехід в розчин складових частин хмелю відбувається значно повільніше, тому кип'ятіння сусла триває 1,5-2 год.

Одним із важливих процесів при кип'ятінні сусла з хмелем являється перехід в розчин гірких, ароматичних і дубильних речовин хмелю. Гіркі кислоти хмелю ( $\beta$ - і  $\gamma$ -кислоти) володіють незначною розчинністю, але під час кип'ятіння окислюються гіркі кислоти, які перетворюються в більш розчинні гіркі смоли ( $\beta$ - і  $\gamma$ -смоли). Гіркі речовини надають пиву специфічну приємну гіркоту і попереджують розвиток мікроорганізмів.

При кип'ятінні сусла з хмелем велика частина ароматичних речовин вивільняються і втрачаються, тому хміль добавляють у декілька прийомів. Для кращої ароматизації сусла останню порцію хмелю добавляють в кінці кип'ятіння. Хмельове ефірне масло надає пиву характерний хмельовий аромат.

Використання хмельових екстрактів замість хмелю підвищує колоїдну стійкість пива, покращує смак, зменшує чутливість пива до холоду, підвищує коефіцієнт використання гірких речовин хмелю. При заміні 75% хмелю екстрактом отримують економію хмелю до 30%, а при 100% заміні - до 43%.

Кип'ятіння сусла з хмелем продовжується 1,5-2 год. При виготовленні світлих сортів пива варка скорочується до 1-1,5 год. Головним показником готовності сусла являється густина, звертання білків, прозорість.

Для отримання якісного сусла, а також пива важливе значення мають процеси кип'ятіння пивного сусла з хмелем, на які приходяться значні витрати теплової енергії, що становлять до 70 % загальних витрат на виробництво [27]. При цьому наявна пряма залежність між інтенсивністю кипіння сусла та ізомеризацією хмелю і поліпшенням якості пива, тобто за класичною технологією сусло кип'ятиться 120 хв, а при використанні виносного теплообмінника – 90 хв, причому вміст ізогумулону в кінці варіння при інтенсивнішому кип'ятінні вищий, а тривалість оброблення скорочується на 30 хв. [6].

Хміль у суслотоварильний апарат вносять порціями. Рекомендуються такі технологічні режими внесення хмелю: для сортів пива з масовою часткою сухої речовини у початковому суслі до 11 % — 90 % через 10—15 хв. після початку кипіння сусла і 10 % за 30 хв. до закінчення його кип'ятіння; для сортів пива з масовою часткою сухих речовин у початковому суслі 12 % і більше — 80 % через 10—15 хв. після початку кипіння сусла; 15 % за 30 хв. і 5 % за 5—10 хв до закінчення його кип'ятіння. Сусло в суслотоварильному апараті необхідно кип'ятити з такою інтенсивністю, щоб кількість води, яка випаровується, становила не менше

					<b>ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА</b>	Арк.
Зм.Зм	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		21

5—6 % за 1 год. Кінець кип'ятіння визначають за масовою часткою сухоих речовин у суслі, наявністю в ньому великих пластівців коагульованих білків і за ступенем прозорості сусла у гарячому стані.

Охмелене сусло є складною полідисперсною системою, в якій знаходяться різного ступеня дисперсності колоїди, суспензії, емульсії та розчинені речовини. В суслі містяться сира мальтоза (мальтоза разом із незначною кількістю глюкози, фруктози та декстринів) 60—70 %, сахароза 2—8 %, пептозани 3—4 %, незброджувані декстрини 15—26 %, сирий білок 3—6 %, зола (мінеральна речовина) 1,5-2 %. Із вуглеводів у суслі в незначних кількостях містяться гумі-речовини (0,2 %), інозит та ін. В суслі також є хмелеві гіркі кислоти, смоли, дубильні речовини, незначна кількість ефірного хмелевого масла, приблизно 150—200 см<sup>3</sup> дубильних і 100—180 см<sup>3</sup> гірких речовин. Із азотовмісних сполук у суслі є альбумози, пептони, амінокислоти, амідни, а також аміачний азот. Значна частина азоту сусла (45—50 %) являє собою азот, що засвоюється дріжджами [6].

Одним з найбільш добре вивчених сполук, що містять сірку, є диметилсульфід (ДМС). Його концентрація у суслі не повинна перевищувати 60 мкг/дм<sup>3</sup>. Вміст цієї шкідливої сполуки у суслі і готовому пиві залежить від типу сусловарильного апарату і способу кип'ятіння сусла з хмелем.

Сусловарильні апарати бувають таких типів [6, 9, 14, 25]:

- розраховані на варку при атмосферному тиску;
- розраховані на варку заниженого надлишкового тиску (вище атмосферного).

За видом обігріву сусловарильні апарати розрізняють:

- з прямим обігрівом;
- з паровим обігрівом;
- з обігрівом гарячою водою.

Сучасні сусловарильні апарати оснащуються внутрішнім кип'ятильником або перколятором (рис.2.1).

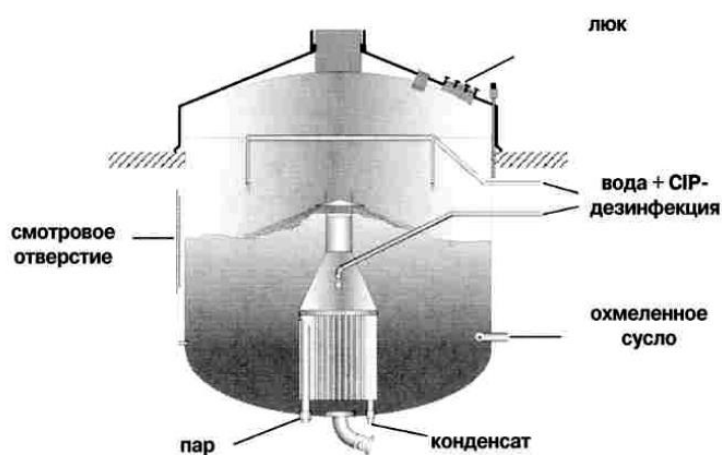


Рис. 2.1. Сусловарильний апарат з внутрішнім кип'ятильником

Внутрішній кип'ятильник являє собою кожухотрубний теплообмінник, розташований всередині сусловарильного апарату. Через вертикальні труби (1) кип'ятильника піднімається підігріте парою сусло. Гріюча пара підводиться в

					<b>ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА</b>	Арк.
Зм.Зм	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		22

міжтрубний простір перколятора через патрубок 6. Під час теплообміну гріюча пара віддає тепло суслу, нагріває його, конденсується, і конденсат виводиться через патрубок 7 (рис.2.2).

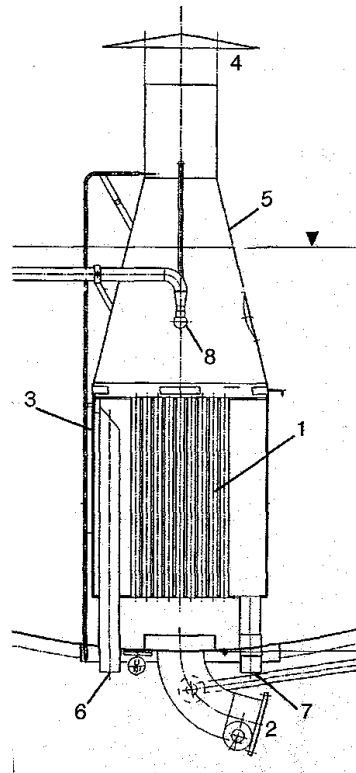


Рис. 2.2. Конструкція внутрішнього кип'ятильника.

У верхньому конусі 5 рух суслу, що кипить, прискорюється, суслорозбризкується за допомогою розподільного екрана (4), який сприяє ефективному випаровуванню надлишкової вологи із тонкої плівки, забезпечуючи при цьому рівномірну концентрацію і температуру у всьому об'ємі апарата.

### Кип'ятіння суслу за атмосферного тиску

Цей спосіб розповсюджений. Він заснований на нагріванні суслу до температури кипіння за атмосферного тиску (100 °C). Тривалість такого процесу складає 90 хвилин. Переваги такого методу в невисокій вартості обладнання і простоті процесу приготування. Але якість отриманого суслу, як правило, гірша, ніж при використанні сучасних методів кип'ятіння.

У сусловарильних котлах з виносним кип'ятильником сусло циркулює через кип'ятильник, який знаходиться поза котлом, обертаючись при цьому 7 – 8 разів за годину. При цьому сусло постійно відбирається з нижньої частини сусловарильного котла і перекачується насосом через виносний кип'ятильник. В якості виносного кип'ятильника найчастіше використовується кожухотрубний теплообмінник, іноді – пластинчастий. Через труби пропускають сусло, з зовнішньої сторони протитечією рухається пара. Коли сусло нарівається, то пара охолоджується і конденсується. Виносний кип'ятильник встановлюють

					<b>ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА</b>	Арк.
Зм.Зм	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		23

вертикально або горизонтально, але з невеликим нахилом для кращого стікання конденсату [6, 9, 14, 25].

Але такий спосіб кип'ятіння має недоліки:

1. потрібні більш високі інвестиційні затрати для придбання обладнання (трубопроводи, теплообмінник, циркуляційний насос), а також потрібно зробити ізоляцію цього додаткового обладнання;
2. примусова циркуляція потребує додаткової електроенергії для перекачки суслу;
3. при великих швидкостях потоку суслу виникає напруга при торканні;
4. потреба у виносних площах для установки обладнання більша, відповідно вища вартість монтажу обладнання;
5. підвищення колірності суслу в момент контакту з сильно нагрітою поверхнею виносного кип'ятильника, навіть до карамелізації.

#### **Динамічне кип'ятіння за низького надлишкового тиску**

Даний спосіб кип'ятіння був розроблений німецькою фірмою «Хуппманн» і з 1996 р. широко застосовується на сучасних заводах. Принцип роботи динамічного кип'ятіння при низькому надмірному тиску полягає в тому, що швидкість хімічних реакцій збільшується при підвищенні температури, що досягається шляхом збільшення тиску у закритій системі. Отже, час кип'ятіння та відсоток випаровування вологи з суслу можуть бути зменшені. Відсоток випаровування суслу при даному типі кип'ятіння становить 4,5-6%. Руйнування ДМС-П в суслі з утворенням вільного ДМС є реакцією першого порядку. На швидкість протікання реакції головним чином впливає температура.

Загальний час кип'ятіння суслу при низькому надмірному тиску може бути розділено на три фази:

- фаза попереднього атмосферного кип'ятіння при температурі 100°С протягом 5 хв. Під час цієї фази відбувається видалення повітря із системи.

- основна фаза кип'ятіння при низькому надмірному тиску 0,15-0,25 бар при температурі 101-103 °С протягом 40-45 хв. Під час цієї фази в котлі досягається тиск 0,20-0,25 бар протягом 3-5 хв, відразу після досягнення заданого тиску відбувається його скидання протягом 3-5 хвилин до значення 0,1 бар. При зниженні тиску температура кип'ятіння зменшується, і за рахунок енергії, що вивільняється, утворюється бульбашки пара (вторинний (випар) у всьому обсязі рідини). Це забезпечує велику контактну площу газу з рідиною і призводить до оптимального стріпінгу легких ароматичних речовин, зокрема вільного ДМС. Завдяки високій температурі досягається швидший обмін речовин, з кожним скиданням тиску небажані ароматичні речовини видаляються більш ефективно. Крім того, за рахунок скорочення часу кип'ятіння та подачі пари зменшується термічне навантаження на сусло, що веде до покращення стабільності смаку та аромату готового продукту.

- остання фаза кип'ятіння відбувається при атмосферному тиску протягом 5 хв для досягнення необхідного значення відсотка випаровування суслу (рис. 2.3).

Таким чином проводять до 25 таких періодів зміни тиску і температури суслу. Часте повторення скидань тиску забезпечує істотне підвищення інтенсивності та

					<b>ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА</b>	Арк.
Зм.Зм	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		24

глибини випаровування летких речовин, оскільки відбувається активне кипіння з утворенням в суслі бульбашок пари і їх дуже швидкий підйом на поверхню.

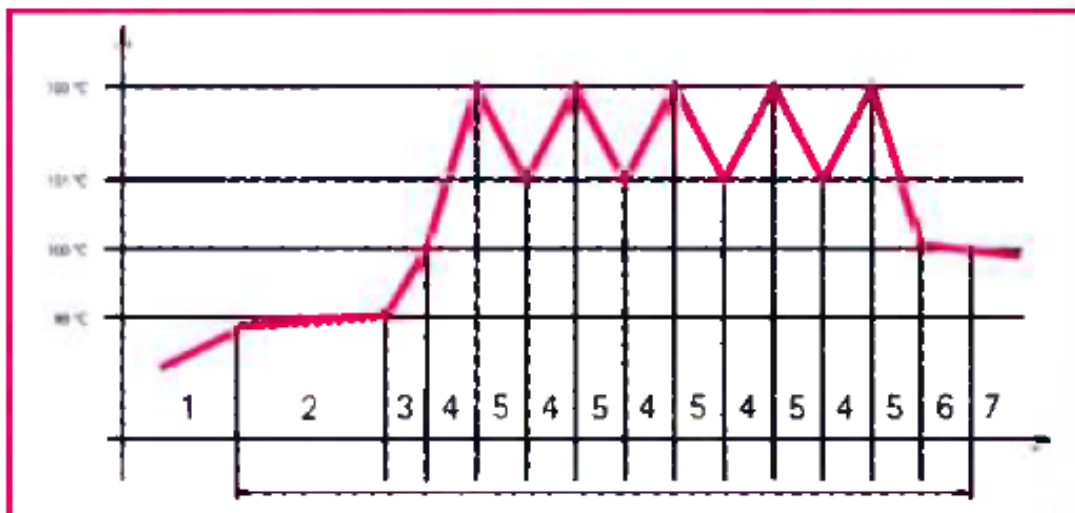


Рис. 2.3. Динамічне кип'ятіння за низького надлишкового тиску:

1-нагрівання сусла, 2 – динамічне кип'ятіння, 3 – попереднє кип'ятіння, 4 – підвищення тиску, 5 – скидання тиску, 6 – кип'ятіння пза атмосферного тиску, 7 – перекачування в гідроциклонний апарат Вірпул.

### Динамічне кип'ятіння за низького надлишкового тиску з використанням кип'ятильника з зануреними соплами - «Джет-стар»

Система розроблена фірмою «Хупман». Принцип кип'ятіння заснований на даних, описаних вище. Відмінність полягає в конструкції кип'ятильника, який оснащений регульованим по висоті зонтом з виносними соплами для ефектної конвекції. При витіканні сусла із класичного направляючого зонта потік рідини при зануренні втрачає багато енергії. При цьому потік сусла рухається насамперед уздовж стінки котла назад до входу в кип'ятильник. Частина сусла між кип'ятильником і стінкою котла тривалий час залишається без циркуляції. При кип'ятінні сусла за допомогою системи «Джет-стар» сусло завжди залишається нижче рівня рідини. За рахунок регульованого по висоті зонта сусло витікає радіально нижче рівня рідини. Вимірювання швидкості на внутрішній стінці ємності показали, що при заглибних соплах поліпшується обмін імпульсами з навколишнім суслим. Потоки сусла уздовж стінки котла повністю відсутні. Результатом є чітке поліпшення конвекції і більш рівномірна обробка всього сусла. Дослідження показують, що при використанні даної системи кип'ятіння підвищується швидкість видалення попередників ДМС, в той час як термічне навантаження знижується [6, 9, 14, 25].

В кваліфікаційній роботі передбачено включення енергозберігаючої установки для використання теплоти вторинної пари суслотоварильного апарату з метою попереднього нагрівання сусла, що подається в суслотоварильний апарат на кип'ятіння (рис. 2.4).

					<b>ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА</b>	Арк.
Зм.Зм	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		25

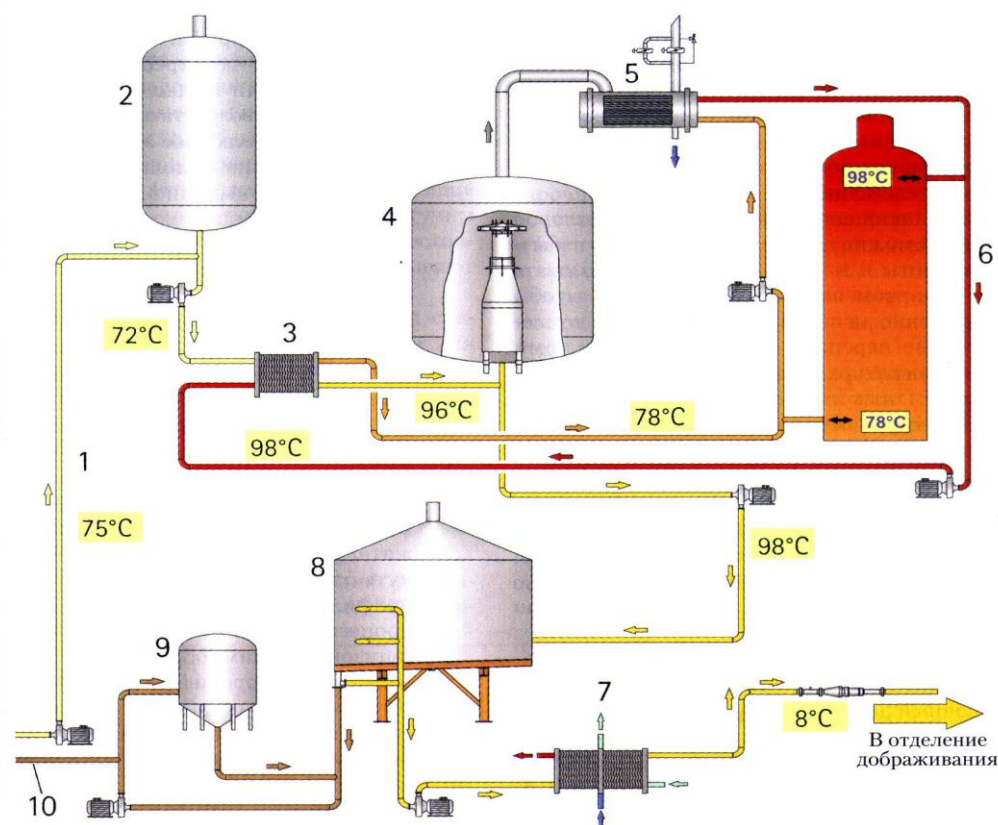


Рис. 2.4. Система накоплення теплової енергії:

1 - подача суслу від фільтр-апарата; 2 - збірник суслу; 3 - нагрівач суслу; 4 – сусло варильний апарат; 5 - конденсатор вторинної пари; 6 - накопичувач енергії; 7 - охолоджувач суслу; 8 - вірпул; 9 - збірник для білкового осаду з вірпула; 10 - подача білкового осаду до фільтр-апарата.

Внаслідок обраного способу кип'ятіння суслу за температури 104-106 °С енергетичний потенціал вторинної пари суттєво зростає, завдяки чому підвищується температура води в конденсаторі вторинної пари до 97 °С. Таким чином, використані в роботі рішення дозволяють зменшити витрати гріючої пари на 30 %, інтенсифікувати всі процеси, які відбуваються в суслотварильному апараті і скоротити час кип'ятіння від 90 до 60 хв.

#### Освітлення і охолодження суслу.

*Освітлення суслу.* Гаряче охмелене сусло очищують від білкового осаду, що містить великі частинки розміром 30-80 мкм, в гідроциклонному апараті [6, 9, 14, 25].

Суспензії гарячого суслу негативно впливають на якість готового пива:

- 1) «обклеюють» дріжджі;
- 2) перешкоджають освітленню суслу;
- 3) ускладнюють фільтрування пива, якщо їх вчасно не відокремити;
- 4) містять жирні кислоти солоду;
- 5) збільшують кількість білкового відстою і з ним втрати.

Для відділення білкового осаду у суслі суслу використовують гідроциклонний апарат «Вірпул», який представляє собою посудину циліндричної форми з

					<b>ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА</b>	Арк. 26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конічною кришкою і плоским днищем. На обичайці корпусу на відстані 900 мм від днища приварени вхідний патрубок для тангенціної подачі сусла. Для збільшення швидкості потоку патрубок виконаний у вигляді завуженого сопла, яке роташоване під кутом 30° до дотичної обичайки корпусу. Струмінь потоку спрямовується тангенціально, тому всередині апарату відбувається обертання сусла. Під дією доцентрової сили зважені частинки збираються в центрі днища, утворюючи осадовий конус. Під час освітлення сусла протягом 20 хв. почергово відкривають крани для відбору сусла, а з нижнього крану відбирають білковий осад [6, 9, 14, 25].

В технологічній схемі передбачено встановлення гідроциклонного апарату марки РЗ-ВГЧ-3.

*Охолодження сусла.* Оскільки бродіння протікає за температури 9–12 °С, то гаряче сусло після охолодження потрібно швидко охолодити до цієї температури. Охолоджують сусло у двохсекційному пластинчастому теплообміннику. Під час охолодження у суслі відбуваються процеси, які здатні впливати на швидкість та ефективність бродіння сусла і доброджування молодого пива [6, 9, 14, 25].

Від центровим насосом сусло температурою 92–95 °С подають на пластинчастий теплообмінник, який розділений на дві секції. У першій секції охолодження відбувається льдяною водою, а в другій – холодоагентом (пропіленгліколем з температурою замерзання -60 °С. В першій секції теплообмінника сусло В другій секції сусло охолоджується від 60 до 9-12 °С.

В кваліфікаційній роботі для охолодження сусла перед бродінням використовуємо двохсекційний пластинчастий теплообмінник, який має наступні переваги:

- 1) не потребує складного монтажу та налаштування;
- 2) конструкція забезпечує мікробіологічну чистоту, низька небезпека контамінації;
- 3) компактна конструкція, не вимагає великої площі для розміщення;
- 4) простота у використанні;
- 5) має високу теплопередачу при невеликих втратах тиску;
- 6) можливість безрозбірної мийки (CIP), пластини легко очищуються.

### **Стріпінг сусла**

Приготування сусла є найбільш енергоємним етапом у пивоварінні. На її долю припадає близько 30% загальної витрати енергії, що споживає весь завод, тому скорочення енерговитрат стало одним з найважливіших умов при розробці нових систем кип'ятіння сусла. Схема процесу показує, що стріпінг сусла доцільно проводити на етапі між освітленням і охолодженням сусла. Освітлення сусла відбувається в гідроциклонному апараті. В класичному варіанті додаткова кількість летких компонентів утворюється в кінці кип'ятіння і, не маючи можливості бути видаленими, вони залишаються у суслі, яке прямує на бродіння. Установка для стріпінгу сусла дозволяє їх видалити з гарячого сусла. Освітлене сусло подається в колону з насадкою з нержавіючої сталі зі швидкістю.

У разі необхідності сусло нагрівається до температури кипіння (в залежності від тиску).

					<b>ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА</b>	Арк.
Зм.Зм	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		27

Завдяки особливій системі розподілу рідини всередині колони сусло рівномірно розподіляється по всій внутрішній поверхні колони, а потім проходить через насадку з нержавіючої сталі. Наповнювач складається з різних деталей з випадковою структурою (кільця Рашига або хомути), які необхідні для збільшення площі (поверхні) контакту і, відповідно, посилення теплового впливу при взаємодії пари і суслу. Площа поверхні при використанні різних типів наповнювача коливається від 50 до 500 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>.

Для стріпінгу (видалення) летких з'єднань гріюча пара подається в нижню частину колони під низьким тиском. Швидкість подачі пари повинна складати менше 1,5% від швидкості потоку суслу. Вторинна пара, яка містить леткі з'єднання, проходить через конденсатор і перетворюється в конденсат пари з температурою 85 °С. У разі, якщо сусло входить в колону при температурі кипіння, кількість пари дорівнює кількості отриманого конденсату.

*Результати:* при концентрації ДМС ув суслі на вході в колону в межах 50-60 мкг/дм<sup>3</sup>, на виході залишається всього 20 мкг/дм<sup>3</sup>. Це говорить про те, що система стріпінгу суслу є однією з найефективніших і надійних з існуючих. Вміст ДМС в охолодженому суслі суттєво зменшується, ніж при класичній схемі. Однією із головних переваг стріпінгу суслу є можливість економії до 92 % енерговитрат (спосіб дозволяє скоротити час кип'ятіння в суслотоварильному апараті до 40 хв).

Для інтенсифікації випаровування небажаних ароматичних речовин і ДМС після суслотоварильного і гідроциклонного апаратів застосовується додатковий крок - вакуумне випарювання за рахунок використання стріпінг-колони, в якій протivotоком рухається сусло і пара. Сусло подається з гідроциклонного апарату в нижню частину колони. Ступінь випаровування в ній становить 2 %. Із кубової частин колони сусло подається в теплообмінник на охолодження. При цьому відбувається мінімальний вплив на сусло в суслотоварильному апараті при випаровуванні 3,0 ... 4,5 %. При використанні цього методу кип'ятіння концентрація ДМС в суслі не перевищує 20 ... 30 мкг/дм<sup>3</sup> [6, 9, 14, 25].

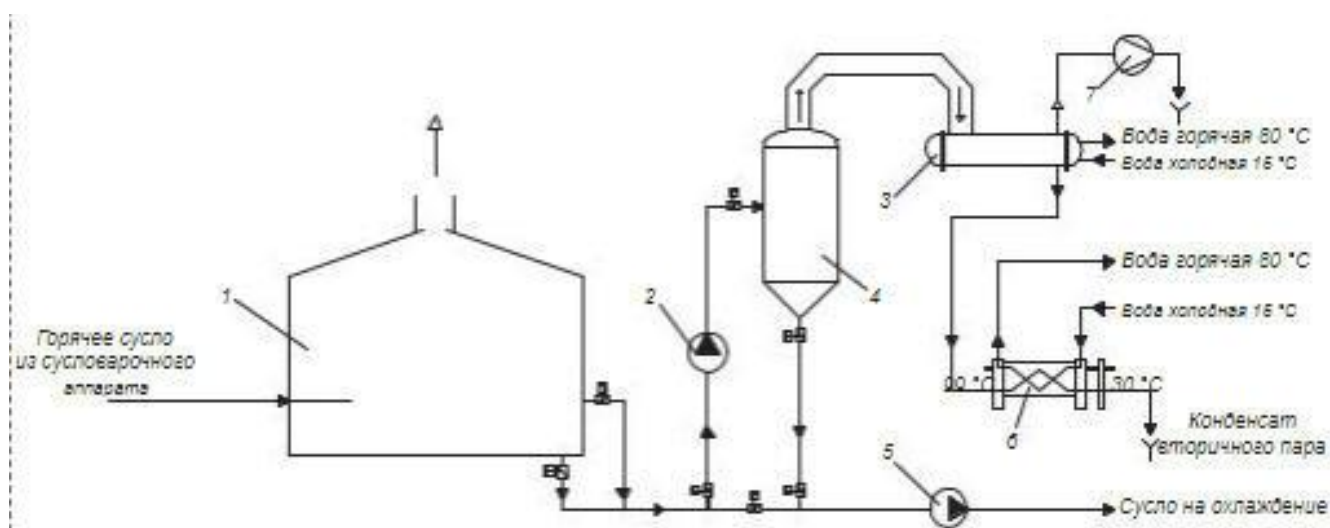


Рис. 6.92. Принципиальная схема устройства вакуумного испарения фирмы Ziemann:

1 — гидроциклонный аппарат; 2, 5 — насос для суслу; 3 — конденсатор вторичного пара; 4 — вакуум-испаритель; 6 — охладитель конденсата вторичного пара; 7 — вакуум-насос

					<b>ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА</b>	Арк.
Зм.Зм	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		28

## 2.4 Опис апаратурно-технологічної схеми

Солод і несолоджена сировина із зерносховища норією 1 і шнековим транспортером 2 подають у бункери добового запасу 3-6. Попередньо сировину зважують на автоматичних вагах 9. Далі солод поступає на очищення від домішок і пилу у повітряно-ситовий сепаратор 7 і магнітний сепаратор 8. Несолоджена сировина одразу подається в магнітний сепаратор 8. Після цього на автоматичних вагах 9 відбувається зважування солоду і несолодженої сировини для однієї варки. Зважені зернопродукти подають в бункери на одну варку 10, 11.

Подрібнення солоду здійснюють в дробарці мокрого подрібнення 12, в яку подають через змішувач холодну і гарячу воду із напірних збірників води 26 і 27. Несолоджена сировина подрібнюється в двовальцевій дробарці 13 сухого подрібнення, після чого надходить в передзаторний апарат 14, в який подають гарячу воду із збірника промивної води 20. Водний розчин подрібнених дернопродуктів перекачують до заторного апарату 16 насосом 15.

Після затирання солоду і зернопродуктів заторну масу відцентровим насосом 15 перекачують у фільтраційний апарат 17 на фільтрування. Перше мутне сусло, повертають у фільтраційний апарат, а прозоре сусло направляють у проміжний збірник сусла 20. Після закінчення фільтрування дробину промивають промивною водою температурою 76-78 °С до вмісту сухих речовин у дробині 0,5-0,8 %. Після вилужування екстрактивних речовин із дробини остання із фільтраційного апарату вивантажується в збірник дробини 18, а промивну воду подають в збірник 19. В збірнику 19 промивну воду підігрівають до температури 70 °С і далі відцентровим насосом подають в передзаторний апарат 14 на повторне її використання. Кип'ятіння сусла здійснюють у суловарильному апараті 22 протягом 40 хв. за низького надлишкового тиску 300-350 мбар і температури 104-106 °С. Вторинна пара із суловарильного апарату надходить в міжтрубний простір кожухотрубного теплообмінника 24, а в трубний простір за допомогою відцентрового насоса подають воду температурою 75-76 °С із нижньої частини енергозберігаючої колони 25. В теплообміннику 24 вода нагрівається до температури 96-97 °С і повертається у верхню частину колони 25. Далі гаряча вода з верхньої частини колони подають в пластинчастий теплообмінник 21, в якому в протитоці нагрівається сусло, яке насосом перекачують із збірника сусла 20 в суловарильний апарат 22. Після закінчення кип'ятіння охмелене гаряче сусло відцентровим насосом тангенційно подають у гідроциклонний апарат «Вірпул» 27 на освітлення. Гаряче освітлене від білкового осаду сусло насосом подають у верхню частину стріпінг-колони 28, заповнену кільцями Рашига, яка працює під розрідженням, яке створюють за допомогою вакуум-насоса 31. В колоні 28 сусло миттєво вскипає, завдяки чому відбувається випаровування небажаних ароматичних речовин і вільного ДМС, Вторинна пара з леткими домішками конденсується в кожухотрубному теплообміннику 24, і конденсат виводиться із установки. Пара, яка несконденсувалася в теплообміннику 24, надходить в барометричний конденсатор 30, в якому конденсується, і конденсат самопливом надходить в барометричний ящик 32. Звільнене від ДМС сусло відбирають із нижньої частини колони 28, охолоджують в двохсекційному пластинчастому теплообміннику 29 і подають в цех ферментації на зброджування.

					<b>ОБҀРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА</b>	Арк.
Зм.Зм	Арк.	№ докум.№	Підпис	Дата		29

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

#### 3.1 Характеристика проекрованої продукції (вимоги ДСТУ і рецептури)

Таблиця 3.1 – Рецептура проектованих сортів пива

Найменування сорту пива	Масова частка сухих речовин у початковому суслі, %	Витрата зернопродуктів на 1 дал		Гіркота сусла, г/дал	Примітка
		Найменування зернопродукту	%		
Райдужне світле	11	Солод світлий Борошно ячмінне	87 13	0,73	Світле
Подільське світле	13	Солод світлий Рисова січка	89 11	0,98	Світле
Подільське темне	15	Солод світлий Солод темний Солод карамельний	60 30 10	0,82	Темне

Органолептичні, фізико-хімічні показники пива, харчова цінність, термін придатності, обумовлені якісними показниками сировини і допоміжних матеріалів, які використовуються, ефективністю обраної технології проектованих сортів пива і умовами розливу, які використовує виробник відповідно до технологічної інструкції на пиво конкретного найменування, затвердженій в установленому порядку. Готове пиво повинно відповідати загальним технічним вимогам ДСТУ 3888-2015 «Пиво. Загальні технічні умови» [18], в якому вказані його органолептичні та фізико-хімічні показники (табл. 3.2, 3.3).

Таблиця 3.2 – Органолептичні показники якості пива [18]

Найменування показника	Характеристика показника					
	Фільтроване пиво			Нефільтроване пиво: освітлене, неосвітлене		
	світле	напівтемне	темне	світле	напівтемне	темне
1	2	3	4	5		
Зовнішній вигляд	Прозора піниста рідина, без осаду та сторонніх включень			Прозора піниста рідина, без сторонніх включень, не властивих продукту (допускається наявність дріжджового осаду та слабка опалесценція)		

## Закінчення табл. 3.2

1	2	3	4	5
Смак	Солодовий та хмельовий смак з гіркотою, що відповідає сорту пива	Солодовий смак із присмаком карамельного солоду, приємною гіркотою, що відповідає сорту пива	Повний солодовий смак із яскраво вираженим карамельним смаком, приємною гіркотою, що відповідає сорту пива	Чистий смак збродженого солодового напою з хмельовою гіркотою та з присмаком дріжджів. Сторонній присмак не допускається
Аромат	Аромат, що відповідає сорту пива, чистий, без сторонніх запахів та присмаку			Аромат збродженого солодового напою. Допускається слабкий дріжджовий аромат. Сторонній запах не допускається.
Піноутворення	Пиво з масовою часткою сухих речовин у початковому суслі від 8% до 11,5%: Висота піни, не менше, мм – 20,0 Піностійкість не менше, хв. – 2,0 Пиво з масовою часткою сухих речовин у початковому суслі від 12,0 до 20,0%: Висота піни, не менше, мм – 30,0 Піностійкість не менше, хв. – 2,0			

Таблиця 3.3 – Фізико-хімічні показники якості пива [18]

Тип пива	Масова частка сухих речовин у початковому суслі, %	Масова частка спирту, %, не менше	Кислотність, см <sup>3</sup> 1 моль/дм <sup>3</sup> розчину гідроксиду натрію на 100 см <sup>3</sup> пива	Колір, см <sup>3</sup> 0,1 моль/дм <sup>3</sup> розчину йоду на 100 см <sup>3</sup> води	Масова частка діоксиду вуглецю, %, не менше
Світле	8,0-23,0	2,0-7,2	1,6-5,0	0,2-1,8	0,30-0,35
Напівтемне	9,0-23,0	2,4-7,2	1,3-5,0	1,9-3,9	0,30-0,35
Темне	9,0-23,0	2,4-7,0	1,3-5,5	більше 4,0	0,30-0,33

В готовому пиві оцінюють прозорість, колір, смак, аромат, хмельову гіркоту, насиченість діоксидом вуглецю, піноутворення та піностійкість пива. Максимальна дегустаційна оцінка — 25 балів, яка складається з оцінки прозорості — 3, кольору — 3, смаку — 5, хмельової гіркоти — 5, аромату — 4 і піностійкості — 5 (табл. 3.4, табл. 3.5).

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ,  
СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ  
МАТЕРІАЛІВ

Арк.

31

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

**Таблиця 3.4 – Характеристика та бальна оцінка органолептичних показників пива**

Найменування показника якості	Органолептична характеристика пива	Бал	Оцінка	Примітка
1	2	3	4	5
Прозорість	Прозоре з блиском, без зависів	3	відмінно	
	Прозоре без блиску, поодинокі дрібні зависі (пилоподібні)	2	добре	
	Слабо опалесціює	1	задовільно	
	Сильно опалесціює	0	незадовільно	знімають з дегустації як нестандартне
Колір	Відповідає типу пива, знаходиться на мінімально встановленому рівні для даного типу пива	3	відмінно	
	Відповідає типу пива на середньому рівні	2	добре	
	Відповідає типу пива, максимально допустимий для даного сорту	1	задовільно	
	Не відповідає типу пива, світліше або темніше від встановленого стандартного рівня	0	незадовільно	
Аромат	Відмінний аромат, що відповідає даному типу пива чистий, свіжий, чітко виражений	4	відмінно	
	Добрий аромат, що відповідає типу пива, але недостатньо виражений	3	добре	
	В ароматі помітні сторонні відтінки: злегка сирний, фруктовий, дуже виражений солодовий	2	задовільно	
	Виражені сторонні тони в ароматі: фруктовий, кислуватий, дріжджовий, молодого пива та ін.	1	незадовільно	
Смак	Відмінний без сторонніх присмаків, гармонійний смак, що відповідає даному типу пива	5	відмінно	
	Добрий, чистий смак, який відповідає даному типу пива, але не дуже гармонійний	4	добре	

## Закінчення табл. 3.4

1	2	3	4	5
Смак	Не дуже чистий смак, незрілий присмак молодого пива, карамельний смак, пустий, слабо виражений	3	задовільно	
	Пустий смак і сторонній присмак: дріжджовий, фруктовий гострий, кислуватий	2	незадовільно	
Хмельова гіркота	Чисто хмельова, м'яка, врівноважена, що відповідає типу пива	5	відмінно	
	Чисто хмельова, не дуже врівноважена, злегка залишкова, грубувата	4	добре	
	Хмельова, груба, залишкова або слабка, що не відповідає даному сорту пива	3	задовільно	
	Не хмельова, груба	2	незадовільно	
Піна та насиченість діоксидом вуглецю	Густа, стійка, компактна піна заввишки не менше 40 мм, стійкістю не менше 4 хв. при значному та уповільненому виділенні бульбашок газу	5	відмінно	
	Компактна стійка піна заввишки не менше 30 мм, стійкістю не менше 3 хв. при незначному і швидко зникаючому виділенні бульбашок газу	4	добре	
	Піна заввишки не менше 20 мм, стійкістю не менше 2 хв.	3	задовільно	
	Піна заввишки не менше 10 мм, стійкістю не менше 1 хв.	2	незадовільно	
	Без піни		незадовільно	знімають з дегустації як нестандартне

Таблиця 3.5 – Загальна оцінка якості пива

Оцінка	Загальний бал
відмінно	22...25
добре	19...21
задовільно	13...18
незадовільно	12 і менше

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	33

### 3.2 Характеристика сировини

Основною сировиною для приготування пива служить ячмінний солод (пророслий ячмінь), який отримується з пивоварних сортів ячменю. Ячмінь відноситься до сімейства злакових, роду Гордеум. Буває дворядним та шестирядним. Дворядні ячмені, переважно, ярі, а шестирядні - ярі і озимі. Для виробництва пива використовується дворядний ячмінь, а шестирядний використовується на корм худобі (фураж) [6, 28].

У пивоварних сортів ячменю більш тонка оболонка зерна, підвищений вміст крохмалю, а вміст білка знижений. У голозерних ячменів плівка при обмолоті відокремлюється. У пивоварінні використовують плівчасті ячмені. Оболонки захищають зерно від пошкодження, пропускають усередину воду, але затримують солі. У великій кількості в них знаходиться целюлоза, яка не має значення пивоваріння. Деякі речовини оболонок (поліфенольні, азотисті, ліпіди, кремнієва кислота, гіркі речовини) впливають на якість пива.

За масою зерна компоненти розподіляються нерівномірно. Найбільша кількість вуглеводів знаходиться в ендоспермі, а жири, азотисті та мінеральні речовини – у зародку, сира целюлоза в оболонці.

В таблиці 3.6 наведені вимоги ДСТУ 3769-98 «Ячмінь. Технічні вимоги», щодо відповідності органолептичних і фізико-хімічних показників пивоварного ячменю.

Таблиця 3.6 – Органолептичні та фізико-хімічні показники ячменю [28]

№ з/п	Показники	Вимоги до зерна ячменю, яке використовують в пивоварінні	
		1 класу	2 класу
1	2	3	4
1.	Колір	Світло-жовтий або жовтий	Світло-жовтий, жовтий або сірувато-жовтий
2.	Запах	Присутній нормальному зерну, без затхлого солодового	
3.	Вологість, %, не більше	14,5	15,0
4.	Натура, г/дм <sup>3</sup> , не менше	Не регламентується	
5.	Маса 1000 зерен, г, не менше	40,0	38,0
6.	Масова частка білка, %, не більше	11,0	11,5
7.	Смітна домішка, %, не більше	1,0	2,0
8.	мінеральна домішка	0,5	0,5
9.	Галька	0,1	0,1
10.	Шлак і руда	0,05	0,05
11.	Зіпсовані зерна	У границях норми загального вмісту смітної домішки	

Закінчення табл. 3.6

1	2	3	4
12.	Вівсюг	У границях норми загального вмісту смітної домішки	
13.	Кукіль	0,3	0,3
14.	фузаріозні зерна	Не допускається	
15.	шкідлива домішка	0,2	0,2
16.	в тому числі:		
17.	ріжки і сажка	0,1	0,1
18.	ходесма сива	Не допускається	
19.	Зернова домішка,%, не більше	2,0	5,0
20.	Дрібні зерна,%, не більше	5,0	7,0
21.	Крупність,%, не менше	85,0	70,0
22.	Здатність до проростання, %, не менше	95,0	92,0
23.	Життездатність,%, не менше	95,0	95,0
24.	Зараженість шкідниками	Не допускається, крім зараженості кліщем 1 ступеня	

Хміль – багаторічна витка квіткова дводомна рослина із сімейства конопляних. У пивоварінні використовують тільки жіночі незапліднені суцвіття – хмельові шишки, в яких містяться унікальні гіркі речовини, а також ефірні олії та поліфеноли. Для отримання високоякісного пива з характерним гірким смаком має значення не тільки кількісний, але і якісний склад речовин у складі хмелю. Він приймає участь в освітленні пива та утворенні піни, а також підвищує його стійкість при зберіганні. Головним якісним показником хмелю є не тільки кількісний вміст альфа-кислот, ступінь використання яких в технологічному процесі становить лише 20-30%, а також їхній склад та кількість бета-кислоти. У пивоварінні, зазвичай, використовують два різновиди хмелю: ароматичний та гіркий, а також дві групи: тонкі, з вмістом гірких речовин близько 15 % та альфа-кислот 3–5 %, і грубі з вмістом гірких речовин більш як 20 % та альфа-кислот 8–12 % (табл. 3.7). Для виробництва краще використовувати хміль тонкоароматичних сортів: «Клон 18», «Злато Полісся», хміль ароматичних сортів: «Заграва», «Слов'янка» та гірких: «Поліський», «Промінь», «Зміна», «Потіївський», хміль гірких сортів з особливо високим вмістом альфа-кислот: «Кумир», «Альта». В сучасних дослідження показано доцільність використання у пивоварінні нових районованих ароматичних сортів хмелю: «Слов'янка», «Заграва», «Злато Полісся», «Гайдамацький», та гірких: «Промінь», «Потіївський» [19]. Під час зберігання хмелю на пивзаводах втрачаються більше 50 % альфа-кислот та до 90 % ефірної олії, тому в пивоварінні використовують хмельові препарати. Якщо при варінні пива використовувати ізомеризовані гранули, то максимальна величина гіркоти суслу досягається за 15 хв. кип'ятіння суслу з гранулами проти 90 хв. при застосуванні звичайних гранул [12].

Таблиця 3.7 – Хімічний склад висушених хмельова шишок [21]

Вода	10-14%
Клітковина	12-16%
Азотисті речовини	15-24%
Безазотисті екстрактивні речовини	25-30%
Зола	6-9%
Хмелеві смоли	10-20%
Альфа - кислоти	2-16%
Бета - фракція	6-9%
Гамма - тверді смоли	2-3%
Поліфенольні речовини	2-5%
Ефірні олії	0,2-3,8%

Вимоги до хмелю наведені в табл. 3.8 (згідно вимог ДСТУ 4098.1-2002) [21].

Таблиця 3.8 – Вимоги до хмелю пресованого [21]

Назва показників	Норми
1	2
<i>Базисні норми:</i>	
1. Колір	Від світло-жовтого до золотисто-зеленого
2. Вміст $\alpha$ -кислот в перерахунку на абсолютно суху речовину, %	3,5
3. Вологість, %	13,0
<i>Обмежувальні норми:</i>	
1. Вміст $\alpha$ -кислот в перерахунку на абсолютно суху речовину, %	2,5
2. Вологість, %:	
не більше	13,0
не менше	11,0
3. Вміст золи в перерахунку на абсолютно суху речовину, %, не більше	14,0

В таблицях 3.9-3.12 наведені органолептичні і фізико-хімічні показники сортів солоду, які відповідають вимогам ДСТУ 4282:2004 «Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови».

Таблиця 3.9 – Органолептичні показники світлого і темного солоду [22]

Найменування показника	Характеристики світлого і темного солоду
1	2
Зовнішній вигляд	Однорідна зернова маса, що не містить пліснявих та пошкоджених зерен

					<b>ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

1	2
Колір	Для солоду високої якості – від світло-жовтого до жовтого. Для солоду I та II класу дозволено сірувато-жовтий
Запах	Солодовий, більш концентрований у темного солоду. Не дозволено: кислий, запах плісняви та інші не властиві солодовому
Смак	Солодовий, солодкуватий. Не дозволено сторонній присмак

Таблиця 3.10 – Фізико-хімічні показники карамельного солоду [22]

Найменування показника	Норма для карамельного солоду	
	I класу	II класу
Масова частка вологи (вологість), %, не більше	5,0	6,0
Масова частка екстракту в сухій речовині солоду, %, не менше	75,0	70,0
Кількість карамельних зерен, %, не менше	93,0	25,0
Масова частка смітної домішки, %, не більше	0,5	0,5
Колір (величина Лінтнера – Лн), не менше	20,0	20,0

Таблиця 3.11 – Допустимі рівні радіонуклідів у солоді пивоварному ячмінному [22]

Найменування показника	Допустимі рівні, не більше, мг/кг	Метод контролювання
137 Cs	50	Згідно з ДСТУ 3240
90 Sr	30	Згідно з ДСТУ 3240

Таблиця 3.12 – Вміст токсичних елементів, N-нітрозамінів та мікотоксинів у ячмінному пивоварному солоді [22]

Найменування показника	Допустимі рівні, не більше, мг/кг	Метод визначення
Ртуть	0,03	ДСТУ ISO 11885-2005
Миш'як	0,2	Згідно ДСТУ 4089
Мідь	10,0	ДСТУ ISO 6778-2003
Свинець	0,5	ДСТУ ISO 11885-2005
Кадмій	0,1	ДСТУ ISO 11885-2005
Цинк	50,0	ДСТУ ISO 10301-2004
N-нітрозаміни	0,015	Згідно з ДСанПін 4.4.2.030
Мікотоксини : Афлатоксин В1	0,005	Згідно з рекомендаціями № 2273, № 4082, № 3942

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ,  
СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ  
МАТЕРІАЛІВ

Арк.

37

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Для зниження собівартості і розширення асортименту готової продукції, а також для зміни складу екстрактивних речовин сусла на практиці солод замінюють несолодженою сировиною. Стандартом на пиво допускається використання несолодженого ячменю, рисової січки, пшениці, знежиреної кукурудзяної крупи. Головні вимоги, що пред'являються до несолодженої сировини – це чистота і відповідність вимогам на продовольчу сировину. Застосування несолодженої сировини – економічно вигідно і технологічно обґрунтовано. Тому при приготуванні 10...12 % світлого пива слід обов'язково застосовувати не менше 10 % несолодженої сировини без використання ферментних препаратів. При використанні понад 20 % несолодженої сировини застосування ферментних препаратів є обов'язковим.

Вимоги до якості рисової січки наведені в табл. 3.13 (ГОСТ 6292 – 93) [21].

**Таблиця 3.13 – Вимоги до якості рисової січки**

№ п/п	Показники	Характеристика і норми	
		Перший сорт	
1	Колір	Білий з різними відтінками	
2	Запах	Властивий рисовій крупці без сторонніх запахів, не затихлий, не пліснявий	
3	Смак	Властивий рисовій крупці без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий	
4	Вологість, % не більше	15,5	
5	Доброякісне ядро, %, не менше	99,4	
	Рис подрібнений, %, не більше	9,0	
	Пожовклі ядра рису, %, не більше	2,0	
	Крейдові ядра риса, %, не більше	2,0	
	Ядра з червоними смугами, %, не більше	3,0	
	Червоні ядра, %, не більше	Не допускається	
	Глютинозні ядра, %, не більше	2,0	
	Лущенні зерна просянки, %, не більше	-	
	Нелущенні зерна рису, %, не більше	0,2	
6	Смітна домішка, % не більше в тому числі: мінеральна домішка, органічна домішка	0,3	
		0,05	
		0,05	
1	2	3	
7	Зараженість шкідниками хлібних запасів	Не допускається	
8	Забрудненість мертвими шкідниками хлібних запасів: мертві жуки, екз. в 1 кг, не більше	15	
9	Металомагнітна домішка, мг в 1 кг, не більше	3	

У виробництві пива вода є основною сировиною, оскільки від її якості залежать органолептичні властивості напою, його смак та стійкість готової продукції. Сольовий склад води впливає на рН, а отже, й на швидкість та глибину

					<b>ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

ферментативних процесів, розчинність хмельових смол, бродіння. Для приготування пива використовують воду з артезіанських джерел, які розташовані поруч з заводом. Хімічний склад цієї води зумовлює повну відповідність державним стандартам.

В таблицях 3.14-3.12 наведені вимоги ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної до споживання людиною», яким за органолептичним і фізико-хімічним властивостям повинна відповідати вода.

**Таблиця 3.14 – Органолептичні показники питної води [7]**

Назва показника	Норматив	Метод випробовування
Запах при 20 °С і при нагріванні до 60 °С, бали, не більше	2	Згідно нормативної документації
Смак і присмак при 20 °С, бали, не більше	2	Згідно нормативної документації
Колірність, градуси, не більше	20	Згідно нормативної документації
Мутність за стандартною шкалою, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	1,5	Згідно нормативної документації

**Таблиця 3.15 – Фізико-хімічні показники питної води [7]**

Назва показника	Норматив	Метод випробовування
Водневий показник, рН	6,0-9,0	Вимірюється рН-метром будь-якої моделі зі скляним електродом з похибкою вимірювань не більше 0,1 рН
Залізо, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	0,3	Згідно нормативної документації
Загальна жорсткість, мг · екв/дм <sup>3</sup> , не більше	7,0	Згідно нормативної документації
Марганець, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	0,1	Згідно нормативної документації
Мідь, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	1,0	Згідно нормативної документації
Поліфосфати, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	3,5	Згідно нормативної документації
Сульфати, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	500	Згідно нормативної документації
Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	1000	Згідно нормативної документації
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	350	Згідно нормативної документації
Цинк, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	5,0	Згідно нормативної документації

В таблицях 3.16-3.17 наведені вимоги ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної до споживання людиною», яким повинні відповідати мікробіологічні і токсикологічні показники води.

					<b>ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

**Таблиця 3.16 – Мікробіологічні показники питної води [7]**

№ з/п	Показники	Норма
1.	Число мікроорганізмів в 1см <sup>3</sup> води, не більше	100
2.	Число бактерій групи кишкової палички в 1 дм <sup>3</sup> (колі – індекс), не більше	3
3.	Колі – титр	300

**Таблиця 3.17 – Токсикологічні показники питної води [7]**

№ з/п	Назва хімічного відновника	Норма
1.	Алюміній залишковий, мг/л не більше	0,5
2.	Миш'як, мг/дм <sup>3</sup> не більше	0,05
3.	Нітрати, мг/дм <sup>3</sup> не більше	45
4.	Свинець, мг/дм <sup>3</sup> не більше	0,03
5.	Стронцій, мг/дм <sup>3</sup> не більше	0,7
6.	Хлор залишковий, мг/л не більше	0,5
	- вільний	
	- зв'язаний	1,2

### **3.3 Характеристика основних і допоміжних матеріалів**

В пиварінні процесі виробництва пива також використовують допоміжні матеріали, дозволені для застосування у виробництві пива центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я:

- Ферментні препарати α-амілаза, цитолітичні ферменти, фільтраза для фільтрування сусла;
- Молочна кислота згідно з ГОСТ 490;
- сірчана кислота згідно з ГОСТ 4204;
- соляна кислота згідно з ДСТУ 2904 (ГОСТ 857);
- аскорбінова кислота згідно з чинною нормативною документацією;
- діоксид вуглецю рідкий згідно з ГОСТ 8050;
- силікагель АК-300 згідно з ГОСТ 8984;
- ортофосфорна кислота згідно з ГОСТ 10678;
- фільтрувальний картон згідно з ГОСТ 12290;
- сіль кухонна згідно з ДСТУ 3583 (ГОСТ 13830);
- гіпс згідно з чинною нормативною документацією;
- кізельгур згідно з ТУ У 18.329 та інші фільтрувальні порошки, дозволені органами охорони здоров'я України або згідно з чинною нормативною документацією.

## 4 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

### 4.1 Вихідні дані до технологічних розрахунків

Рецептура проєктованих сортів пива наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Рецепттура проєктованих сортів пива

Сировина, %	Сорт пива		
	«Райдужне світле» (11 %)	«Подільське світле » (13 %)	«Подільське темне» (15 %)
Солод ячмінний світлий	87	89	60
Солод карамельний	0	0	10
Солод темний	0	0	30
Ячмінне борошно	13	0	0
Рисова січка	0	11	0
Норма гіркоти хмелю, г/дал	0,73	0,98	0,82

Основні характеристики сировини для виробництва пива наведено в табл. 4.2 [23].

Таблиця 4.2– Характеристика сировини

Сировина	Вологість, %	Екстрактивність,% СР
Солод світлий	5,0	78,0
Солод темний	5,0	74,0
Солод карамельний	6,0	72,0
Ячмінне борошно	15,0	72,0
Рисова січка	15,0	85,0
Хміль гранульований	згідно з ДСТУ 7028-2009	

Потужність заводу Q становить 10 млн дал пива на рік.

В кваліфікаційній роботі передбачено випуск 5,0 млн дал на рік пива «Райдужне світле» з концентрацією сухих речовин у початковому суслі 11 %, 3,0 млн дал пива «Подільське світле » з концентрацією сухих речовин у початковому суслі 13 % і 2,0 млн дал пива «Подільське темне» з концентрацією сухих речовин у початковому суслі 15 %.

Розлив пива відбувається у кеги і ПЕТ пляшки: пиво 13 %-ве світле розливають у ПЕТ пляшки і у кеги; 11 %-ве світле і темне пиво – тільки у ПЕТ пляшки.

Основні втрати на стадіях виробництва пива наведені в таблиці 4.3.

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Таблиця 4.3 – Втрати на стадіях виробництва пива [23]

Втрати	Пиво з масовою часткою початкового сусла, %		
	Райдужне світле, 11 %	Подільське світле, 13 %	Подільське темне, 15 %
Солоду, % від загального, що надійшов у варильне відділення	0,1	0,1	0,1
Екстракту з пивною дробиною, % від маси зернопродуктів	1,75	2,2	2,2
Екстракту з хмельовою дробиною, стиснення, змочування, % від об'єму гарячого сусла	5,8	6,4	6,0
У бродильному цеху, % від об'єму холодного сусла	2,5	2,2	2,3
При доброджуванні і фільтруванні, % до об'єму молодого пива	2,3	2,4	2,6
В тому числі при розливі, % до об'єму фільтрованого пива	1,1	1,1	1,1
При розливі -у пляшки (за вирахуванням поверхневого пива)	2,5	2,5	2,5
- у кеги	–	0,5	–
Разом	14,95	17,4	16,8

## 4.2 Продуктові розрахунки

*Пиво Райдужне світле* з початковою концентрацією сусла 11 % готується із 87 % солоду ячмінного світлого та 13 % ячмінного борошна, тобто в 100 кг вихідної сировини знаходиться 87 кг світлого солоду та 13 кг ячменю.

Під час очищення солоду втрати становлять 0,1 %, або  $87 \times 0,001 = 0,087$  кг.

На подрібнення солоду надходить:

$$87 - 0,087 = 86,913 \text{ кг.}$$

При вологості солоду 5 % і ячмінного борошна 15 % кількість сухих речовин в заторі:

$$\text{в солоді} - 86,913 \times (1 - 0,050) = 82,57 \text{ кг;}$$

$$\text{в ячменному борошні} - 13 \times (1 - 0,15) = 11,05 \text{ кг.}$$

$$\text{Всього: } 82,57 + 11,05 = 93,62 \text{ кг.}$$

Приймаємо екстрактивність ячмінного солоду 78 %, а ячменю – 72% від маси сухих речовин. Тоді, вміст екстрактивних речовин в сировині:

$$\text{в солоді} - 82,57 \times 0,78 = 64,41 \text{ кг;}$$

$$\text{у ячмені} - 11,05 \times 0,72 = 7,96 \text{ кг.}$$

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Всього екстрактивних речовин міститься:  $64,41 + 7,96 = 72,37$  кг.

Частина екстракту (1,75 % від маси продуктів, що затираються) втрачається з дробиною, тому в сусло перейде екстрактивних речовин:

$$72,37 \times (1 - 0,0175) = 71,10 \text{ кг.}$$

Кількість сухих речовин, що залишається в дробині:

$$93,62 - 71,10 = 22,52 \text{ кг.}$$

*Пиво Подільське світле* з початковою концентрацією сусла 13 % готується з застосуванням 89 % світлого ячмінного солоду, і 11 % рисової січки, тобто в 100 кг вихідної сировини знаходиться 89 кг світлого солоду, і 11 кг рисової січки.

Під час очищення солоду втрати становлять 0,1 %, або  $89 \times 0,001 = 0,089$  кг.

На подрібнення солоду надходить:

$$89 - 0,089 = 88,91 \text{ кг.}$$

При вологості солоду 5 % і рисової січки 15 % кількість сухих речовин в заторі:

$$\text{в світлому солоді} - 88,91 \times (1 - 0,050) = 84,47 \text{ кг;}$$

$$\text{в рисовій січці} - 11 \times (1 - 0,15) = 9,35 \text{ кг.}$$

$$\text{Всього: } 84,47 + 9,35 = 93,82 \text{ кг.}$$

Приймаємо екстрактивність світлого ячмінного солоду 78 %, а рисова січка – 85% від маси сухих речовин. Тоді, вміст екстрактивних речовин в сировині:

$$\text{в світлому солоді} - 84,47 \times 0,78 = 65,89 \text{ кг;}$$

$$\text{у рисовій січці} - 9,35 \times 0,85 = 7,95 \text{ кг.}$$

Всього екстрактивних речовин міститься:  $65,89 + 7,95 = 73,84$  кг.

Частина екстракту (2,2 % від маси продуктів, що затираються) втрачається з дробиною, тому в сусло перейде екстрактивних речовин:

$$73,84 \times (1 - 0,022) = 72,22 \text{ кг.}$$

Кількість сухих речовин, що залишається в дробині:

$$93,82 - 72,22 = 21,60 \text{ кг.}$$

*Пиво Подільське темне* з початковою концентрацією сусла 15 % готується з: солод ячмінний світлий – 60 %, солод темний – 30 %, карамельний солод – 10 %, . При очищенні солоду втрати становлять 0,1% від його маси, або  $(60 + 30) \times 0,001 = 0,09$  кг.

На подрібнення солоду надходить:

$$\text{світлого солоду} - 60 - 0,06 = 59,94 \text{ кг;}$$

$$\text{темного солоду} - 30 - 0,03 = 29,97.$$

При вологості світлого солоду 5 %, темного солоду 5 %, карамельного солоду 6 %, кількість сухих речовин:

$$\text{в світлому солоді} - 59,94 \times (1 - 0,050) = 56,94 \text{ кг;}$$

$$\text{в темному солоді} - 29,97 \times (1 - 0,05) = 28,47 \text{ кг;}$$

$$\text{в карамельному солоді} - 10 \times (1 - 0,06) = 9,4 \text{ кг.}$$

Всього кількість сухих речовин в сировині, яка поступає на подрібнення:

$$56,94 + 28,47 + 9,4 = 94,81 \text{ кг.}$$

При екстрактивності світлого ячмінного солоду 78 %, темного солоду 74 %, карамельного – 72 % від маси сухих речовин на затирання надходить:

$$\text{зі світлим солодом} - 56,94 \times 0,78 = 44,41 \text{ кг;}$$

$$\text{з темним солодом} - 28,47 \times 0,74 = 21,07 \text{ кг;}$$

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

з карамельним солодом –  $9,4 \times 0,72 = 6,77$  кг.

Всього в сировині міститься  $44,41 + 21,07 + 6,77 = 72,25$  кг

Екстрактивних речовин (при втраті з дробиною 2,2 %) в сусло переходить:

$$72,25 \times (1 - 0,022) = 70,66 \text{ кг.}$$

В дробині залишається сухих речовин:

$$94,81 - 70,66 = 24,15 \text{ кг. [6].}$$

#### Визначення проміжних продуктів

*Гаряче сусло.* Із проведених розрахунків в сусло переходить така кількість екстрактивних речовин:

Райдужне світле – 71,10 кг;

Подільське світле – 72,22 кг;

Подільське темне – 70,66 кг.

При встановленій концентрації Райдужне світле – 11%, Подільське світле – 13% та Подільське темне – 15% із отриманої кількості екстрактивних речовин отримують сусла:

Райдужне світле –  $(71,10 \times 100) / 11 = 646,36$  кг;

Подільське світле –  $(72,22 \times 100) / 13 = 555,54$  кг;

Подільське темне –  $(70,66 \times 100) / 15 = 471,07$  кг.

Об'єм сусла при 20 °С (при відносній густині сусла Райдужне світле – 1,0442, Подільське світле – 1,0526, Подільське темне – 1,0611):

Райдужне світле –  $646,36 / 1,0442 = 619,00$  дм<sup>3</sup>;

Подільське світле –  $555,54 / 1,0526 = 527,78$  дм<sup>3</sup>;

Подільське темне –  $471,07 / 1,0611 = 443,95$  дм<sup>3</sup>.

Об'єм гарячого сусла з урахуванням його теплового розширення в 1,04 рази:

Райдужне світле –  $619,00 \times 1,04 = 643,76$  дм<sup>3</sup>;

Подільське світле –  $527,78 \times 1,04 = 548,89$  дм<sup>3</sup>;

Подільське темне –  $471,07 \times 1,04 = 489,91$  дм<sup>3</sup>.

*Холодне сусло.* Втрати сусла у відстої при сепаруванні, на змочування трубопроводів приймають відповідно з нормами технологічних втрат для Райдужне світле – 5,8 %, Подільське світле – 6,4 %, Подільське темне – 6,0 % від об'єму гарячого сусла, приведеного до об'єму при 20 °С.

Таким чином, об'єм холодного сусла:

Райдужне світле –  $643,76 \times (1 - 0,058) = 606,42$  дм<sup>3</sup>;

Подільське світле –  $548,89 \times (1 - 0,064) = 513,76$  дм<sup>3</sup>;

Подільське темне –  $489,91 \times (1 - 0,060) = 460,52$  дм<sup>3</sup>.

*Молоде пиво.* Втрати у цеху бродиння становлять для пива Райдужне світле – 2,5 %, Подільське світле – 2,2 %, Подільське темне – 2,3 %. Таким чином кількість молодого пива:

Райдужне світле –  $606,42 \times (1 - 0,025) = 591,26$  дм<sup>3</sup>;

Подільське світле –  $513,76 \times (1 - 0,022) = 502,46$  дм<sup>3</sup>;

Подільське темне –  $460,52 \times (1 - 0,023) = 449,93$  дм<sup>3</sup>.

*Фільтроване пиво.* Витрати у бродильному цеху і цеху фільтрації складає до об'єму пива: Райдужне світле – 2,3 %, Подільське світле – 2,4 %, Подільське темне – 2,6 %. За таких втрат кількість фільтрованого пива:

Райдужне світле –  $591,26 \times (1 - 0,023) = 577,66$  дм<sup>3</sup>;

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ</b>	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Подільське світле –  $502,46 \times (1-0,024) = 490,40 \text{ дм}^3$ ;

Подільське темне –  $449,93 \times (1-0,026) = 438,23 \text{ дм}^3$ .

*Готове пиво.* Втрати готового пива до об'єму від фільтрованого пива при розливі у пляшки складають для всіх найменувань пива 2,5 %, при розливі у кеги – 0,5 %. Пива Подільське світле розливається у пляшки 2,1 млн дал, в кеги – 0,9 млн дал, що в процентному співвідношенні складає від загальної кількості 3,0 млн дал відповідно 70 % і 30 %. Тоді втрати пива Подільське світле дорівнюють  $0,70 \times 2,5 + 0,3 \times 0,5 = 2,00 \%$ .

Отже, кількість готового пива буде:

Райдужне світле –  $577,66 \times (1-0,025) = 563,22 \text{ дм}^3$ ;

Подільське світле –  $490,40 \times (1-0,020) = 480,59 \text{ дм}^3$ ;

Подільське темне –  $438,23 \times (1-0,025) = 427,27 \text{ дм}^3$ .

Сумарні видимі втрати по рідкій фазі визначають за різницею об'ємів гарячого суслу і готового пива:

Райдужне світле –  $643,76 - 563,22 = 80,54 \text{ дм}^3$ ;

Подільське світле –  $548,89 - 480,59 = 68,3 \text{ дм}^3$ ;

Подільське темне –  $489,91 - 427,27 = 62,64 \text{ дм}^3$ .

або у % до об'єму гарячого суслу:

Райдужне світле –  $80,54 \times 100/643,76 = 12,51 \%$ ;

Подільське світле –  $68,3 \times 100/548,89 = 12,44 \%$ ;

Подільське темне –  $62,64 \times 100/489,91 = 12,79 \%$ .

### Визначення витрати хмелю і молочної кислоти

*Хміль та хмелепродукти.*

Витрати хмелю розраховують за формулою:

$$H_{\text{п}} = \frac{G_{\text{с}} \cdot 10^6}{(\alpha + 1) \cdot (100 - W) \cdot (100 - B_{\text{тр}})}$$

де  $G_{\text{с}}$  — кількість гіркоти хмелю, яку потрібно внести в сусло, г/дал в перерахунку на суху речовину. Для кожного сорту пива є галузеві нормативи, які наводять в його рецептурі;  $\alpha$  – вміст альфа-кислот, % на СР; 1 – розрахункова величина, яка враховує гіркоту  $\beta$ -фракції гірких речовин хмелю;  $W$  – вологість хмелю, %;  $B_{\text{тр}}$  – втрати по рідкій фазі, %.

*Райдужне світле.* Для виробництва використано сорт хмелю Нагет,  $G_{\text{с}}$  становить 0,73, вміст  $\alpha$ -кислоти – 9,0%. Втрати по рідкій фазі від гарячого суслу до готового пива – 12,51 %, вологість гранульованого хмелю – 12%.

$$H_{\text{п}} = (0,73 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100) / (9,0 + 1) \cdot (100 - 12) \cdot (100 - 12,51) = 9,48 \text{ г/дал}$$

*Подільське світле.* Для виробництва використано сорт хмелю Магнум,  $G_{\text{с}}$  становить 0,98, вміст  $\alpha$ -кислоти – 10,5 %. Втрати по рідкій фазі від гарячого суслу до готового пива – 12,44 %, вологість гранульованого хмелю – 12%.

$$H_{\text{п}} = (0,98 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100) / (10,5 + 1) \cdot (100 - 12) \cdot (100 - 12,44) = 11,06 \text{ г/дал}$$

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

*Подільське темне.* Для виробництва використано сорт хмелю Геркулес,  $G_c$  становить 0,82, вміст  $\alpha$ -кислоти – 11,8 %. Втрати по рідкій фазі від гарячого сусла до готового пива – 12,77 %, вологість гранульованого хмелю – 12%.

$$H_{\Pi} = (0,82 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100) / (11,8 + 1) \cdot (100 - 12) \cdot (100 - 12,77) = 8,35 \text{ г/дал}$$

#### *Ферментні препарати.*

Для виробництва пива Райдужне світле, Подільське світле та Подільське темне ферментні препарати не застосовують, оскільки кількість несолодженої сировини не перевищує 20 % від запасу.

*Молочна кислота.* Витрачається для підкислення затору із розрахунку 0,08 кг 100 %-ї молочної кислоти на 100 кг зернової сировини або 0,2 кг 40 %-ї молочної кислоти до маси зернопродуктів [18].

#### Визначення кількості відходів

*Пивна дробина.* Кількість утвореної пивної дробини з вологістю 86% визначається множенням кількості СР, що залишилися в дробині, на коефіцієнт  $100 / (100 - 86) = 7,14$ . Кількість пивної дробини при варці сусла пива:

$$\text{Райдужне світле} - 22,52 \times 7,14 = 160,79 \text{ кг};$$

$$\text{Подільське світле} - 21,60 \times 7,14 = 154,22 \text{ кг};$$

$$\text{Подільське темне} - 24,15 \times 7,14 = 172,43 \text{ кг}.$$

*Білковий відстій.* Із 100 кг витрачених зернопродуктів незалежно від найменування пива отримують 1,75 кг відстою з вологістю 80%.

*Надлишкові дріжджі.* Втрати дріжджів з вологістю 86% на 10 дал пива за умови головного бродіння сусла і доброджування пива в циліндрично-конічних бродильних апаратах ЦКБА – 1,53  $\text{дм}^3$ .

Половину надлишкових дріжджів використовують як засівні, а інша – є відходом. Кількість дріжджів, яка йде на відходи, визначають множенням кількості товарного пива в  $\text{дм}^3$  на 0,01:

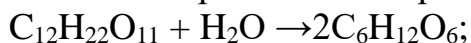
$$\text{Райдужне світле} - 563,22 \times 0,01 = 5,63 \text{ дм}^3;$$

$$\text{Подільське світле} - 480,59 \times 0,01 = 4,81 \text{ дм}^3;$$

$$\text{Подільське темне} - 427,270 \times 0,01 = 4,27 \text{ дм}^3.$$

*Діоксид вуглецю.* При спиртовому бродінні із 342 г зброженої мальтози утворюється 176 г діоксиду вуглецю. Якщо зброжений екстракт – це мальтоза, то вираховуємо кількість діоксиду вуглецю, що утворюється.

Зброджування мальтози можна виразити таким рівнянням:



В бродильне відділення поступило холодного сусла пива:

$$\text{Райдужне світле} - 606,42 \times 1,0442 = 633,22 \text{ кг};$$

$$\text{Подільське світле} - 513,76 \times 1,0526 = 540,78 \text{ кг};$$

$$\text{Подільське темне} - 460,52 \times 1,0611 = 488,66 \text{ кг}.$$

В ньому наявність екстрактивних речовин:

$$\text{Райдужне світле} - 633,22 \times 0,11 = 69,65 \text{ кг};$$

$$\text{Подільське світле} - 540,78 \times 0,13 = 70,30 \text{ кг};$$

$$\text{Подільське темне} - 488,66 \times 0,15 = 73,30 \text{ кг}.$$

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

За дійсним ступенем зброджування Райдужне світле пива утворюється діоксиду вуглецю 48,7 %, Подільське світле – 56,2 %, Подільське темне – 51,4 %:

Райдужне світле –  $69,65 \times 0,487 \times (44 \times 4/342) = 17,46$  кг;

Подільське світле –  $70,30 \times 0,562 \times (176/342) = 20,33$  кг;

Подільське темне –  $73,30 \times 0,514 \times (176/342) = 19,39$  кг.

Частина діоксиду вуглецю, що утворюється (0,35 % від маси холодного сусла) зв'язується з пивом:

Райдужне світле –  $633,22 \times 0,0035 = 2,22$  кг;

Подільське світле –  $540,78 \times 0,0035 = 1,89$  кг;

Подільське темне –  $488,66 \times 0,0035 = 1,71$  кг.

Виділяється в атмосферу така кількість діоксиду вуглецю по сортам пива:

Райдужне світле –  $17,46 - 2,22 = 15,24$  кг;

Подільське світле –  $20,33 - 1,89 = 18,44$  кг;

Подільське темне –  $19,39 - 1,71 = 17,68$  кг.

Маса  $1 \text{ м}^3$  діоксиду вуглецю при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  і тиску  $0,1 \text{ МПа}$  складає  $1,832$  кг. Об'єм діоксиду вуглецю, що виділяється в атмосферу:

Райдужне світле –  $15,24 / 1,832 = 8,3 \text{ м}^3$ ;

Подільське світле –  $18,44 / 1,832 = 10,07 \text{ м}^3$ ;

Подільське темне –  $17,68 / 1,832 = 9,65 \text{ м}^3$ .

*Виправний брак пива.* За нормативами допускається формування такого пива до 2% для всіх найменувань пива.

Райдужне світле –  $563,22 \times 0,02 = 11,26 \text{ дм}^3$ ;

Подільське світле –  $480,59 \times 0,02 = 9,61 \text{ дм}^3$ ;

Подільське темне –  $427,27 \times 0,02 = 8,55 \text{ дм}^3$ .

Зведена таблиця продуктових розрахунків. Отримана кількість продуктів на  $100$  кг зернової сировини,  $1$  дал пива та річний випуск продукції зведена в таблицю 4.4.

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Таблиця 4.4 – Зведена таблиця розрахунку продуктів

Продукт	Райдужне світле пиво			Подільське світле пиво			Подільське темне пиво			На річний випуск 10,0 млн. дал
	на 100 кг зернової сировини	на 1 дал пива	на 5,0 млн. дал	на 100 кг зернової сировини	на 1 дал пива	на 3,0 млн. дал	на 100 кг зернової сировини	на 1 дал пива	на 2,0 млн. дал	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Зернова сировина, кг:										
світлий солод	87	1,55	7750000	89	1,85	5550000	60	1,41	2820000	16120000
темний солод	–	–	–	–	–	–	30	0,70	1400000	1400000
карамельний солод	–	–	–	–	–	–	10	0,23	460000	460000
ячмінне борошно	13	0,23	1150000	–	–	–	–	–	–	1150000
рисова січка	–	–	–	11	0,23	690000	–	–	–	690000
Всього, кг	100	1,78	8900000	100	2,08	6240000	100	2,34	4680000	19820000
Інші види сировини, г:										
Гранульований хміль	–	9,48	47400000	–	11,1	33300000	–	8,35	16700000	97400000
Молочна кислота 100 %-ва	0,08	0,0014	7000	0,08	0,0017	5100	0,08	0,0019	3800	15900
Ферментні препарати	–	-	-	–	–	–	–	–	–	-
Проміжні продукти, дм <sup>3</sup> :										
гаряче сусло	643,76	11,43	57150000	548,89	11,42	34260000	489,91	11,47	22940000	114350000
холодне сусло	606,42	10,77	53850000	513,76	10,70	32100000	460,52	10,78	21560000	107510000
молоде пиво	591,26	10,50	52500000	502,46	10,45	31350000	449,93	10,53	21060000	104910000
фільтроване пиво	577,66	10,26	51300000	490,40	10,20	30600000	438,23	10,26	20520000	102420000
готове пиво	563,22	10,00	50000000	480,59	10,00	30000000	427,27	10,00	20000000	100000000

Закінчення табл. 4.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Відходи:										
пивна дробина, кг	160,79	2,85	14250000	154,22	3,21	9630000	172,43	4,04	8080000	31960000
білковий відстій, кг	1,75	0,03	150000	1,75	0,04	120000	1,75	0,04	80000	350000
надлишкові дріжджі, дм <sup>3</sup>	5,63	0,10	500000	4,81	0,10	300000	4,27	0,10	200000	1000000
діоксид вуглецю, кг	15,24	0,27	1350000	18,44	0,38	1140000	17,68	0,41	820000	3310000
відходи при підготовці солода, кг	0,087	0,002	10000	0,089	0,002	6000	0,09	0,002	4000	20000
виправний брак пива, дм <sup>3</sup>	11,26	0,20	1000000	9,61	0,20	600000	8,55	0,20	400000	2000000

ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

Зм.

Арк.

№ докум.

Піппис

Дата

49

Арк.

### 4.3 Розрахунки витрат основних і допоміжних матеріалів

*Пляшки.* За даними табл. 2.1 у скляні пляшки місткістю 0,5 дм<sup>3</sup> розливають пива Подільське світле 70 %, Райдужного світлого – 100 % і Подільського темного – 100 %. Необхідну кількість пляшок визначають за формулами:

$$N_{\text{пл.заг}} = Q \times 100 / (V(100 - K_6)) \text{ шт.};$$

$$N_{\text{пл.нов}} = Q \times 10 \times (K_n + K_6) / (100V) \text{ шт.};$$

$$N_{\text{пл.об}} = Q \times 10 / (Vn) \text{ шт.},$$

де  $N_{\text{пл.заг}}$ ,  $N_{\text{пл.нов}}$ ,  $N_{\text{пл.об}}$  – необхідна кількість пляшок відповідно загальна, нових і зворотних, шт.;  $Q$  – річний випуск продукції в пляшках, дм<sup>3</sup>;  $V = 0,5$  – місткість пляшки, дм<sup>3</sup>;  $K_6 = 3,09$  – бій пляшок при зберіганні, митті і розливі, %;  $K_n = 5$  – кількість пляшок, які не повертаються від населення, %;  $n = 40$  – кількість обертів пляшок в рік, 10 – коефіцієнт перерахунку декалітрів у дециметри кубічні.

За умови в пляшки місткістю 0,5 дм<sup>3</sup> розливають 9,1 млн. дал пива і 0,9 млн. дал пива Подільське світле в кеги. Отже, потрібна кількість пляшок місткістю 0,5 дм<sup>3</sup>:

$$N_{\text{пл.заг}} = 9100000 \times 10 \times 100 / (0,5(100 - 3,09)) = 187,80 \text{ млн. пляшок};$$

$$N_{\text{пл.нов}} = 9100000 \times 10 \times (5 + 3,09) / (100 \cdot 0,5) = 14,7 \text{ млн. пляшок};$$

$$N_{\text{пл.об}} = 9100000 \times 10 / (0,5 \cdot 40) = 4,55 \text{ млн. пляшок}.$$

*Кеги.* Приймаємо, що пиво розливається у кеги місткістю 5 дал. Кількість обертів кегів на рік – 40, потреба у нових кегах – 10 % від кількості оборотних. Загальну кількість кегів розраховують за формулою

$$N_{\text{заг.кег}} = Q_{\text{кег}} / V_{\text{кег}} \text{ шт.},$$

де  $Q_{\text{кег}}$  – об'єм пива, що розливають у кеги за рік, дал;

$V_{\text{кег}}$  – об'єм кега, дал.

В кеги розливають 0,9 млн. дал пива на рік пива «Подільське світле». Для розливу потрібно мати кегів місткістю 5 дал:

$$N_{\text{заг.кег}} = 900\,000 / 5 = 180\,000 \text{ шт.}$$

Потрібна кількість оборотних і нових кегів:

$$N_{\text{кег.об}} = 180\,000 / 40 = 4\,500 \text{ шт.},$$

$$N_{\text{кег.нов}} = 4500 \cdot 0,1 = 450 \text{ шт.}$$

*Ящики.* В стандартні ящики укладають по 20 пляшок місткістю 0,5 дм<sup>3</sup>. Для укладання всієї продукції, з урахуванням 1 % на списання, необхідно ящиків для пляшок:

$$187,80 \cdot 100 / (20 \cdot (100 - 1)) = 9,48 \text{ млн.}$$

*Кронен-корки для пляшок.* За нормами технологічного проектування витрати кронен-пробки становлять 104,5 % до кількості пляшок готової продукції

$$9100\,000 \cdot 2 \times 1,045 = 19\,019\,000 \text{ шт.}$$

*Етикетки для пляшкової і кегової продукції.* За нормами технологічного проектування витрата етикеток для пляшкової продукції становить 20,9 шт./ дал пива, а для кегової продукції – 0,2 шт./ дал пива. Отже, потрібно етикеток для пляшок і кегів:

$$\text{для пляшок} — 9\,100\,000 \times 20,9 = 190\,190\,000 \text{ шт.},$$

					<b>ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ</b>	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для кегів —  $900\,000 \times 0,2 = 180\,000$  шт.

Миття пляшок. В середньому луку витрачають із розрахунку 1000...1100 кг на 1 млн пляшок продукції. На річний випуск пляшкового пива потрібно луку

$$G_{\text{луг}} = (9\,100\,000 \times 1000) / (0,5 \times 1\,000\,000) = 18200 \text{ кг.}$$

Клей декстрин для наклеювання етикеток на пляшки і кеги. Виходячи із того, що для наклеювання 1000 етикеток витрачається 0,275 кг клею декстрину річна витрата клею

$$(190\,190\,000 + 180\,000)0,275/1000 = 52\,351,75 \text{ кг.}$$

Наведеними розрахунками визначена кількість тари та допоміжних матеріалів на рік та на добу, яка представлена в табл. 4.5.

**Таблиця 4.5 – Зведена таблиця розрахунків тари та допоміжних матеріалів**

Найменування тари і допоміжних матеріалів	Кількість допоміжних матеріалів та тари на	
	добу	рік
Пляшки, шт., в т. ч.:	569090,91	187800000
оборотні	44545,45	14700000
нові	13787,87	4550000
Кеги, шт.:	545,45	180000
оборотні	13,64	4500
нові	1,36	450
Ящики, млн., загальна кількість	28727,27	9480000
Кронен-корка на пляшки, шт.	57633,33	19019000
Етикетки, шт., на:		
пляшки	576333,33	190190000
на кеги	545,45	180000
Луг, кг	55,15	18200
Клей для наклеювання етикеток, кг	158,64	52351,75

## 5 РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

### *Розрахунок обладнання для очистки зернопродуктів*

Річна потужність заводу – 10 млн дал /рік (Q)

Рецептура проєктованих сортів пива: Райдужне світле (11%): 87 % – світлий солод, 13 % – рисова січка.

Подільське світле (13%): 89 % – світлий солод, 11 % – рисова січка.

Подільське темне (15%): 60 % – світлий солод, 30 % - темний солод, 10 % – карамельний солод.

### Розрахунок:

Загальна річна потреба у зернопродуктах [23, 25].

$$G = q \times Q$$

для пива Райдужне світле (11%):

$$G = 1,78 \times 5000000 = 8900000 \text{ кг} = 8900 \text{ т.}$$

для пива Подільське світле (13%)

$$G = 2,08 \times 3000000 = 6240000 \text{ кг} = 6240 \text{ т.}$$

для пива Подільське темне (15%)

$$G = 2,34 \times 2000000 = 4680000 \text{ кг} = 4680 \text{ т.}$$

$$\text{Грічне} = 8900 + 6240 + 4680 = 19820 \text{ т.}$$

Добова витрата зернопродуктів в найбільш напружений період року складає:

$$G = \frac{G_p \cdot K_{\text{кв}}}{T},$$

де  $G_p$  — річна переробка зернопродуктів, т;

$K_{\text{кв}}$  — частка річного об'єму продукції заводу, що виробляється у найнапруженіший квартал, т (30 %);

$T$  — тривалість роботи заводу, діб (28,5);

Варильне відділення працює 28,5 діб в місяць, 1,5 доби в місяць відводиться для дезінфекції і профілактичного ремонту апаратів і трубопроводів). Добова витрата зернопродуктів становить:

$$G = 19820 \times 0,3 / (28,5 \times 3) = 69,54 \text{ т} = 70 \text{ т/добу}$$

Підбираємо 1 чотирьохапаратний агрегат із кількістю варок на добу 7.

Засип на 1 варку:

$$70/7 = 10 \text{ т.}$$

### Норія для солоду

Норія для подачі солоду з зерносховища працює кожен день протягом 4,5 год. Тоді продуктивність її повинна бути не менше:

$$70/4,5 = 15,6 \text{ т/год}$$

Підбираємо норію НЦГ-20 з продуктивністю 20 т/год по «важкому» зерну насипною масою 0,76 т/м<sup>3</sup>. При транспортуванні солоду насипною масою 0,53 т/м<sup>3</sup> продуктивність її становить:

					<b>РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$G_{норії} = \frac{G_{доб}}{4,5} = \frac{70}{4,5} = 14 \text{ т/год.}$$

*Шнековий транспортер* повинен бути такою продуктивністю, як і норія - 14 т/год.

*Ваги автоматичні* використовуємо марки ДН-500 продуктивністю 5-15 т/год. Ваги для зважування солоду повинні мати таку ж потужність, як і норія. Габаритні розміри, мм: 1500x1700x1850.

*Бункер добового запасу для солоду.* Бункер повинен вміщувати добовий запас солоду, тобто 70 т. Для виробництва різних сортів пива необхідно 87 % світлого солоду; 30 % темного солоду; 10 % карамельного солоду; 11 % рисова січка; 13 % ячмінне борошно.

Об'єм бункеру добового запасу для світлого солоду розраховуємо за формулою:

$$V_{доб.св.сол} = \frac{G_{доб} \times 85}{0,53} \times 0,9 = \frac{70 \times 0,85}{0,53} \times 0,9 = 101,0 \text{ м}^3,$$

$$V_{доб.тем.сол} = \frac{70 \times 0,3}{0,53} \times 0,9 = 35,7 \text{ м}^3;$$

Об'єм бункера добового запасу карамельного солоду:

$$V_{доб.кар.сол} = \frac{70 \times 0,1}{0,53} \times 0,9 = 11,9 \text{ м}^3;$$

Об'єм бункера добового запасу для ячмінного борошна:

$$V_{доб.ячмін.бор} = (70 \times 13 / 0,53) \times 1,1 = 18,8 \text{ м}^3$$

$$V_{доб.ячм} = \frac{70 \times 0,13}{0,53} \times 0,9 = 15,4 \text{ м}^3;$$

де 0,53 - об'ємна маса товарного солоду та ячменю; 0,9 – коефіцієнт заповнення бункера.

Обираємо один бункер добового запасу для світлого солоду об'ємом 110 м<sup>3</sup>, один бункер для темного солоду об'ємом 40 м<sup>3</sup>, один бункер для карамельного солоду об'ємом 15 м<sup>3</sup> і один бункер для рисової січки об'ємом 20 м<sup>3</sup>. Проектуємо бункери квадратного перерізу із пірамідальним днищем.

Геометричні розміри бункера для світлого солоду при стороні квадрата  $a = 4$  м і куті відкоса 30° будуть наступні:

Висота пірамідальної частини:

$$h_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} \times 0,5774 \times 4 = 1,6 \text{ м,}$$

Висота прямокутної частини:

$$h = \frac{V}{a^2} - \frac{1}{3} \times h_1 = \frac{110}{4^2} - \frac{1}{3} \times 1,6 = 6,34 \text{ м,}$$

де  $V$  - це об'єм бункера для світлого солоду, ( $V=110 \text{ м}^3$ ).

Геометричні розміри бункера для темного солоду при стороні квадрата  $a = 4$  м і куті відкосу 30° будуть наступні:

					<b>РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

- висота пірамідальної частини:

$$h_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} \times 0,5774 \times 4 = 1,6 \text{ м,}$$

- висота прямокутної частини:

$$h = \frac{V}{a^2} - \frac{1}{3} \times h_1 = \frac{40}{4^2} - \frac{1}{3} \times 1,6 = 2 \text{ м,}$$

де  $V$  – це об'єм бункера для темного солоду, ( $V=40 \text{ м}^3$ ).

$$h = 70/4^2 - 1/3 \times 1,63 = 3,83 \text{ м.}$$

Геометричні розміри бункера для карамельного солоду при стороні квадрату  $a = 2 \text{ м}$  і куті відкосу  $30^\circ$  будуть наступні:

Висота пірамідальної частини:

$$h_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} \times 0,5774 \times 2 = 0,8 \text{ м,}$$

Висота прямокутної частини:

$$h = \frac{V}{a^2} - \frac{1}{3} \times h_1 = \frac{15}{2^2} - \frac{1}{3} \times 0,8 = 3,5 \text{ м,}$$

де  $V$  – це об'єм бункера для карамельного солоду, ( $V=15 \text{ м}^3$ ).

Геометричні розміри бункера для ячменю при стороні квадрату  $a = 2 \text{ м}$  і куті відкосу  $30^\circ$  будуть наступні:

Висота пірамідальної частини:

$$h_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} \times 0,5774 \times 2 = 0,8 \text{ м,}$$

Висота прямокутної частини:

$$h = \frac{V}{a^2} - \frac{1}{3} \times h_1 = \frac{20}{2^2} - \frac{1}{3} \times 0,8 = 2,3 \text{ м,}$$

де  $V$  – це об'єм бункера для ячменю,  $\text{м}^3$ .

*Повітряно-ситовий сепаратор* розраховують виходячи з того, що на одну варку потрібно 10 т зернопродуктів, а подрібнення солоду на одну варку повинно проводитись за 1,5-2 год., тоді продуктивність повинна бути  $10/1,5 = 6,7 \text{ т/год}$ . Обираємо повітряно-ситовий сепаратор ЗСП-5 з геометричними розмірами 1500x800x1100 і масою 1450 кг.

*Ваги автоматичні для зважування солоду* підбирають по потужності повітряно-ситового сепаратора. Встановлюють ваги ДН-500 з продуктивністю 1,5-7 т/год. Величина порції зважування становить 250-500 кг.

*Магнітний сепаратор* приймаємо ДНМ-5 для очищення солоду і несолоджених зернопродуктів від металевих домішок потужністю 5 т/год., габаритні розміри, мм: 270x200x470; маса – 40 кг.

*Бункер солоду на одну варку* повинен вмещувати запас потужності повітряно-ситового сепаратора, тобто не менш як 6,7 т.

Отже, об'єм його повинен бути:

$$V_{\text{бун.очищ.сол}} = \frac{6,7}{0,53} \times 0,9 = 11,7 \text{ м}^3.$$

Геометричні розміри бункера для очищеного солоду при  $a = 2$  м будуть наступні:  
- висота пірамідальної частини:

$$h_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} \times 0,5774 \times 2 = 0,8 \text{ м,}$$

- висота прямокутної частини:

$$h = \frac{V}{a^2} - \frac{1}{3} \times h_1 = \frac{12}{2^2} - \frac{1}{3} \times 0,8 = 2,74 \text{ м.}$$

*Дробарка мокрого подрібнення* має забезпечувати подрібнення світлого солоду на одну варку за 1,5-2,0 год, її продуктивність становить:

$$Q_{\text{дроб.}} = \frac{10 \times 1,0}{1,5} = 6,7 \text{ т/год.}$$

Приймаємо дробарку мокрого подрібнення Hurrmann ML-16 потужністю 7 т/год. Габаритні розміри, мм: 3000x1100x6000; маса – 5760 кг.

*Двовальцева дробарка* для подрібнення ячменю на одну варку за 1,5-2,0 год.

Продуктивність дробарки становить:

$$Q_{\text{дроб.}} = \frac{10 \times 0,5}{1,5} = 3,3 \text{ т/год.}$$

Габаритні розміри дробарки, мм: 1700x1700; маса - 3050 кг.

*Розрахунок обладнання варильного відділення*

*Заторний насос.* Відповідно до режиму затирання заторна маса із заторного апарата повинна перекачуватись за 20 хвилин. З кожного кілограму зернопродуктів отримуємо 3,0-3,5 м<sup>3</sup> заторної маси. Об'єм заторної маси із 10 т зернопродуктів відповідно:

$$V_{\text{зат.маси}} = 10 \times 3,5 = 35 \text{ м}^3 = 35000 \text{ дм}^3$$

Потрібна потужність насоса:

$$Q_{\text{зат.насоса}} = 35000 \times \frac{60}{20} = 105000 \text{ дм}^3/\text{год.}$$

Приймаємо до встановлення насоси НФ 1100/240.238-7,5/4-210 продуктивністю 100 м<sup>3</sup>/год. і напором 11 м. Габаритні розміри, мм: 2200x820x600; маса – 49 кг.

*Заторний апарат.* Приймаємо два апарати марки ВКЗ-5 засипом на 10 т. Габаритні розміри, мм: діаметр – 5300, висота – 4900.

*Фільтраційний апарат.* Приймаємо один апарат «Ziemann». На 1 т зернопродуктів для затирання приймається 6-7 м<sup>3</sup> його місткості і 5 м<sup>2</sup> необхідної площі фільтрації. Висота шару дробини 0,35 м. Габаритні розміри, мм: діаметр – 6400, висота – 7800.

*Збірник дробини.* Кількість дробини, що утвориться в найнапруженіший квартал року за добу:  $G_{\text{др.}} = 24720000 \times 0,3/28,5 \times 3 = 86,7 \text{ т.}$

Приймаємо один бункер Hurrmann ВСТ-V9,9.  $V=90 \text{ м}^3$ , кількість бункерів – 1. Габаритні розміри, мм: 5500x4000x4000.

*Збірник промивних вод,* що отримуються при промивці дробини, повинен мати об'єм 2,4 м<sup>3</sup> на 1 т зернопродуктів, що поступають на варку, тобто:

$$V_{\text{збір.}} = 2,4 \times 10 = 24 \text{ м}^3.$$

					<b>РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ</b>	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо об'єм збірника 25 м<sup>3</sup>. Збірник виготовляється в формі горизонтального циліндра, що оснащений змійовиком для підігріву. Діаметр збірника приймаємо рівним D=2м, довжину знаходимо за формулою:

$$V_{\text{збірника}} = \frac{\pi \times D^2}{4} \times L; \quad L = \frac{25 \times 4}{3,14 \times 2^2} = 8 \text{ м.}$$

Збірник являє собою горизонтальний циліндр, який має змійовик для обігріву.

*Сушварильний апарат.* Приймаємо два апарати Hurrmann марки WKT-D5000-V62,9. Об'єм, м<sup>3</sup>: повний – 62,9, робочий – 43,5; габаритні розміри, мм: діаметр – 5000, висота – 5200; маса – 9750 кг.

*Гідроциклонний апарат* - закритий резервуар з нахиленим під кутом 1° дном. Гаряче сусло протягом 15-20 хв насосом тангенційно зі швидкістю 2-2,5 м/с подають в апарат через сопло діаметром 40-80 мм, яке розташоване вище днища на 0,5-1 м з нахилом 10-20°. При такому направленні суслу у апарат відбувається доцентровий рух з утворенням воронки і випадання на дно конусоподібного осаду. Осадження частинок білку триває протягом 20-40 хв після випуску всього суслу у апарат.

$$V_{\Gamma} = V_{\text{зат}} * K$$

де  $V_{\text{зат}}$  – кількість суслу, одержувана з одного затору, м<sup>3</sup>;

K – коефіцієнт заповнення.

Приймаємо, що з 1 т зернопродуктів можна одержати до 6 м<sup>3</sup> суслу і коефіцієнт заповнення 0,8. Місткість апарата  $V_{\Gamma}$  становитиме:

$$V_{\Gamma} = \frac{6,0 \times 10,8}{0,8} = 75,7 \text{ м}^3.$$

Приймаємо до установки гідроциклонний апарат Whirpool марки W-D4100-V52. Габаритні розміри, мм: діаметр – 5200, висота – 4200; маса – 3250 кг.

*Насос мутного суслу.* Підбирається з умов, що кількість мутного суслу, яке повертається на фільтрацію, складає 10% від об'єму заторної маси і повернення продовжується 10 хв. Розрахункова подача насоса буде

$$Q_{\text{мут.сусл.насоса}} = 19820 \times 0,1 \times \frac{60}{10} = 11892 \text{ дм}^3/\text{год.}$$

Приймаємо насоси марки К 20/18 продуктивністю 20 м<sup>3</sup>/год і напором 18 м. Додатково встановлюємо ще насоси для подання промивних вод на затирання .

*Сушловий насос.* Відповідно до режиму варки суслу з хмелем перекачка охмеленого суслу із сушварильного апарату відбувається протягом 30 хвилин.

Об'єм суслу, відповідно до продуктового розрахунку, приблизно становить 620 дм<sup>3</sup> на 100 кг зернопродуктів. Тоді, із одної варки отримуємо суслу:

$$V_{\text{сусла}} = 6064 \times \frac{620}{100} = 37597 \text{ дм}^3.$$

Розрахункова потужність сушлового насоса повинна становити:

$$Q_{\text{сусл.насоса}} = 37597 \times 60/30 = 75194 \text{ дм}^3/\text{год.}$$

Приймаємо до установки три насоси марки СОТ - відцентрові, багатоступінчасті, консольного типу, які призначені для перекачки води і інших незабруднених рідин температурою до 105°С. Габаритні розміри, мм: 2200x820x600.

					<b>РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

*Двохсекційний пластинчастий теплообмінний апарат.* Для охолодження сусли приймаємо до установки пластинчастий охолоджувач АОГ-М продуктивністю 6000 дм<sup>3</sup>/год. Габаритні розміри, мм: 1590x700x1330, маса 520 кг.

*Стріпінг-колона.* Для проведення стріпінгу сусли приймаємо установку «Ziemann». Колона заповнена кільцями Рашига. Габаритні розміри: діаметр – 2300 мм, висота – 6000 мм.

*Кожухотрубний теплообмінник.* Кількість – 2 шт. Площа поверхні теплообміну – 25 м<sup>2</sup>. Довжина – 3500 мм, діаметр – 1500 мм.

*Барометричний конденсатор.* Площа поверхні теплообміну – 8 м<sup>2</sup>. Діаметр – 500 мм, висота – 2500 мм.

*Барометричний ящик.* Об'єм – 1 м<sup>3</sup>. Габаритні розміри, мм: 1000x1000x1000.

					<b>РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

**Таблиця 5.1 – Специфікація технологічного обладнання**

Поз. №	Найменування і марка	Кількість	Технічна характеристика	Потужність електро-двигуна, кВт	Тривалість роботи, год/добу
1	2	3	4	5	6
1.	Норія НЦ - 20	4	Продуктивність 20 т/год, висота не більше 40 м, габаритні розміри: ширина стрічки 300мм, шаг ковшів 180 мм, маса головки 405 кг, башмака 275 кг.	2	8
2.	Шнековий транспортер КВ-20	2	Продуктивність 14т/год, діаметр гвинта 400 мм, шаг гвинта 120 мм, частота обертання 75 об/хв..	1	8
3.	Бункер добового запасу світлого солоду	1	Об'єм – 130 м <sup>3</sup> ; габаритні розміри, мм: 3200х4500х3200	-	-
4.	Бункер добового запасу темного солоду		Об'єм – 70 м <sup>3</sup> ; габаритні розміри, мм: 1600х3000х1600	-	-
5.	Бункер добового запасу карамельного солоду	1	Об'єм – 15 м <sup>3</sup> ; габаритні розміри, мм: 1200х2500х1200	-	-
6.	Бункер добового запасу несолодженої сировини		Об'єм – 20 м <sup>3</sup> ; габаритні розміри, мм: 800х1200х800	-	-
7.	Повітряно – ситовий сепаратор ЗСМ - 5	1	Продуктивність 3,5т/год; габаритні розміри 1500х800х1100; маса 1450 кг.	2,1	8
8.	Магнітний сепаратор ДНМ-5	2	Продуктивність – 3,5 т/год; габаритні розміри, мм: 270х200х470; маса – 40 кг	1,3	8
9.	Ваги автоматичні ДН-500	1	Продуктивність 1,5-7 т/год, величина порції 250-500кг, габаритні розміри 1500х1700х1850; маса 350 кг	4	-
10.	Бункер солоду на одну варку	1	Об'єм – 20 м <sup>3</sup> ; габаритні розміри, мм: 1200х2500х1200		-
11.	Бункр несолодженої сировини на одну варку	1	Об'єм – 10 м <sup>3</sup> ; габаритні розміри, мм: 600х1000х600.		-
12.	Дробарка мокрого подрібнення Hurrmann ML-16	1	Продуктивність – 16 т/год; габаритні розміри, мм: 3000х1100х6000; маса – 5760 кг	25	8
13.	Двовальцева дробарка сухого подрібнення	1	Габаритні розміри, мм: 1700х1700х; маса -3050 кг	15	4

Зм.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

**РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР  
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ**

57

Арк.

Закінчення табл. 5.1

1	2	3	4	5	6
14.	Передзаторний апарат	1	Засип – 6,7 т; габаритні розміри, мм: даметр – 2000, висота – 2700.	11	6
15.	Насос заторний НФ1100/240.238-7,5/4-210	2	Продуктивність –100 м <sup>3</sup> /год, напір – 11 м; габаритні розміри, мм: 2200x820x600; маса – 49 кг	7,5	4
16.	Заторний апарат ВКЗ-7	2	Засип – 10 т; габаритні розміри, мм: діаметр – 5300, висота – 5500	15	6
17.	Фільтраційний апарат Ziemann	1	Затір – 10,0 т; місткість 37,5 м <sup>3</sup> , площа поверхні фільтрації 25,9м <sup>2</sup> , діаметр габаритні розміри, мм: діаметр – 6400, загальна висота –7800; висота циліндричної частини 2800мм, кришки – 1800; маса пустого апарата – 13720 кг, маса заповненого апарата – 46500 кг.	22,2	24
18.	Збірник дробини Нуррманн ВСТ-V9,9	1	Об'єм бункеру, м <sup>3</sup> : повний – 90; робочий – 84; габаритні розміри, мм: 5500x4000x4000	-	-
19.	Збірник промивних вод Нуррманн WWT-V17,6	1	Об'єм збірника 25 м <sup>3</sup> , Габаритні розміри, мм: діаметр - 1500, висота - 5000; маса – 2580 кг	-	-
20.	Насос мутного суслу К 20/18		Продуктивність – 20 м <sup>3</sup> /год. Повний напір 18м.вод.ст. (0,24МПа). Частота обертів n=2900 об/хв., маса – 133кг.	7,5	4
22.	Сушловарильний апарат Нуррманн WKT-D5000-V62,9	2	Об'єм, м <sup>3</sup> : повний – 62,9, робочий – 43,5; габаритні розміри, мм: діаметр – 5000, висота – 5200; маса – 9750 кг	-	12
24.	Кожухотрубний теплообмінник	2	Поверхня теплообміну – 25 м <sup>2</sup> . Габаритні розміри, мм: довжина – 3500, діаметр – 1500.	-	-
25.	Енергозберігаюча колона	1	Габаритні розміри, мм: діаметр – 3400, висота – 7200.	-	-
26.	Сусловий насос марки СОТ-100М	3	Продуктивність - 100 м <sup>3</sup> /год і напором - 50 м; габаритні розміри, мм: 2200x820x600	37	4
27.	Гідроциклонний апарат Whirpool W-D4100-V52	1	Габаритні розміри, мм: діаметр – 5500, висота – 5200; маса – 3250 кг	-	-
28.	Стріпінг-колона Ziemann	1	Габаритні розміри, мм: діаметр – 2300, висота – 6000.	-	12
29.	Двохсекційний пластинчастий теплообмінник АОГ-М	1	Продуктивність 6 м <sup>3</sup> /год; площа охолодження водою 8,6 м <sup>2</sup> , холодоагентом – 4,2 м <sup>2</sup> , габаритні розміри 3100x700x1300мм, маса 525кг.	-	-
30.	Барометричний конденсатор	1	Поверхня теплообміну – 8 м <sup>2</sup> . Габаритні розміри, мм: діаметр - 500 мм, висота – 2500 мм.	-	-
32.	Барометричний ящик	1	Об'єм – 1 м <sup>3</sup> . Габаритні розміри, мм: 1000x1000x1000	-	-

Зм.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР  
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

58

Арк.

## 6 РОЗРАХУНКИ ПЛОЩ СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

Площі складських приміщень розраховують за кількістю і характером вантажів, розміщених в них та за нормами розміщення вантажів [23].

*Склад для світлого солоду.* Річна витрата світлого солоду становить 16120,0 т на рік, тоді запас зернопродуктів на два місяця становитиме:

$$(16120 \times 2) / 11,33 = 2845,5 \text{ т};$$

У випадку складання мішків в штабелі висотою в 5 мішків та окремого навантаження на 1 м<sup>2</sup> площі 1200 кг, площа складу з урахуванням 50 % площі, потрібної для обслуговування і проїзду, буде становити:

$$2845500 \times 1,5 / 1200 = 3556,9 \text{ м}^2.$$

*Склад темного і карамельного солоду.* Річна витрата темного солоду – 1400 т, а карамельного – 460 т, тому запас на два місяця буде:

$$((1400 + 460) \times 2) / 11,33 = 328,33 \text{ т};$$

У випадку складання мішків в штабелі висотою в 5 мішків та окремого навантаження на 1 м<sup>2</sup> площі 1200 кг, площа складу з урахуванням 50 % площі, потрібної для обслуговування і проїзду, буде становити:

$$328330 \times 1,5 / 1200 = 410,4 \text{ м}^2.$$

*Склад для несолодженої сировини.*

Річна витрата ячменю – 1150 т, а рисової січки – 690 т, тому запас на два місяця буде становити:

$$((1150 + 690) \times 2) / 11,33 = 324,8 \text{ т}.$$

При складанні мішків в штабелі висотою в 5 мішків та окремого навантаження на 1 м<sup>2</sup> площі 1200 кг, площа складу з урахуванням 50 % площі, потрібної для обслуговування і проїзду, буде:

$$324800 \times 1,5 / 1200 = 406 \text{ м}^2.$$

*Склад хмелю.* Склад хмелю повинен вміщувати річний запас хмелю для охелення пивного сусла. Маса хмелю становить 97400 кг. При складуванні по 400 кг хмелю на 1 м<sup>2</sup> площі складу і з розрахунком 50% вільної площі для проходів і проїздів, площа складського приміщення становитиме:

$$S = (97400 / 400) \times 1,5 = 365,25 \text{ м}^2.$$

					<b>РОЗРАХУНКИ ПЛОЩ СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ</b>	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

### Технохімічний контроль

Технохімічний контроль необхідний для забезпечення посттгадійного контролю за протіканням технологічних процесів для забезпечення якісних показників пива і зниження його собівартості. Перевірку якості вхідної сировини, продукції та дотримання відповідних технологічних режимів здійснює заводська лабораторія. Тому до роботи лабораторії ставляться вимоги для здійснення контролю сировини, напівпродуктів, готової продукції; для контролю витрат сировини, втрат, відходів продукції; для контролю технологічних процесів приготування пивного суслу; для контролю відповідності органолептичних і фізико-хімічних показників товарного пива вимогам стандарту, зовнішнього вигляду продукції, її пакування і маркування; для контролю санітарного стану виробничих приміщень, обладнання, тари тощо [6].

Лабораторію доцільно розміщувати в головному корпусі на першому або другому поверсі. Приміщення має бути світлим, просторим, без можливості потрапляння пилу і диму, обладнане водопроводом, каналізацією, припливно - витяжною вентиляцією, опаленням, мати природне та штучне освітлення. Лабораторії мають приміщення для технічних, аналітичних і мікробіологічних аналізів. На кожну одиницю обладнання в лабораторії має бути паспорт підприємства - виробника та розроблена й затверджена керівником установи інструкція. Правильна організація роботи заводської лабораторії забезпечує успішне проведення всієї системи контролю, покладеного на її працівників [6].

Схему технохімічного контролю відділення наведена в таблиці 7.1 [23].

**Таблиця 7.1 – Схема технохімічного контролю виробництва**

Об'єкт контролю	Місце відбору проби	Контрольований показник, одиниця виміру	Метод контролю	Норма або технологічні показники	Періодичність відбору проби	Відповідальний за проведення аналізу
1	2	3	4	5	6	7
Солод під час приймання	В кожній пробі	Зовнішній вигляд	Органолептично	Однорідна зернова маса, без плісняви	В день надходження на завод	Інженер-хімік
		Колір		Світло-жовтий або жовтий		
		Смак		Солодовий		
	В середній пробі від партії	Прохід крізь сито (2,2×20) мм, %	Ваговий	Не більше 3,0	В день надходження на завод	Інженер-хімік
		Масова частка смітних домішок, %		Не більше 0,3		
		Масова частка вологи, %	Прискореного сушіння	Не більше 5,0		

Продовження табл. 7.1

1	2	3	4	5	6	7
Рисовасічка	В кожній пробі	Колір	Органо-лептично	Від білого до жовтуватого	—«»—	—«»—
		Смак		Без сторонніх присмаків, плісняви		
		Масова частка вологи, %	Прискореного сушіння	Не більше 10 %		
Хміль гранульований	В середній пробі від партії	Масова частка вологи, %	Прискореного сушіння	7,0...10,0	Під час приймання	Інженер-хімік
		Масова частка кислот, %	Поляриметричний	Не менше 2,5		
Вода для технологічних цілей	В середній пробі	Запах, смак, прозорість	Органо-лептично	Відповідає стандартним показникам	Кожний день	Інженер-хімік
		Жорсткість, ммоль/дм <sup>3</sup>	Комплексонометричний	2,0...4,0		
	В середній пробі	Окислюваність, мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	Перманганатометричний	Не більше 0,2	Те ж	Інженер-хімік
	В середній пробі	Лужність, моль/дм <sup>3</sup>	Титрування соляною кислотою з індикатором фенолфталеїном	0,5...1,5	—«»—	—«»—
Подрібнення солоду	Бункер для солоду	Склад помелу, %: лузга крупка м'яка крупка крупна борошно	Ваговий	15...18 30...35 18...22 25...35	Не рідше 1 разу на декаду і під час установлення валків солододробарок	Інженер-хімік
Приготування затору	Заторний апарат	pH затору	pH- метром	5,4...5,6	1 раз у 10 днів	Інженер-хімік

## Закінчення таблиці 7.1

1	2	3	4	5	6	7
Гаряче сусло	Сусло-варильна лінія	pH сусла	pH-метром	5,4...5,6		
		Повнота оцукрювання	Проба на йод	Відсутність темного забарвлення		
		Кольоровість, см <sup>3</sup> 0,1 моль/ дм <sup>3</sup> р-ну I <sub>2</sub> на 100см <sup>3</sup> води	Порівняння з розчином йоду	Світле – 0,36...0,63, темне – 9...10		

Мікробіологічний контроль

Мікробіологічні показники у виробництві пива визначають за кількістю мезофільних аеробних і факультативних анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ), кількістю колоноутворюючих одиниць (КОЕ), кількістю бактерій групи кишкових паличок (БГКП) (табл. 7.2) [6].

Таблиця 7.2 – Мікробіологічні показники, що регламентують якість пива

Продукт	КМАФАнМ, КОЕ/г, не більше	Об'єм або маса продукту (см <sup>3</sup> , г), в яких не допускаються		
		БГКП (коліформи)	Патогенні, в т.ч. сальмонели	Дріжджі та плісені (сума)
Пиво непастеризоване в пляшках, сорти з екстактивністю початкового сусла:				
12 % і більше	–	10,0	25	–
8-11 %	–	3,0	25	–
Пиво пастеризоване в пляшках і інших видах споживчої тари		10,0	25	40
Пиво розливне	500	1,0	25	–

Метрологічне забезпечення технологічного процесу

Метрологічне забезпечення на підприємстві вказане в табл. 7.3 [13].

Таблиця 7.3 – Метрологічне забезпечення заводської лабораторії

№ з/п	Стадії контролю	Найменування заходів вимірювання	Межі вимірювання
1	2	3	4
1.	Вологість солоду	Технохімічні ваги 2-го класу точності відповідно до ГОСТ 24108-88. Сушильна шафа або апарат Чижової	0-100 г 105±2 °С

					<b>ТЕХНОХІМІЧНИЙ І МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА ТА ЙОГО МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ</b>	Арк. 62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Закінчення табл. 7.3

1	2	3	4
2.	Екстрактивність солоду	Цукромір. Термометр ртутний ТЛ-4 відповідно до ГОСТ 24108-88 Конгресний метод	
3.	pH затору	pH електрод HI 1048 B	0-14
4.	Подрібнення солоду і несолоджених матеріалів	Лабораторні сита із металевою сіткою згідно з ГОСТ 28498. Сите Фогеля	
5.	Активна кислотність затору	Електрометричний метод, рН-метр	0-14
6.	Активна кислотність сусла	Електрометричний метод, рН-метр	0-14
7.	Масова частка сухих речовин у пивному суслі	Рефрактометр, цукромір, відповідно до ГОСТ 22524	0-30
8.	Кислотність пивного сусла	Бюретка 1-2-25-0,1 відповідно до ГОСТ 29251. Крапельниця лабораторне скляна відповідно до ГОСТ 25336. Розчин гідроксиду нітрую концентрацією 0,1 моль/дм <sup>3</sup> відповідно до ГОСТ 25794	1,0-5,0
9.	Колір сусла	Фотоелектроколориметр. Спектрофотометр	0-100
10.	В'язкість сусла	Віскозиметр Оствальда	
11.	Температура кипіння сусла	Датчик температури ТП 2088	-40 ... + 200 °С

## 8 ЗАХОДИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УМОВ ПРОМСАНІТАРІЇ

Суворе дотримання санітарних правил у варильному відділенні пивоварного заводу має важливе значення для приготування якісної прородукції. Порушення санітарного режиму приводить до інфікування сировини, пивного сусла, дробини бактеріями і грибами, що призводить до погіршення якості і мікробіологічної стійкості товарного пива. Санітарно-гігієнічні вимоги в основному направлені на боротьбу з інфікуванням пива патогенною мікрофлорою. Загальні правила визначають санітарні вимоги до території, приміщень та технологічного обладнання, умов зберігання та режимів переробки сировини для виробництва пивного сусла, а також до умов праці та особистої гігієни працівників [5].

Виробничі приміщення варильного відділення доцільно розташовувати, враховуючи послідовність технологічних процесів, не припускаючи безпосереднього контакту сировини з технічною водою, сусла з киснем повітря і чорним металом. Приміщення, в яких виготовляють харчову продукцію, ізолюють від приміщень, в яких виготовляється технічна продукція.

Внутрішня поверхня стін, стелі, несучих конструкцій, дверей, підлоги виробничих приміщень, а також внутрішня поверхня стін силосів та бункерів, вбудованих у виробничі будівлі, повинна бути, як правило, без виступів, западин, поясків і дозволяти легко виконувати їх очищення. Висота вбудованих приміщень повинна відповідати висоті поверху. У варильному відділенні повинні підтримуватися оптимальні параметри мікроклімату - температура, відносна вологість повітря. Вентиляційні системи та опалення повинні забезпечувати таку кількість шкідливих речовин у повітрі навколо робочої та в робочій зоні, що не перевищує гранично допустимі [5,6].

Стіни виробничих приміщень повинні бути пофарбовані фарбами, що відповідають вимогам технічної естетики і санітарним нормам, які ставляться до харчових підприємств.

Підлога повинна мати рівне покриття, причому в приміщенні із виділенням пилу на повітряно-ситових сепараторах має бути передбачене зручне прибирання. Підлога виробничих приміщень з підвищеним вмістом вологи покривається керамічними плитками, повинна бути стійкою до припустимих в процесі виробництва робіт механічного, теплового або хімічного впливу.

Приміщення з надлишками тепла, а також виробництва із значним виділенням газів, пари і пилу слід, як правило, розміщувати біля зовнішніх стін будівель та споруд. Найбільша сторона цих приміщень повинна примикати до зовнішньої стіни будівлі чи споруди. Для розташування таких приміщень потрібно передбачити одноповерхові будівлі.

За нормативними документами один раз на тиждень потрібно проводити дезінфекцію технологічного обладнання і приміщення варильного відділення. Засоби для проведення дезінфекції повинні мати високу бактерицидну активність, бути неотруйними, безбарвними, без запаху, добре розчинятися у воді, не кородувати обладнання, при зберіганні не втрачати активності [5].

					<b>ЗАХОДИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УМОВ ПРОМСАНІТАРІЇ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Дробарки та бункери добового запасу і бункерів на одну варку для подрібненого солоду і несолоджених матеріалів необхідно своєчасно ретельно очищувати від борошняного пилу та бруду. Необхідно періодично здійснювати очищення технологічного обладнання. Внутрішню частину варильних агрегатів, бункери зернопродуктів, збірники гіркового та ароматичного хмелю необхідно ретельно мити після кожної варки [5].

Сучасні мийні засоби розчиняють або підвищують розчинність забруднень у воді, змочують очищені поверхні зниженням поверхневого натягу, емульгують жири, перешкоджають осадженню звільнених часточок забруднень і полегшують змивання забруднень водою, містять добавки проти корозії і мають бактерицидні властивості.

Для миття використовують різноманітні мийні засоби. Один з них – їдкий натрій, добре розчиняє залишки білків і вуглеводів, має бактерицидну дію, але важко змивається з очищеної поверхні. Тринатрійфосфат має мийну і емульгуючу дію, пом'якшує воду. Метасилікат натрію гідролізується у їдкий натрій і кремнієву кислоту, яка захищає обладнання від корозії. Для дезінфекції використовують доцільно використовувати суміш метасилікату та ортосилікату у співвідношенні 1:1. Карбонат натрію має слабшу, ніж їдкий натрій, мийну дію, небактерицидний. Для підвищення змочувальної здатності застосовують алкілсульфонати та алкілаурилсульфонати [5].

В останні роки набули поширення такі дезінфікуючі сполуки та засоби, як четвертинні амонієві та хлоровмісні сполуки (містять 30 – 40 мг вільного хлору на 1 г і порошкоподібне хлорне вапно), формальдегід (хімічно нейтральний засіб із високою бактерицидною активністю), діоксид сірки у вигляді кислого сульфату натрію або піросульфату натрію, емольтциди.

Для одночасного очищення і дезінфекції внутрішньої поверхні обладнання рекомендують препарат, що містить 1,5 % NaOH і 0,5 % пентахлорфеноляту. Для дезінфекції (хлорне вапно). Найбільш безпечний для навколишнього середовища дезінфікуючий засіб це оксид хлору [5].

Приміщення варильного відділення очищають від мікрофлори за допомогою ультрафіолетового опромінювання і фільтрування через спеціальні тканини. Трубопроводи після кожної варки стерилізують гострою парою протягом 20 – 30 хв. Періодично їх дезінфікують четвертинною амонієвою сполукою з попереднім механічним очищенням і розбиранням окремих ланок.

Металеві трубопроводи періодично промивають гарячою водою і пропарюють, а також дезінфікують діаміном. Після кожної варки заторні, фільтраційні, сусловарильні і гідроциклонні апарати ретельно миють. Пластинчаті теплообмінники кожний день промиваються гарячим (60 °C) 1%-ним розчином луку протягом 5 хв. з наступним промиванням гарячою і холодною водою [5].

При наявності у відділенні апаратів безрозбірної мийки СІР миття обладнання проводиться згідно із затвердженими керівництвом підприємства інструкціями. Задача СІР заключається в підготовці миючих розчинів потрібної концентрації, досягненні необхідної для них температури і автоматичної мийки обладнання. СІР-миття варильного цеху здійснюється за допомогою комп'ютерних програм [5, 6].

					<b>ЗАХОДИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УМОВ ПРОМСАНІТАРІЇ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

## 9 ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДПРИЄМСТВА

### 9.1 Водопостачання та водовідведення

*Витрати гарячої води.* Гаряча вода у технологічному процесі використовується для затирання зернопродуктів, промивання дробини, а також для миття обладнання.

Витрата води на затирання, м<sup>3</sup>/добу:

$$V_{1ГВ} = G_{\text{доб}} \cdot N_{ГВ},$$

де  $Q_{\text{доб}}$  – добова кількість зернопродуктів, що переробляються, т;

$N_{ГВ}$  – норма витрати гарячої води на операцію.

$$V_{1ГВ} = 70 \times 4 = 280 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Витрата води на промивку пивної дробини, м<sup>3</sup>/добу:

$$V_{3ГВС} = V_{1ГВ} = 280 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Витрата води на миття, м<sup>3</sup>/добу:

$$V_{4ГВС} = N_{ГВ} \times \sum L / (\tau \times 1000),$$

де  $N_{ГВ}$  – норма витрати гарячої води на миття фільтапарату (1,4 м<sup>3</sup> на 1000 дал загальної потужності);  $\sum L$  – загальна річна продуктивність заводу, дал;  $T$  – кількість днів роботи на рік відповідного відділення заводу.

$$V_{4ГВС} = 1,4 \times 10000000 / 323 \times 1000 = 43,34 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Витрата води на миття обладнання варильного цеху, м<sup>3</sup>/добу:

Миття і дезінфекція варильного відділення – 3,2 м<sup>3</sup> на 1000 дал загальної потужності

$$V_{5ГВС} = 3,2 \times 10000000 / 323 \times 1000 = 99,07 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Витрата води на промивку сулопроводів, м<sup>3</sup>/добу:

Промивка сулопроводу – 3,9 м<sup>3</sup> на 1000 дал загальної потужності

$$V_{6ГВС} = 3,9 \times 10000000 / 323 \cdot 1000 = 120,74 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Витрата води на миття бункерів для дробини, м<sup>3</sup>/добу:

Миття бункеру для дробини – 0,7 м<sup>3</sup> на 1000 дал загальної потужності

$$V_{7ГВС} = 0,7 \times 10000000 / 323 \cdot 1000 = 21,67 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Визначення питомої витрати води за операціями 1-7, м<sup>3</sup>/дал:

$$V_{ГВ\text{уд.}} = V_{ГВГ} / \sum L.$$

У таблиці 9.1 зведені дані про витрату гарячої води на технологічні операції.

Максимальна годинна витрата води варильного цеху приймається рівною 15 % від добової витрати:

$$V_{ГВ.\text{год}} = 0,15 \times 844,82 = 126,72 \text{ м}^3/\text{год}.$$

					ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДПРИЄМСТВА	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Таблиця 9.1 – Питомі витрати гарячої води

Найменування операції	Витрати води на одну операцію, м <sup>3</sup> /добу
1. Затирання зернопродуктів	280
2. Промивання солодової дробини	280
3. Миття фільтраційного апарату	43,34
4. Миття і дезінфекція обладнання варильного цеху	99,07
5. Промивання суслпроводів	120,74
6. Миття бункерів для дробини	21,67
<i>Всього</i>	844,82

Добові витрати води на інші потреби приймаємо 0,4 м<sup>3</sup> на 1 т зернопродуктів:

$$0,4 \times 70 = 28 \text{ м}^3$$

Місткість збірника гарячої води розраховують для 2-х год. витрат при коефіцієнті заповнення бака 0,9, м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{ГВ БАК}} = 126,72 \times 2 / 0,9 = 281,6 \text{ м}^3$$

$$(4,2 \cdot x \cdot 2) / 0,9 = 9,3 \text{ м}^3$$

Приймаємо 1 бак місткістю 10 м<sup>3</sup> з розмірами 2200x2200x2200 мм [14]

*Витрата холодної води.* У технологічному процесі холодна вода витрачається на видалення дробини, охолодження сусла, миття обладнання, пивопроводів, тари.

Витрата води на розведення пивної дробини, м<sup>3</sup>/добу:

$$V_{\text{1ХВС}} = V_{\text{1ГВС}} = 272 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Витрата води на охолодження сусла в пластинчастому теплообміннику, м<sup>3</sup>/добу:

$$V_{\text{3ХВ}} = N_{\text{ХВ}} \times \tau_1 \times n \times z / 60,$$

де  $N_{\text{ХВ}}$  – норма витрати холодної води, м<sup>3</sup>/год;  $\tau_1$  – тривалість операції, хв (за технологічною інструкцією сусло повинно охолоджуватися не більше 90-120 хв);  $n$  – кількість одиниць обладнання, що піддаються мийці на добу ( $n = 1$  шт.);  $z$  – оборотність варильного агрегату (для розрахунку  $z = 7$ ).

$$V_{\text{3ХВС}} = 50 \cdot x \cdot 90 \times 1 \cdot x \cdot 7 / 60 = 525 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Витрата води на миття устаткування відділення охолодження та освітлення сусла, м<sup>3</sup>/добу:

$$V_{\text{4ХВС}} = 0,6 \times 10000000 / 323 \times 1000 = 18,58 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Витрата води на інші потреби приймаємо 5 м<sup>3</sup> на 1 т зернопродуктів, що перероблюються, на добу, м<sup>3</sup>/добу:

$$V_{\text{5ХВС}} = 5 \times 70 = 350 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Максимальна годинна витрата води приймається рівною 12 % від добової витрати (табл. 9.2) без урахування на миття підлог

$$V_{\text{ХВ ч}} = 0,12 \times 1243,58 = 149,23 \text{ м}^3/\text{год}.$$

					<b>ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДПРИЄМСТВА</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

**Таблиця 9.2 – Питомі витрати холодної води**

Найменування операції	Витрати води на одну операцію, м <sup>3</sup> /добу
Видалення пивної дробини	280
Видалення хмелевої дробини	70
Охолодження сусла в пластинчастому теплообміннику	525
Миття устаткування відділення охолодження та освітлення сусла	18,58
Інші потреби	350
<b>Всього</b>	<b>1243,58</b>

Витрати води, що використовується повторно, приймають рівною 70 % від витрати води на охолодження сусла:

$$V_{\text{ХВ повт.}} = 0,7 \times 525 = 367,5 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Сумарна добова витрата холодної та гарячої води, м<sup>3</sup>/добу.

$$\sum V_{\text{В}} = \sum V_{\text{ГВ доб}} + \sum V_{\text{ХВ доб}} + V_{\text{ХВ повт.}}$$

$$\sum V_{\text{В}} = 844,82 + 1243,58 - 367,5 = 1720,9 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

## 9.2 Розрахунки витрат пари

*Витрати теплоти для підігрівання води для затирання.* Кількість зерна, яке надходить в заторний апарат:  $10000 \times 0,3 = 3000,0$  кг.

За температури холодної води 12 °С в зимовий період року витрати теплоти на підігрів води складають:

$$3000 \times 4 \times (56 - 12) \times 4,18 = 2207040 \text{ кДж.}$$

Кількість заторної маси:

$$3000 + 3000 \times 4 = 15000 \text{ кг.}$$

*Витрати теплоти на підігрів води для затирання:* в заторний апарат поступає вода і задається 15000 кг солоду. Вода надходить в кількості 4 дм<sup>3</sup> на 1 кг солоду:

$$4 \times 15000 = 60000 \text{ кг.}$$

Маса затору:  $15000 + 60000 = 75000$  кг.

*Витрати теплоти на підігрів води:*

$$4,18 \times 60000 \times (35-12) = 5768400 \text{ кДж.}$$

*Витрати теплоти на підігрів затору:*

$$60000 \times 3,63 \times (72-62) = 2178000 \text{ кДж.}$$

Розрахунок кількості тепла на підігрів густої частини затору до кипіння. З загального об'єму затору відкачується 0,4% рідкої частини затору:

$$75000 \times 0,4 = 30000 \text{ кг.}$$

Густа частина затору:

$$75000 \times 0,6 = 45000 \text{ кг.}$$

*Витрати теплоти складають:*

					<b>ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДПРИЄМСТВА</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

$$45000 \times 3,63 \times (100 - 72) = 4573800 \text{ кДж.}$$

Для кип'ятіння густої частини затору:

$$45000 \times 0,05 \times (30/60) \times 2259,2 = 2541600 \text{ кДж.}$$

Під час кип'ятіння суслу випаровується води:

$$45000 \times 0,05 \times (30/60) = 1125 \text{ кг.}$$

Маса затору після кип'ятіння сусла:

$$45000 - 1125 = 43875 \text{ кг.}$$

*Витрати теплоти на підігрів всього затору складають:*

$$(2178000 + 4573800 + 2541600) / 0,95 = 9782526,3 \text{ кДж.}$$

*Витрати теплоти на підігрів води для заливки сит фільтраційного апарату:*

За площею фільтрування  $53,6 \text{ м}^2$  і висоті підситового простору  $0,012 \text{ м}$  води для заливки сит потрібно  $53,6 \times 0,012 = 0,6432$ , або  $643,2 \text{ кг}$ , а тепла для підігріву води:

$$4,18 \times 643,2 \times (80-12) = 182823,2 \text{ кДж.}$$

*Витрати теплоти на підігрівання води для промивання дробини (півну дробину):*

$$10000 \times 4 \times 4,18 \times (80-12) = 11369600 \text{ кДж.}$$

*Кількість теплоти, яке виділяється із суслварильного апарату з водяною парою, що можна використати повторно:*

$$Q = h \times G,$$

де  $h$  - питома ентальпія вторинної пар, кДж/кг;  $G$  - кількість води, що випаровується у апарата, кг, яку розраховують за формулою:

$$G = V \cdot n \cdot d,$$

де  $V$  - об'єм сусла в суслварильному апараті,  $\text{дм}^3$ ;  $n$ -частка випаровуваної води;  $d$ - відносна густина води.

Об'єм сусла в суслварильному апараті:

$$V = E \cdot G / 0,96 \cdot e \cdot d,$$

де  $E$  - екстрактивні речовини засипу, %;  $G$  - кількість води, яка випаровується у суслварильному апараті, кг;  $0,96$  - зменшення об'му сусла внаслідок охолодження;  $e$  - екстрактивність сусла, %;  $d$  - відносна густина сусла.

$$V = (72 \times 10000) / (0,96 \times 10,9 \times 1,04420) = 65873 \text{ дм}^3.$$

Кількість води, що випаровується у суслварильному апараті:

$$G = 65874 \times 0,06 \times 1 = 3952,4 \text{ кг.}$$

*Кількість теплоти, яку можна використати повторно:*

$$Q = ((2674,5 - 418,7) + (100-70)) \times 3952,4 = 9034395,9 \text{ кДж,}$$

тоді кількість підігріваємої цією теплотою води складає:

$$X = Q / c (t_2 - t_1) \times K = 9034395,9 / 4,18(70-15) \times 0,8 = 49121,33 \text{ кг.}$$

Втрати теплоти 20 %, тобто  $K = 0,8$ :

Зведені результати вищенаведених розрахунків витрат теплоти у варильному відділенні наведені в таблиці 9.3.

					<b>ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДПРИЄМСТВА</b>	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Таблиця 9.3 – Витрати теплоти для приготування сусла**

Найменування операції	Витрати теплоти, кДж
На підігрів води для затирання зернопродуктів	2207040
Витрати тепла на підігрів всієї кількості затору	9782526,3
На підігрів води для заливки сит у фільтраційному апараті	182823,2
На промивання дробини	11369600
Кількість тепла, що можна використати повторно	9034395,9

### 9.3 Розрахунки витрат холоду

*Витрати холоду на охолодження сусла для кожного сорту пива складають:*

Витрата гарячого сусла, отриманого із 100 кг зернопродуктів для пива «Світле класичне» – 643,76 дм<sup>3</sup>, «Подільське світле» – 548,89 дм<sup>3</sup> і «Українське темне» – 489,94 дм<sup>3</sup>. Для прийнятого асортименту об'єм гарячого сусла становить:

$$643,76 \times 0,5 + 548,89 \times 0,3 + 489,94 \times 0,2 = 584,54 \text{ дм}^3.$$

З максимальної кількості зернопродуктів на добу (70000 кг) отримуємо сусла:

$$70000 \times 584,54/100 = 409178 \text{ дм}^3.$$

В схемі сусло охолоджується в дві стадії: в пластинчатому теплообміннику сусло охолоджується до 60 °С холодною водою, а з 60 до 9-12 °С – пропіленгліколем. Витрати води на охолодження від 100 до 60 °С:

$$409,2 \times 3,67 \times (100 - 60)/4,19(35-20) = 956 \text{ м}^3.$$

Витрати пропіленгліколю для охолодження від 60 до 9 °С:

$$409,2 \times 3,67 \times (60 - 9) / 3,85 \times (3 - (-18)) = 924 \text{ м}^3.$$

Для охолодження сусла водою з 100 до 60°С витрачається *теплоти*:

$$956 \times 1,046 \times 3,87 (100-60) = 154796,3 \text{ кДж}.$$

Для охолодження сусла з 60 до 9 °С витрачається *теплоти*:

$$924 \times 1,046 \times 3,87 (60 - 9) = 190579,9 \text{ кДж}.$$

### 9.4 Розрахунки витрат електроенергії

За нормами технологічного проектування питомі витрати електроенергії на 1000 дал пива становлять 445 кВт\*год.

Добові витрати електроенергії становлять:

$$445 \times 6703,6 = 2983102 \text{ (кВт} \cdot \text{ год/добу),}$$

Максимальні погодинні витрати електроенергії приймають в кількості 12 % від добової:

$$2983102 \times 0,12 = 357972,2 \text{ (кВт} \cdot \text{ год/год).}$$

Витрати електроенергії на перекачування (води, затору, сусла та ін.) агрегатом з відомою встановленою потужністю приводного електродвигуна розраховують за формулою:  $E_{\text{доб}} = N \cdot \tau \cdot n$ , кВт · год (1.12)

де, N- потужність приводного електродвигуна, кВт;

$\tau$  -кількість годин роботи на добу; n - кількість апаратів, шт.

					<b>ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДПРИЄМСТВА</b>	Арк. 70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати електроенергії приводом норії:

$$E = 3,5 \cdot 4,5 \cdot 1 = 15,75 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Витрати електроенергії приводом шнека:

$$E = 1 \cdot 4,5 \cdot 1 = 4,5 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Витрати електроенергії приводом повітряно-ситового сепаратора:

$$E = 1,1 \cdot 10 \cdot 1 = 11 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Витрати електроенергії приводом магнітного сепаратора:

$$E = 1,3 \cdot 10 \cdot 2 = 26 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Витрати електроенергії приводом дробарки:

$$E = 62 \cdot 7,5 \cdot 1 = 465 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Витрати енергії приводом валкової дробарки:

$$E = 42 \cdot 4 \cdot 1 = 168 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Витрати електроенергії приводом заторного апарата:

$$E = 15 \cdot 6 \cdot 2 = 180 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Витрати електроенергії приводом фільтраційного апарату:

$$E = 22,2 \cdot 10 \cdot 1 = 222 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Витрати електроенергії приводом заторного насоса:

$$E = 7,5 \cdot 4 \cdot 4 = 180 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Витрати електроенергії приводом насоса мутного сусла:

$$E = 5,5 \cdot 1 \cdot 4 = 22 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Витрати електроенергії приводом насоса для вивантаження дробини:

$$E = 2,6 \cdot 2,5 \cdot 2 = 13 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Витрати електроенергії приводом насоса для перекачування сусла:

$$E = 11 \cdot 0,8 \cdot 4 = 35,2 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Разом

$$15,75 + 4,5 + 11 + 26 + 465 + 168 + 180 + 222 + 180 + 22 + 13 + 35,2 = 1\,342,45 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

					<b>ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДПРИЄМСТВА</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

## 10 ЗАХОДИ ЩОДО ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

В кваліфікаційній роботі передбачені наступні енерго- та ресурсозберігаючі заходи:

1. Для охмелення пивного сусла обрано енергозберігаючий спосіб кип'ятіння сусла за низького надлишкового тиску.

За цим способом здійснюють почергове підвищення та пониження тиску у сусловарильному апараті шляхом відкривання та закривання засувки, розташованої на витяжній трубі з інтервалом 3-5 хв. Таких циклів може бути від 20 до 25. Після досягнення температури кипіння 100 °С за атмосферного тиску закривають засувку на витяжній трубі для виходу вторинної пари, тому тиск в апараті миттєво зростає. За допомогою системи автоматики надлишковий тиск підтримують в межах 320-350 мбар. При цьому температура кипіння сусла миттєво зростає до 104-106 °С. В цей період циклу інтенсифікуються всі процеси, які відбуваються у сусловарильному апараті, у тому числі випаровування небажаних ароматичних речовин та ДМС. Причиною цього є лопання бульбашок під час миттєвого зменшення тиску до атмосферного (100 мбар) і зменшення температури кипіння до 100 °С.

Використання обраного способу кип'ятіння сусла дозволяє інтенсифікувати процес, скоротити час кип'ятіння від 90 до 60 хв., зменшити концентрацію ДМС у суслі і пиві нижче нормативних значень - до 50 мкг/дм<sup>3</sup>, зменшити енерговитрати на 30 % і підвищити якісні показники сусла.

2. Використання енергозберігаючої установки [29, 31].

Під час кип'ятіння сусла із сусловарильного апарату в атмосферу випаровується вторинна пара, яка безкорисно втрачається. Відомо, що для випаровування 1 кг води в пару за атмосферного тиску необхідно витратити 540 ккал або 2260 кДж теплоти. Крім того, в навколишнє середовище викидаються леткі ароматичні речовини, які забруднюють його.

Для ефективного використання теплоти вторинної пари у варильному відділенні запропоновано включення енергозберігаючої установки, яка складається із сусловарильного апарату із внутрішнім кип'ятильником та конденсатора вторинної пари. Для використання теплоти вторинної пари додатково встановлюється підігрівник сусла і накопичувач енергії.

Використання системи енергозбереження в процесі приготування пивного сусла дає змогу на 30 % знизити витрати первинної теплової енергії для нагріву сусла та подальшого його кип'ятіння, забезпечити більш гнучкий процес та раціонально використати гарячу воду, що утворюється при охолодженні конденсата вторинної пари, і там самим підвищити ефективність процесу кип'ятіння в цілому. Використання обраного способу кип'ятіння дозволяє підвищити енергетичний потенціал вторинної пари і температуру конденсату, який доцільно використати на технічні потреби відділення.

3. Включення установки для стріпінгу сусла.

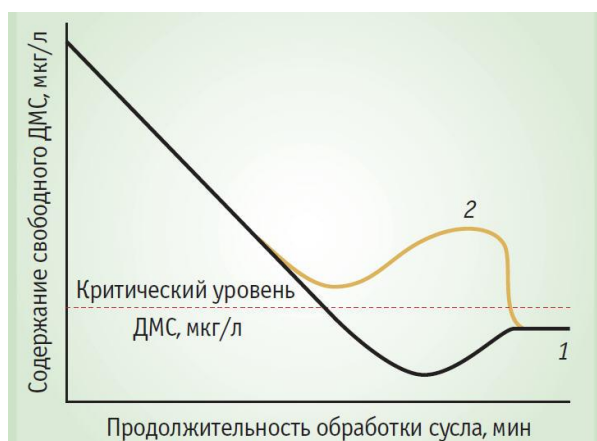
Для збільшення випаровування після сусловарильного і гідроциклонного апаратів застосовується додатковий крок - вакуумне випарювання за рахунок використання стріпінг-колони, в якій в протитоці рухається сусло і гріюча пара.

					<b>ЗАХОДИ ЩОДО ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ</b>	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для стріпінгу сусла (випаровування небажаних летких речовин і ДМС) пара безперервно надходить в нижню частину колони за низького тиску. Швидкість подачі пари становить 1,5 % від швидкості подачі сусла. Пара конденсується на виході із колони, проходить через кожухотрубний конденсатор і перетворюється в конденсат з температурою 85 °С.

Включення в технологічну схему стріпінг-колони дозволяє скоротити час кип'ятіння сусла в сусловарильному апараті до 40 хв. і зменшити таким чином енерговитрати у варильному відділенні до 60 %.

На рис. 4 показано, що при скороченні часу кип'ятіння сусла до 40 хв. концентрація вільного ДМС в гарячому суслі не досягає нижчого за критичне значення, а наступна витримка його в гідроциклонному апараті призводить до підвищення концентрації ДМС у суслі. Але подальша обробка сусла в стріпінг-колони забезпечує кардинальне зменшення вмісту ДМС (крива 2) до концентрації 20-30 мкг/дм<sup>3</sup>. При цьому через зменшення часу кип'ятіння на 20 хв. пропорційно на 1/3 зменшуються енерговитрати.



**Рис. 4.** Изменение концентрации свободного DMS-f в пивном сусле при кипячении и последующей обработке в гидроциклонном аппарате. Продолжительность кипячения (мин): 1 — 60; 2 — 40 + дополнительная отгонка летучих фракций с применением системы Voreas

Таким чином використання інноваційного способу дозволяє інженеру технологу вирішувати такі задачі:

- зменшити вміст небажаних ароматичних речовин у суслі;
- зменшити енерговитрати на процес.

Фізико-хімічні показники пивного сусла перед кип'ятінням сусла, після кип'ятіння сусла в сусловарильному апараті і після стріпінгу сусла представлені в таблиці 10.1.

					<b>ЗАХОДИ ЩОДО ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ</b>	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Таблиця 10.1 – Фізико-хімічні показники неохмеленого пивного сусла і охмеленого сусла після сушварильного апарату і стріпінг-колони**

Показник	Неохмелене сусло	Охмелене сусло		Норматив
		після кип'ятіння	після стріпінгу	
Вміст екстракту, %	10,8	12,0	12,0	–
Вміст коагульованого азоту, мг/дм <sup>3</sup>	47	23	23	22-25
Колір, од. ЕВС	6,1	8,9	8,9	–
Показник тіобарбітурової кислоти	16,4	39,2	27,2	не більше 45
Вміст попередника ДМС, мкг/дм <sup>3</sup>	872	53	15-18	–
Вміст вільного ДМС, мкг/дм <sup>3</sup>	370	62	20-30	не більше 70

Як видно із таблиці, використання стріпінгу сусла дозволяє зменшити показник тіобарбітурової кислоти на 31 %, вміст попередника ДМС (S-метилметіоніну) на 63 % і концентрацію вільного ДМС на 51%.

## 11 БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

Обладнання в технологічних приміщеннях повинно встановлюватися з урахуванням послідовності протікання технологічних процесів приготування пивного суслу згідно технологічної схеми виробництва пива [2].

Для зручності обслуговування, дотримання вимог пожежної безпеки та санітарних норм у ході експлуатації рекомендується приймати відстані від стіни до обладнання, відстані між обладнанням і центральні проходи, наведені в таблиці 11.1.

*Таблиця 11.1 – Норми розміщення обладнання у варильному відділенні [6].*

Найменування обладнання	Відстань від стіни до апарату	Відстань між обладнанням	Центральний прохід	Примітка
Варочні агрегати	0,4-0,8	1,0	1,5-1,8	–
Вірпул	0,8	0,6-1,0	1,8-2,0	–
Пластинчатий теплообмінник	0,8	0,8-1,0	1,5-2,0	–
Обладнання і арматура, що часто обслуговуються, та розміщені на висоті більш ніж 1,8 м	–	–	–	Стаціонарні майданчики зі сходами та огорожами. Висота огорожі не менше 0,9 м
Майданчики, розташовані на висоті 0,5 м від підлоги, сходи до них та перехідні містки	–	–	–	Огородження перилами висотою не менше 0,9 м. Суцільна зашивка знизу бортом знизу висотою не менше 0,15 м
Сходи	–	–	–	Ширина не менше 0,7 м, при перенесенні ваги не менше 1,0 м. Крок сходів не більше 0,25 м. Ширина сходів не менше 0,12 м. Ухил сходів не більше 45°. Для устаткування, що рідко обслуговується, допускається 60° або драбини

Основна функція будівельних конструкцій у промислових будівлях – забезпечення несучої здатності будівлі, що визначає його довговічність і забезпечує технологічні вимоги виробництва. Інша функція будівельних конструкцій - це захистити приміщення від зміни кліматичних умов і створити відповідний мікроклімат у приміщенні [2, 4].

Першу функцію виконують фундаменти, колони, ферми, балки, ригеля, прогони, плити перекриття та перекриття. Другу функцію виконують стінові панелі, вікна, двері, підлоги та інші.

					<b>БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Основними параметрами, що забезпечують уніфікацію проектних рішень і типізацію конструктивних елементів будівлі, є прогін, крок колон і висота будівлі (поверху) [2, 4].

*Для відділення підготовки сировини приймаємо:*

- прогін 6 м;
- сітка колон 6×6;
- крок колон 6 м;
- кількість поверхів 4;
- висота поверху 4,8 м;
- висота будівлі 22 м.

*Для відділення приготування пивного суслу приймаємо:*

- прогін 6 м;
- крок колон 6 м та 9 м (для розміщення фільтраційного апарата діаметром 7,5 м);
- сітка колон 6×6, 6×9;
- кількість поверхів 2;
- висота поверху 4,8 м;
- висота будівлі 14,8 м.

Відмітку підлоги першого поверху приймаємо за ±0.000(нульова відмітка).

Використовуємо залізобетонні колони перерізом 500×500 мм.

Для міжповерхового перекриття відділення підготовки сировини основними несучими елементами є залізобетонні ригелі, на які опирається монолітне перекриття товщиною 400 мм. Ригелі прямокутного перерізу застосовують у перекриттях, в яких монтуємо "провисле" обладнання. Висота ригелів – 400 мм.

Міжповерховим перекриттям варильного відділення є монолітне перекриття товщиною 400 мм.

### **Фундамент**

Приймаємо колонний залізобетонний фундамент.

В кваліфікаційній роботі використовуємо типові стовпчасті фундаменти висотою 1,5 м, які складаються із плит і підколонників стаканного типу. Верх підколонника встановлюють на 150 мм нижче позначки чистої підлоги першого поверху будівлі.

Для колон, які мають в перерізі розміри 500х500 мм, встановлюють підколонники розмірам 900х900 мм. Глибина входження колони в підколонник 800 мм. Ширину отвору стакана поверху приймають на 150 мм більшою від сторони колони і на 100 мм більшою від низу заглиблення колони. Товщина стінок підколонника 200 мм. На стовпчасті фундаменти опираються фундаментні балки, які приймають навантаження від цегляних стін і зв'язують їх між собою. Фундаментні балки укладаємо кінцями на бетонні стовпчики (підбетонки), які розташовані на виступах фундаменту.

**Колони** – виготовляємо із залізобетону, так як це основний несучий елемент каркасних будівель. Обираємо збірні залізобетонні колони суцільного квадратного перерізу 500х500 мм.

					<b>БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Виступи (консолі) на колонах призначенні для встановлення на них ригелів. Для багатопверхових будівель обираємо уніфіковані колони 2-х поверхової нарізки та збільшуємо довжину колон стикуючи відрізки зі зварюванням закладних деталей і замоноличуванням бетоном.

При проектуванні відділень застосовуємо колони з двосторонніми консолями. По верху фундаментів вкладають шар цементно-піщаного розчину товщиною 100 мм. Бази колон кріпляться до фундаментів анкерними болтами. Щоб запобігти корозії сталевої колони нижню частину покривають шаром бетону [2, 4].

**Покриття промислових будівель** - складається з основної несучої конструкції балки, несучої частини (плити покриття) і покрівлі. В роботі застосовуємо безпрогонну систему покриття, при якій безпосередньо на кроквяні балки укладаємо ребристі плити покриття.

**Стіни** з металевих листів дають можливість зменшити масу стіни порівнянно з легкобетонними в 6...10 раз або на 250...300 кг/м<sup>2</sup> при приблизно тій же вартості. Це досягається використанням облицьовування стін тонкими сталевими або алюмінієвими листами та розташуванням між ними ефективного утеплювача, що дає змогу забезпечити в приміщеннях задані параметри мікроклімату.

Використання таких стін у промисловому будівництві регламентується перш за все встановленими обмеженнями щодо економного витрачання металу, наявністю в районі будівництва індустріальної бази, що забезпечує можливість виготовлення та доставки необхідних виробів, сприятливими техніко-економічними показниками, а також відсутністю будь-яких екстремальних умов, що зумовлюються специфікою технологічного процесу, що відбувається в будівлі.

Теплозахисну основу металевих стін становить ефективний теплоізоляційний матеріал пінополіуретан товщиною 200мм, що розташовується між зовнішньою і внутрішньою обшивками. Особливістю теплозахисних якостей легких металевих стін є їх мала теплова інерція [2, 4].

**Сходи** призначені для сполучення між поверхами і для евакуації людей. Для обслуговування обладнання проектуємо службові сходи на обслуговуючі і несучі майданчики.

Основні сходи складаються з маршів і майданчиків, які знаходяться у сходових клітках із несучих цегляних стін. За конструкцією сходи приймаємо збірними залізобетонними з окремими маршами і майданчиками.

Проектуємо двомаршеві сходи на кожний поверх будівлі з висотою першого поверху 4,8 м. Розмір сходинки – 150×300 мм, а ширина маршу – 1350 мм.

Висота одного маршу буде  $4,8/2 = 2,4$  м. Число східців в марші  $2,4/0,15 = 16$ . Кількість проступів в марші буде на один менше числа присхідців, тобто 15. Довжина горизонтальної проекції маршу  $15 \times 0,3 = 4,5$  м, а довжина сходової клітки  $4,5+2 \times 1,35 = 7,2$  м. Ширина сходової клітки складається з ширини двох маршів і зазору між ними 0,1 м, тобто  $1,35 \times 2 + 0,1 = 2,8$  м. Отже, внутрішній розмір сходової клітки буде  $7,2 \times 2,8$  м [2, 4].

**Світлові ліхтарі** розташовуємо на покриттях виробничих приміщень.

Світлова активність ліхтарів досягається їх належним розташуванням, формою, розміром, прозорістю світлопропускного матеріалу, конструктивним рішенням. Ліхтарі забезпечують необхідну освітленість приміщення [2, 4].

					<b>БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Світлові ліхтарі за своєю конструкцією у вигляді прямокутних ліхтарів-надбудов над покриттям. Прямокутні ліхтарі при прольотах 18 м облаштовуюємо шириною 6 м, звично з одним ярусом застелених палітурок заввишки 1,8 м.

Для скління палітурок ліхтарів використовуємо шибку товщиною 8 мм. Кріплення скла до палітурки здійснюємо на пружних прокладках. Для запобігання нещасних випадків у площині несучих елементів покриття при використанні неармованого скла встановлюємо захисну сітку. Доступ на дах ліхтаря досягається установкою по торцях ліхтаря сталевих драбин.

Приймаємо **металопластикові вікна**, оскільки вони задовольняють норми щодо енергозбереження тепла в приміщенні.

Розміри вікон 1500×1500 мм. При проектуванні віконних прорізів враховуємо, що лишня площа вікон є причиною перегріву приміщень в літній період і переохолодження зимою. Осклення приймаємо подвійне.

**Двері** виробничих цехів влаштовуюємо одно і двохпольні. За матеріалом дверні полотна використовуємо металеві зовнішні, дерев'яні внутрішні міжкомнатні і металопластикові міжцехові. Номінальні розміри проїомів прийняті шириною 1; 1,5; 2 м. Висота 1,8; 2; 2,4 м. Їх ширину і розташування визначили з врахуванням забезпечення евакуації людей із приміщень і будинку в цілому, біля зовнішніх дверей влаштовують тамбур глибиною на 0,5 м більше ширини дверного прольоту. Ззовні будинку перед воротами передбачено пандуси з ухилом 1:10.

За конструктивним рішенням **ворота** розпашні. Полотна розпашних воріт є металевими. Обв'язку виконуємо із метало профілю [2, 4].

**Підлоги виробничих будівель** залежать від інтенсивності навантаження, силових і несилових дій під час її експлуатації. Підлоги приймаємо *монолітним* (суцільним). Серед підлог загального призначення використовуємо бетонні покриття. Товщина бетонних покриттів складає 20 мм.

					<b>БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78



Відходи пивоварного виробництва збільшують концентрацію речовин в забруднених стічних водах. Ці забруднювачі в стічних водах потребують сильної очистки, установок і визначають матеріальні затрати у вигляді податку за скид промислових стоків. Для економії потрібно проводити заходи по зменшенню кількості забруднюючих речовин і збільшення кількості очисних установок. Для очищення стічних вод використовуються різні очисні установки [6, 9].

Для зменшення витрат свіжої води питної якості і стічних вод передбачаються системи повторного використання води.

При прийомі несолоджених зернопродуктів, при їх транспортуванні і подрібненні утворюється пил, який, є джерелом забруднення на виробництві. Пил повинен видалятися шляхом аспірації, відділення і збору.

Все обладнання підготовчого цеху підключено до єдиної аспіраційної системи, примусової витяжки, яка забезпечена на виході очисткою газопилового потоку з високим коефіцієнтом очистки [6, 9].

При подачі сировини (очищеної, подрібненої та змеленої) з цеху сировини до цеху варіння викиди в атмосферу – відсутні, оскільки всі складові в апарати поступають при закритих шибах на трубах. Під час варіння в трубу викидається пара.

Також викиди в атмосферу відсутні після варки сусла, коли маса йде на доброджування та фільтрування.

Відчувається запах в околицях підприємства при кип'ятінні сусла, коли випаровується надлишкова вода, яка містить леткі компоненти сусла і хмелю. При використанні конденсатора вторинної пари ці викиди істотно зменшуються, а із застосуванням компресії вторинної пари вони майже повністю зникають.

Для чистки апаратів та їх дезінфекції використовується каустична сода, яка розчиняється у воді та нагрівається. При цьому в атмосферне повітря викидається луг (натрій гідроксид).

Одним із варіантів перетворення відходів, зокрема дробини, в біогаз [6]. Перетворення органічних відходів в метан здійснюється за допомогою анаеробних змішаних культур.

При виробництві пива зернові відходи солоду і несолодженої сировини ячменю, дробина, паростки передаються на корм тваринам. Із надлишкових пивних дріжджів виготовляють сухі пивні дріжджі які багаті вітамінами, особливо групи В і використовуються у медицині.

Діоксид вуглецю під час бродіння збирають, стискають і використовують для карбонізації готового пива, або сатурації безалкогольних напоїв.

У відходах пивоварного виробництва виявлено понад 25 % поживних речовин вихідної сировини, більша частина яких припадає на солодову дробину.

Солодова дробина є досить цінним кормом для тваринництва, вона містить понад 25 % поживних речовин вихідної сировини, значну кількість клітковини і білкових речовин, та 0,5-0,7 % вимивного екстракту. На заводі солодову дробину зневоднюють за допомогою спеціального конічного шнекпресу, і в такому вигляді вона може зберігатися тривалий час [6].

Хмельова дробина – менш цінний відхід, оскільки не набула ще ефективного застосування. Безводної хмелевої дробини одержують 60 % від заданого в сушло

					<b>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

хмелю. Вона містить 50 % засвоєваних речовин. Однак через дуже виражений гіркий хмелевий смак худоба не їсть такого корму. Найкращий спосіб використання хмелевої дробини – одержання з неї біогазу [6].

Білковий осад одержують при освітленні та охолодженні суслу у гідроциклоні. Він складається переважно з білково-дубильних сполук [6].

Надлишкові пивні дріжджі являють собою високоякісний харчовий продукт. Вони є джерелом легкозасвоєваних білків, вуглеводів, жирів, вітамінів комплексу В, а також Е, Д. На заводі надлишкові дріжджі реалізують в сирому вигляді на корм тваринам [6].

#### *Заходи щодо охорони навколишнього середовища*

На пивзаводах охорона навколишнього природного середовища здійснюється відповідно закону від 25 червня 1991 року, а також закону “Про охорону атмосферного повітря” 1992 року та 1995 р.

Спеціалісти пивоварного заводу зобов’язані дотримуватися вимог: зробити початковий екологічний аналіз, розробити та прийняти екологічну політику, створити систему екологічного управління, визначити екологічні цілі, скласти план екологічних заходів, створити й провести внутрішній екологічний аудит, постійно складати екологічні звіти. Екологічна служба на більшості заводів розділена на три складові частини, що підпорядковуються головному екологу. Працівниками заводу контролюється і ведеться облік по забрудненню атмосферного повітря зерновим пилом, аміаком, і іншим а також викиди в каналізаційні системи та виведення на полігон виробничого та побутового сміття. Всі джерела викидів паспортизовані і на них встановлені різні ГДК Державним комітетом з охорони навколишнього середовища. З метою зменшення викидів парів спирту встановлений плівчато-конденсійний спиртовловлювач. Основними джерелами забруднень є води, які використовуються для миття та дезінфекції обладнання.

					<b>ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА</b>	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 13 ОХОРОНА ПРАЦІ

Останнім часом питання охорони праці на підприємствах набуває все більшого значення. Всі працівники прагнуть працювати в комфортних та безпечних умовах. Івоварні заводи України мають сучасний підхід до охорони праці -- це сертифікована система управління безпекою та гігієною праці OHSAS 18001:2007 та ефективна система моніторингу. Красномовним є показники результативності у сфері охорони праці (відсутність смертельних випадків, зменшення кількості нещасних випадків).

Забезпечення безпеки і збереження здоров'я робітників - складна комплексна програма, яка не може бути вирішена без фундаментальної правової бази. Основним законодавчим документом є закон України «Про охорону праці», прийнятий Верховною Радою України в 1992 році і після внесених змін, що вийшов в новій редакції в 2002 році. Охорона праці, як визначено в ст. 1 Закону України «Про охорону праці» – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Законодавство про охорону праці являє собою систему взаємопов'язаних нормативних актів, що регулюють відносини у галузі реалізації державної політики охорони праці. Правовою основою законодавства щодо охорони праці є Конституція України, Закон України «Про охорону праці», Закон України «Про охорону здоров'я», Закон України «Про пожежну безпеку», Кодекс законів про працю України, Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності».

Варильне відділення пивзаводу відноситься до категорії Д (з високим ступенем пожего- та вибухонебезпеки). Для безпечної роботи на підприємстві розроблені правила та інструкції щодо охорони праці та протипожежних заходів. Комплекс заходів щодо охорони праці повинен включати нормативні матеріали: систему стандартів безпеки праці, правила техніки безпеки при експлуатації обладнання, норми по освітленню, опаленню, вентиляції повітря, правила облаштування виробничих приміщень, інструкції щодо експлуатації установок автоматичного пожежогасіння тощо.

Всі працівники, які поступають на роботу у варильному відділенні проходять вхідний інструктаж та інструктаж з охорони праці на робочому місці. Для виключення травматизму робітники періодично проходять навчання, інструктаж з питань охорони праці, пожежної безпеки, подання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків, вивчають інструкції щодо правил поведінки у випадку виникненні аварій. Працездатність робітників та на стан їх здоров'я в значній мірі залежать від метеорологічних умови (мікроклімату) у виробничих приміщеннях відділення, контроль якого здійснюють за вимогами ДСН 3,36 - 042 -99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [28].

					<b>ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

До шкідливих фізичних факторів належать: рухомі транспортні засоби, машини, механізми; рухомі частини виробничого обладнання (механічні мішалки, робочі органи солододробарки, вальці); підвищена загазованість повітря робочої зони (діоксид вуглецю, вторинна пара сусловарильного апарату); підвищена температура поверхонь обладнання (варильні апарати, трубопроводи пари, гарячої води); підвищена температура повітря робочої зони (заторно-варильне відділення); підвищений рівень вібрації і навантаження на оператора; підвищена вологість повітря; підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини; підвищений рівень статичної електрики; відсутність або нестача природного освітлення; недостатня освітленість робочої зони; підвищена яскравість світла.

Хімічно небезпечні речовини на підприємстві є в малих кількостях і безпосередньо в процесі виробництва продукту не задіяні. Їх виділення і контакт з працюючим персоналом може відбутися тільки в разі аварії. На організм людини вони можуть надавати дратівливий або токсичний вплив. Шляхи можливого попадання в організм людини: через органи дихання, шкірні покриви і слизові оболонки. До шкідливих біологічних факторів можна віднести розвиток сторонньої мікрофлори на стінках устаткування і можливість її потрапляння в готовий продукт.

**Повітря робочої зони (мікроклімат).** Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [5]. У варильному відділенні спостерігається значне виділення теплоти вторинної водяної пари, яка передається від корпусу заторного і сусловарильного апаратів до повітря і нагріває стіни приміщення і обладнання.

Заходи захисту від тепловипромінювань можна поділити на чотири групи:

- а) усунення джерела тепла;
- б) захищення від тепловипромінювання;
- в) зменшення тепловіддачі від тіла людини в оточуюче середовище;
- г) індивідуальний захист від теплового випромінювання.

Відділення приймання і очищення зернопродуктів повинно відповідати наступним параметрам мікроклімату: в зимовий період оптимальною вважається температура 18 °С, допустимою на робочих місцях є температура 17 - 23 °С, оптимальна відносна вологість 40 – 60 %, допустима вологість – 75 %, оптимальна швидкість руху повітря - 0,2 м/с, допустима - 0,3 м/с. В літній період оптимальна температура становить 21 – 23 °С, допустима 27 – 30 °С, оптимальна вологість повітря 40 – 60 %, допустима вологість – 75 %, оптимальна швидкість руху повітря - 0,3 м/с, допустима - 0,4 м/с [29].

Вимоги до мікроклімату у варильному відділенні: оптимальна температура в зимній період - 18 °С, допустима температура 17 – 23 °С, відносна вологість повітря 40 – 60 %, допустима вологість 75 %, оптимальна швидкість руху повітря – 0,3 м/с, допустима – 0,4 м/с. В літній період оптимальною є температура 21 – 23 °С, допустима температура 27 – 30 °С, відносна вологість повітря 40 – 60 %, допустима вологість 75 %, оптимальна швидкість руху повітря - 0,3 м/с, допустима швидкість - 0,4 м/с.

					<b>ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

**Таблиця 13.1 – Гранично-допустимі значення температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні варильного відділення**

№	Професія	Категорія робіт за важкістю	Температура, °С на рбочих місцях				Відносна вологість	Швидкість руху повітря, м/с
			Верхня границя		Нижня границя			
			постійних	непостійних	постійних	непостійних		
1.	Оператор варильного відділення	Легка 1Б	<i>Холодна пора року</i>				75	0,1
			21	23	15	13		
			<i>Тепла пора року</i>					
			27	29	20	21		
2.	Черговий слюсар-наладчик	Легка 1Б	<i>Холодна пора року</i>				75	0,1
			21	23	15	13		
			<i>Тепла пора року</i>					
			27	29	20	21		

**Електробезпека.** За рівнем електробезпеки варильне відділення відноситься до приміщень підвищеної безпеки: відносна вологість повітря у приміщеннях не повинна перевищувати 60 - 75%. Особливу увагу необхідно приділяти перевірці якості ізоляції електромереж від руйнування та вологи. Для створення безпечних умов праці всі частини обладнання, які рухаються, оснащують сітчастим або суцільним огородженням. Електродвигуни, насоси, варильні агрегати повинні бути заземлені і обладнані сигналізацією.

**Пожежна безпека.** В якості протипожежних заходів у варильному відділенні повинні використовувати способи і засоби гасіння легкозаймистих речовин відповідно до вимог СніП 2.04.09-84. Варильне відділення відноситься до категорії Д (з високим ступенем пожежо- та вибухонебезпеки). Основні види небезпеки у варильному відділенні пов'язані із застосуванням механічних апаратів з приводами (під'ємно-транспортних машин та механізмів, електроустановок, теплового обладнання, посудин, які працюють під тиском і та ін.) та наявністю небезпечних зон. Тому всі працівники періодично (2-4 рази на рік) проходять інструктаж з пожежної безпеки, повинні бути ознайомлені з правилами, інструкціями, знати місце розташування вогнегасників, ящику з піском, мати комплект індивідуального захисту.

Система пожежного захисту забезпечується вогнегасними пристроями на технічних конструкціях, системою вентиляції, кондиціонування повітря згідно вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Згідно з ПУЕ за вибухопожежонебезпекою електрообладнання належить до пожежонебезпечної П-Іа; вибухонебезпечної В-Іа.

У варильному відділенні повинно бути оснащено автоматичною сигналізацією і системою автоматичного пожежогасіння. Усі виробничі приміщення повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння. До них належать: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини або повсті, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати); пожежний інструмент (гаки, ломы, сокири тощо).

#### **Загазованість.**

У варильному відділенні у повітря робочої зони виділяється тільки водяна пара, яка не містить шкідливих речовин.

#### **Запиленість.**

За вимогами ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» природний пил знаходиться в повітрі в звичайних умовах мешкання людини в межах концентрацій 0,1... 0,2 мг/м<sup>3</sup>. В промислових центрах, де працюють великі підприємства, його концентрація не буває нижчою від 0,5 мг/м<sup>3</sup>, а на робочих місцях запиленість повітря іноді сягає 100 мг/м<sup>3</sup>. Значення ГДК для нейтрального пилу, не маючого отруйних домішок, дорівнює 10 мг/м<sup>3</sup>.

Для зменшення зернового пилу у варильному відділенні встановлюють аспіраційні системи і витяжні трубопроводи.

#### **Шум.**

У варильному відділенні джерелом шуму є насоси і приводи пристроїв для перемішування. Норми шуму на робочих місцях регламентуються відповідно до вимогам ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» і вказані в таблиці 13.2 [28].

*Таблиця 13.2 – Допустимі рівні шуму*

Робоче місце	Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах із середньо геометричними частотами, Гц									Рівні звуку, еквівалентні дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Оператор варильного відділення	103	99	92	86	83	80	78	76	74	80
Оператор солододробарки	103	99	92	86	83	80	78	76	74	80
Слюсар-ремонтник	103	99	92	86	83	80	78	76	74	80

Засоби захисту від шуму:

- 1) використання засобів індивідуального захисту;
- 2) дистанційне управління, що виключає передачу шуму на робочі місця;
- 3) приміщення в якому розміщене обладнання з підвищеним шумом, повинні бути ізольовані і обладнаними засобами для шумоізоляції.

					<b>ОХОРОНА ПРАЦІ</b>					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						85

## Вібрація

Вібрацію створюють механічні коливання машин, механізмів та їх конструктивних елементів. Для індивідуального захисту використовують антивібраційні рукавиці і гумове взуття. Вібрація на робочих місцях не повинна перевищувати граничні допустимі норми, які вказані в ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

В ДСН 3.3.6.039-99 наведені нормативні показники: віброшвидкість (м/с); віброприскорення (м/с<sup>2</sup>); інтенсивність вібрації (дБ).

## Освітлення.

Освітлення в приміщеннях повинно задовольняти вимогам ДБН В.2.5-28- 2006 «Природне і штучне освітлення». Освітленість варильного відділення забезпечується бічним природнім освітленням, яке доповнюють штучним освітленням газорозрядних ламп.

Штучне освітлення може бути робочим, аварійним та евакуаційним. Система загального освітлення повинна забезпечити рівномірне освітлення всього відділення для візуального контролю за перебігом технологічних процесів приготування пивного сусла. Для освітлення робочих місць крім стаціонарних приладів можуть використовуватись переносні світильники. Для освітлення внутрішньої поверхні технологічного обладнання дозволяється використовувати світильники з напругою до 12 В.

Таблиця 13.3 – Нормована освітленість на робочих поверхнях при штучному освітленні за зоровими параметрами (газорозрядні лампи)

Характеристика зорової роботи	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне освітлення, освітленість, лк	Природне освітлення, КПО, е <sub>н</sub> , %		Суміщене освітлення, КПО, е <sub>н</sub> , %	
						комбіноване	бокове	комбіноване	бокове
Малої точності	V	а	малий	темний	400	3	1	1,8	0,6
		б	малий середній	середній темний					
		в	малий середній великий	світлий середній темний					
		г	середній великий великий	світлий світлий середній					

## Забезпечення санітарно-побутовими приміщеннями.

Виходячи з нормативних даних для варильного цеху, в якому працює в одну зміну чотири особи, передбачені окремі чоловічі й жіночі гардеробні з індивідуальними шафами (на два відділення кожна) з числом шаф: 4 — для жінок і 8 для чоловіків (виходячи з двозмінної роботи цеху).

До гардеробних примикають душові з двома душовими відділеннями. У гардеробних встановлені по одному умивальнику і сушарка для сушіння робочого одягу.

					<b>ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

Для забезпечення безпеки і охорони здоров'я працівників варильного відділення передбачено включення конкретних заходів з питань охорони праці, пожежної безпеки, які спрямовані на:

- розробку та забезпечення належного фінансування відповідної програми, покращення стану охорони праці та внесення до неї необхідних корективів;
- вивчення, узагальнення й поширення досвіду роботи в галузі охорони праці та здоров'я кращих підприємств, установ та організацій;
- впровадження на підприємстві безпечної техніки і технологій, ефективних технічних засобів, які забезпечують необхідний рівень охорони праці;
- надання працівникам пільг і компенсацій за важкі та шкідливі умови праці;
- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту відповідно до існуючих вимог;
- надання підприємству кваліфікованої медичної, інформаційної та іншої допомоги у запровадженні або вдосконаленні системи управління охороною праці, а також у проведенні атестації робочих місць за умовами праці із залученням кваліфікованих спеціалістів:
- організацію навчання, підвищення кваліфікації та перевірку знань з питань охорони праці, пожежної безпеки керівних працівників і спеціалістів, представників профспілок підприємств та працівників відділення;
- підтримку у створенні належної бази нормативно-правових актів з охорони праці, пожежної безпеки та безпеки дорожнього руху на підприємствах, забезпечення їх навчальною і методичною літературою та засобами агітації з охорони праці та здоров'я.

					<b>ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи був проведений аналіз інноваційних способів приготування пивного сусла, описані енергозберігаючі способи, їх переваги і недоліки. З метою інтенсифікації процесів приготування проєктованих сортів пива обрані ефективні технології та обґрунтовано оптимальні технологічні режими технологічних процесів:

1. Транспортування солоду і несолоджених матеріалів із зерносховища відбувається за допомогою норії і шнекових транспортерів.

2. Солод подрібнюють у дробарці мокрою подрібнення. При подрібненні оболонки зерна залишаються цілими і стають еластичними; при цьому зменшується розчинність гірких дубильних речовин оболонок, підвищується ефективність фільтрування заторів. Подрібнення несолодженої сировини здійснюють у двохвальцевій дробарці сухого подрібнення.

3. Затирання солоду і несолодженої сировини відбувається одновідварним способом. Для виключення утворення комків під час змішування подрібнених зернопродуктів з водою встановлений передзаторний апарат.

4. Для ефективного ферментативного оцукрення крохмалю передбачено підкислення заторів до кислотності 5,1-5,2 шляхом внесення у затір розчину молочної кислоти.

5. Фільтрування заторів відбувається у сучасному автоматизованому фільтраційному апараті.

6. Для кип'ятіння сусла з хмелем обрано динамічний спосіб за низького надлишкового тиску (320-350 мбар) і температурі 104-106 °С, який дозволяє інтенсифікувати всі процеси, у тому числі видалення небажаних ароматичних летких речовин, зменшити концентрацію у суслі вільного ДМС до нормативних значень (50-60 мкг/дм<sup>3</sup>), скоротити час кип'ятіння від 90 до 60 хв. і зменшити завдяки цьому енерговитрати на 30 %.

7. Використання системи енергозбереження в процесі приготування пивного сусла дає змогу знизити витрати первинної теплової енергії для нагріву сусла та подальшого його кип'ятіння додатково на 30 %.

8. Освітлення пивного сусла відбувається у гідроциклонному апараті «Вірпул», його охолодження передбачено в двохсекційному пластинчастому теплообміннику.

9. Включення в технологічну схему стріпінг-колони фірми «Ziemann» системи «Vogel» дозволяє скоротити час кип'ятіння сусла в суслотоварильному апараті до 40 хв., зменшити енерговитрати у варильному відділенні до 60 %, понизити концентрацію вільного ДМС в пивному суслі до 20-30 мкг/дм<sup>3</sup>, а показник тіобарбітурової кислоти на 31 %.

В кваліфікаційній роботі передбачено приготування наступних сортів пива: «Райдужне світле» (11%), «Подільське світле» (12 %) і «Подільське темне» (13 %). Для приготування проєктованих сортів пива передбачені заходи щодо забезпечення необхідних умов промсанітарії, охорони праці, проведення технохімічного, мікробіологічного та екологічного контролю. Представлені продуктові розрахунки і розрахунки технологічного обладнання.

					<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b>	Арк.
						88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



14. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: підруч. / І.С. Гулий, М.М. Пушанко, Л.О. Орлов та ін. // за ред. І.С. Гулого. — Вінниця: Нова книга, 2001. — 576 с.
15. Основи охорони праці: підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний, Д.В. та ін.; за ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. — К.: Основа, 2006. — 448 с.
16. Охорона праці в галузі: Метод. вказівки до вивч. дисципліни та викон. контрол. роботи для студентів напряму 0917 «Харчова технологія та інженерія» та 0906 «Хімічна технологія та інженерія» ден. та заоч. форм навчання / уклад. М.П. Гандзюк, М.П. Купчик, В.С. Гуць. — К.: НУХТ, 2001. — 36 с.
17. Пиво. Загальні технічні умови: ДСТУ 3888:2015.— [Чинний від 2015-05-28].— К.: Держспоживстандарт України, 2015 р. — 17 с. — (Національний стандарт України).
18. Проценко Л.В. Удосконалення технології пива з використанням хмелю нових сортів. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Київ. НУХТ, 2002. 20 с.
19. Романова З.М. Проектування підприємств галузі: конспект лекцій для студентів спеціальності 6.091700 «Технологія бродильних виробництв і виноробства» денної та заочної форм навчання / З.М. Романова, М.В. Карпутіна. — К.: НУХТ, 2009. — 62 с.
20. Рослинництво. Гранули хмелю. Технічні умови: ДСТУ 7028:2009.— [Чинний від 2009-07-01].— К.: Держспоживстандарт України, 2015 р. — 24 с.— (Національний стандарт України).
21. Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови: ДСТУ 4282:2004. — [Чинний від 2004-10-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2004. — 30 с. — (Національний стандарт України).
22. Технологія солоду, пива та безалкогольних напоїв у задачах і прикладах/ А.Є. Мелетьєв, В.А. Домарецький, С.Р. Тодосійчук та ін.; за ред. А.Є. Мелетьєва. — К.: НУХТ, 2007. — 256 с.
23. Технохімічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв: підручник / А.Є. Мелетьєв, С.Р. Тодосійчук, В.М. Кошова; за ред. А.Є. Мелетьєва. — Вінниця: Нова Книга, 2007. — 392 с.
24. Федоренко, Б.Н. Пивоваренная инженерия: технологическое оборудование отрасли. / Б.Н. Федоренко. — СПб: Профессия, 2009. — 1000 с.
25. Хозиев О.А. Технология пивоварения: учебное пособие. /О.А. Хозиев, А.М. Хозиев, В.Б. Чугкиева. — СПб: Издательство «Лань», 2012. — 560 с.
26. Юхимчук С.Д., Удодов С.О., Марцинкевич Л.В., Таран В.М. Система енергозбереження в процесі приготування пивного сусла // НУХТ, МПК (2006), С12С7/00.
27. Ячмінь. Технічні вимоги: ДСТУ 3769-98. — [Чинний від 1999-01-01]. — К.: Держстандарт України, 1998. — 11 с. — (Національний стандарт України).

#### Електронні ресурси

28. Иванченко О.Б. Роль технологических процессов в содержании свободного ДМС в пиве // <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-tehnologicheskikh-protsesov-v-soderzhanii-svobodnogo-dms-v-pive>

					<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

29. Бререлейрс Р. Стриппинг сусла - технология будущего // Р. Бререлейрс, К. Бодуэн, S.A. Meura. – Режим доступа до ресурсу: <https://cyberleninka.ru/article/n/prostoy-i-effektivnyu-sposob-snizheniya-energozatrata-pri-kiyachanii-pivnogo-susla/viewer>
30. Технологія галузі. Проектування варильного цеху [Електронний ресурс] // Навчальний посібник. – 2013. – Режим доступа до ресурсу: <http://irbis.bti.secna.ru/doc3/2013-13.pdf>.
31. GEA. Зниження енерговитрат [Електронний ресурс] // GEA. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.gea.com/ru/products/ess-energy-storage-system.jsp>.

					<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		