

**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 2023 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри БПБВ

\_\_\_\_\_ Анатолій КУЦ  
(підпис)

«   » лютого 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 181 «Харчові технології»

освітньо-професійної програми «Харчові технології та інженерія»

на тему: **Проект варильного відділення пивзаводу потужністю 10 млн дал пива на рік з інтенсифікацією процесів затирання зернопродуктів**

Виконала: здобувачка 3 курсу, групи ЗТБ-3-1ск

Дідик Юлія Віталіївна  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник Куц Анатолій Михайлович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент Олена СУПРУН-КРЕСТОВА  
(ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

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

\_\_\_\_\_ Юлія ДІДИК  
(підпис)

**Київ – 2023 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

28 жовтня 2022 року

## **З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧЦІ Дідик Юлії Віталіївни**

**1. Тема роботи: Проект варильного відділення пивзаводу потужністю 10 млн дал пива на рік з інтенсифікацією процесів затирання зернопродуктів**

Керівник роботи Куц Анатолій Михайлович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 31 жовтня 2023 року № 776-КС

**2. Строк подання здобувачем роботи** 31 січня 2023 р.

**3. Вихідні дані до роботи** \_\_\_\_\_

1. Норми технологічного проектування.

2. Матеріали, зібрані під час переддипломної практики.

3. Асортимент пива: Львівське – 65 %, Львівське 1715 – 5 %, Львівське різдвяне – 30 %.

4. Сировина, що використовується для виробництва пива: солод ячмінний світлий, темний та карамельний; ячмінь, гранульований хміль. Продуктові розрахунки виконують на 100 кг зернової сировини, 1 дал пива і річну потужність.

**4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)** Титульна сторінка. Завдання на проектування. Анотація (трьома мовами). Зміст. Вступ. 1. Структура підприємства та режими його роботи. 2. Обґрунтування та вибір способів і режимів приготування пивного суслу з інтенсифікацією процесів затирання зернопродуктів. 3. Характеристика проектованої продукції, сировини, основних і допоміжних матеріалів. 4. Технологічні розрахунки. 5. Розрахунки та підбір технологічного обладнання. 6. Технохімічний і мікробіологічний контроль виробництва та його метрологічне забезпечення. 7. Охорона праці. Загальні висновки. Список використаної літератури.

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

Апаратурно-технологічна схема – 1 аркуш

Демонстраційний плакат – 1 аркуш

## 6. Консультанти розділів роботи

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

## 7. Дата видачі завдання – 22 червня 2022 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Структура підприємства та режими його роботи	10.10.22- 15.11.22	Виконано
2.	Обґрунтування та вибір способів та режимів з інтенсифікацією процесів затирання зернопродуктів		
3.	Характеристика проектованої продукції, сировини, основних і допоміжних матеріалів		
4.	Технологічні розрахунки	16.11.22- 06.12.22	Виконано
5.	Розрахунки та підбір технологічного обладнання		
	<b>1-а атестація</b>	<b>07.12.22</b>	<b>Виконано</b>
6.	Викреслювання апаратурно-технологічної схеми	07.12.22- 30.12.22	Виконано
7.	Оформлення креслення і погодження з керівником		
8.	Технологічний і мікробіологічний контроль виробництва та його метрологічне забезпечення	31.12.22- 06.01.23	Виконано
9.	Охорона праці	07.01.23- 15.01.23	Виконано
10.	Оформлення пояснювальної записки	16.01.23- 30.01.23	Виконано
	<b>2-а атестація</b>	<b>31.01.23</b>	<b>Виконано</b>
11.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	31.01.23- 03.02.23	Виконано
12.	Попередній розгляд роботи на кафедрі		Виконано
13.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	04.02.23- 07.02.23	Виконано
14.	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувач

Юлія ДІДИК

Керівник роботи, доцент

Анатолій КУЦ

## АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній роботі обґрунтована технологія пивного сусла з інтенсифікацією технологічних процесів приготування пивного сусла шляхом використання удосконалених технологічних режимів та сучасного технологічного і допоміжного обладнання. В роботі передбачений випуск трьох сортів пива: Львівське світле, Львівське 1715 та Львівське різдвяне темне, які виробляють із ячмінного світлого, карамельного та темного солоду та ячменю. Наведена структура та режими роботи пивоварного заводу. Охарактеризована проектована продукція, сировина, основні і допоміжні матеріали, на підставі техніко-економічного аналізу обґрунтовані та вибрані способи, режими та обладнання для виробництва пивного сусла.

Подрібнення солоду і ячменю буде здійснюватися сухим способом молотковою дробаркою для забезпечення дрібного фракційного помелу із врахуванням того, що затір буде фільтруватися на автоматизованому фільтр-пресі фірми «Meuca». Застосовується одновідварний спосіб затирання солоду і несолодженої сировини у сучасних заторних апаратах, оснащених мішалками з профільованими плечами. Шляхом внесення молочної кислоти затір підкислюється до рН 5,2...5,3 оптимального для дії амілолітичних ферментів, що оцукрюють крохмал і високомолекулярні декстрини.

Задля кип'ятіння сусла з хмелем динамічним способом за низького надлишкового тиску використати суслотварильний апарат фірми Steinecker з подвійним відбивним екраном та енергозберігаючу установку. Охмелене сусла буде освітлюватися у в гідроциклонному апараті типу «Вірпул», а охолодження освітленого сусла – в двосекційному пластинчастому теплообміннику.

Запропоновано використання стріпінгу освітленого сусла для покращення його якості за рахунок інтенсифікації видалення небажаних ароматичних речовин та ДМС.

Виконані продуктові розрахунки продуктів, основних та допоміжних матеріалів, на підставі яких розраховано технологічне і допоміжне обладнання. Розроблені схеми технохімічного і мікробіологічного контролю виробництва з метрологічним забезпечення їх та заходи з охорони праці у варильному відділенні.

**Ключові слова:** різні типи солоду, гранульований хміль, пивне сусло, автоматизований фільтр-прес, затирання, фільтрування, стріпінг сусла

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

## ANOTATION

In the qualification work, the technology of beer wort is substantiated with the intensification of technological processes of beer wort preparation through the use of improved technological modes and modern technological and auxiliary equipment.

The work envisages the release of three types of beer: Lvivske light, Lvivske 1715 and Lvivske Christmas dark, which are produced from barley light, caramel and dark malt and barley. The structure and modes of operation of the brewery are given. The designed products, raw materials, main and auxiliary materials are characterized, based on the technical and economic analysis justified and selected methods, regimes and equipment for the production of beer wort.

Grinding of malt and barley will be carried out in a dry way with a hammer crusher to ensure a fine fractional grinding, taking into account that the mash will be filtered on an automated filter press of the Meura company. A single-boil method of mashing malt and unmalted raw materials is used in modern mashing machines equipped with agitators with profiled shoulders. By adding lactic acid, the mash is acidified to a pH of 5.2...5.3, which is optimal for the action of amylolytic enzymes that saccharify starch and high molecular weight dextrans.

In order to boil wort with hops in a dynamic way under low overpressure, use a Steinesker wort machine with a double reflective screen. The hopped wort will be clarified in a "Whirlpool" type hydrocyclone apparatus, and the clarified wort will be cooled in a two-section plate heat exchanger. It is proposed to use the stripping of clarified wort to improve its quality due to the intensification of the removal of unwanted aromatic substances and DMS.

Product calculations of products, main and auxiliary materials, on the basis of which technological and auxiliary equipment were calculated, were performed. Schemes of technochemical and microbiological control of production with metrological support and labor protection measures in the cooking department have been developed.

**Key words:** different types of malt, granulated hops, beer wort, automated filter press, mashing, filtering, wort stripping.

					<i>Анотація</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

## ABSTRACT

V kvalifikačnej práci je technológia mladiny podložená zintenzívnením technologických procesov prípravy mladiny využitím zdokonalených technologických režimov a moderných technologických a pomocných zariadení.

Práca počíta s uvedením troch druhov piva: Ľvovské svetlé, Ľvovské 1715 a Ľvovské vianočné tmavé, ktoré sa vyrábajú z jačmenného svetlého, karamelového a tmavého sladu a jačmeňa. Uvádza sa štruktúra a režimy prevádzky pivovaru. Navrhnuté produkty, suroviny, hlavné a pomocné suroviny sú charakterizované na základe technicko-ekonomickej analýzy odôvodnené a vybrané metódy, režimy a zariadenia na výrobu mladiny.

Mletie sladu a jačmeňa bude realizované suchým spôsobom kladivovým drvičom, aby sa zabezpečilo jemné frakčné mletie, s ohľadom na to, že rmut bude filtrovaný na automatizovanom kalolisu firmy Meura. V moderných rmutovacích strojoch vybavených miešadlami s profilovanými ramenami sa používa jednovarný spôsob rmutovania sladu a nesladových surovín. Pridaním kyseliny mliečnej sa rmut okyslí na pH 5,2...5,3, čo je optimálne pre pôsobenie amylolytických enzýmov, ktoré sacharizujú škrob a vysokomolekulárne dextríny.

Na dynamické varenie mladiny s chmeľom pri nízkom pretlaku použite stroj Steinesker s dvojitou reflexnou clonou. Chmelená mladina sa vyčirí v hydrocyklónovom zariadení typu "Whirlpool" a vyčerená mladina sa ochladí v dvojdielnom doskovom výmenníku tepla. Na zlepšenie kvality sa navrhuje použiť stripovanie vyčirenej mladiny z dôvodu zintenzívnenia odstraňovania nežiaducich aromatických látok a DMS.

Vykonali sa produktové kalkulácie produktov, hlavných a pomocných materiálov, na základe ktorých boli kalkulované technologické a pomocné zariadenia. Boli vypracované schémy technochemickej a mikrobiologickej kontroly výroby s metrologickou podporou a opatreniami na ochranu práce v oddelení varenia.

**Kľúčové slová:** rôzne druhy sladu, granulovaný chmeľ, mladina, automatizovaný kalolis, rmutovanie, filtrovanie, odlupovanie mladiny

					Анотація	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
1 СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ.....	10
1.1 Структура підприємства.....	10
1.2 Режим роботи підприємства .....	10
2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ПІВНОГО СУСЛА З ІНТЕНСИФІКАЦІЄЮ ПРОЦЕСІВ ЗАТИРАННЯ ЗЕРНОПРОДУКТІВ.....	11
2.1 Асортимент проекрованої продукції.....	11
2.2 Принципова технологічна схема .....	12
2.3 Аналіз і вибір технологічних способів та режимів приготування півного сусла з використанням ресурсо- та енергозберігаючих технологій .	13
2.4 Опис апаратурно-технологічної схеми.....	27
3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	29
3.1 Характеристика проектованих сортів пива .....	29
3.2 Характеристика сировини .....	32
3.3 Характеристика основних і допоміжних матеріалів .....	37
4 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	38
4.1 Вихідні дані до технологічних розрахунків .....	38
4.2 Продуктові розрахунки .....	38
5 РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	50
6 ТЕХНОХІМІЧНИЙ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА ТА ЙОГО МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....	57
7 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	66

					Проект варильного відділення пивзаводу потужністю 10 млн дал пива на рік з інтенсифікацією процесів затирання зернопродуктів			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Дідик Ю.В.			<b>ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Консул.							7	66
Керівн.		Куц А.М.				НУХТ ННІХТ ЗТБ–3–1ск, 2023		
Зав. каф.		Куц А.М.						

## ВСТУП

Пиво – це насичений діоксидом вуглецю, тонізуючий пінистий напій, що одержується під час бродіння охмеленого сусла пивними дріжджами. Технологія пива – це складне виробництво, що об'єднує взаємопов'язані різноманітні механічні, біохімічні, мікробіологічні та фізико-хімічні процеси. Від ефективності їх здійснення залежить якість пива.

Якість пива в більшій мірі залежить від якості пивного сусла, тому варильний цех є серцем пивоварного заводу. Від ефективності та стабільності його роботи залежить продуктивність інших відділень.

В сучасних умовах високої конкуренції товарної продукції різних виробників, високих цін на енергоносії пріоритетним напрямком в пивоварінні є впровадження ресурсо- та енергозберігаючих технологій, які дозволяють отримати продукцію підвищеної якості та скоротити кількість відходів виробництва.

При виконанні кваліфікаційної роботи був виконаний техніко-економічний аналіз відомих технологічних способів, використано досвід провідних підприємств та результати наукових досліджень дослідження, з питань удосконалення та інтенсифікацію процесів отримання високоякісного пивного сусла. Актуальною задачею є інтенсифікації технологічних процесів приготування пивного сусла, скорочення енерговитрат при його кип'ятінні і підвищення якості.

Роботою передбачено виробництво таких сортів пива як Львівське, Львівське 1715, Львівське різдвяне, що виготовляються із ячмінного світлого, карамельного, темного солоду та несолодженої сировини у вигляді ячменю. Потужність проектного підприємства 10,0 млн дал на рік.

Транспортування солоду і ячменю запропоновано здійснювати за допомогою норії та шнекового транспортеру, а очищення зернопродуктів від зернових, мінеральних та металевих домішок – повітряно-ситовими та магнітними сепараторами. Подрібнення солоду і ячменю буде здійснюватися сухим способом молотковою дробаркою для забезпечення дрібного фракційного помелу із врахуванням того, що затір буде фільтруватися на автоматизованому фільтр-пресі фірми «Meuca». Такий захід сприятиме більшому переходу в сусло екстрактивних речовин зернопродуктів, здійснювати у варильному відділенні до 12 варок на добу, отримати дробину вологістю до 32 %, що зменшить об'єм її та енерговитрати на транспортування.

Застосувати одновідварний спосіб затирання солоду і несолодженої сировини у сучасних заторних апаратах, оснащених мішалками з профільованими плечами, завдяки чому збільшити потужність заторного апарату до 20 %..

Задля кип'ятіння сусла з хмелем динамічним способом за низького надлишкового тиску використати суслотварильний апарат фірми Steinecker з подвійним відбивним екраном. Задля зниження енерговитрат на кип'ятіння сусла з хмелем до 30 % передбачено для попереднього нагрівання сусла, що

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

подається в сушварильний апарат, використання теплоти вторинної пари шляхом включення в технологічну схему енергозберігаючої установки.

Охмелене сусле буде освітлюватися у в гідроциклонному апараті типу «Вірпул», а охолодження освітленого сусле – в двосекційному пластинчастому теплообміннику.

Запропоновано використання стріпінгу освітленого сусле для покращення його якості за рахунок інтенсифікації видалення небажаних ароматичних речовин та ДМС, завдяки чому тривалість кип'ятіння зменшується до 40...50 хв, скорочуються витрати гріючої пари, а концентрація ДМС зменшується до 20...30 мкг/дм<sup>3</sup>.

Пояснювальна записка викладена на 67 сторінках і складається з 6 розділів, анотації, вступу та загальних висновків. Графічний матеріал включає 2 аркуші формату А3 на яких подані апаратно-технологічна схему варильного відділення пивоварного заводу та демонстраційний плакат.

					<i>Вступ</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ

## 1.1 Структура підприємства

Основними відділеннями сучасного пивоварного заводу є:  
сховище елеваторного типу, в якому зберігають зерно для виробництва солоду, солод та несолоджені зернопродукти;

солодовий цех, до складу якого входять ділянки:

- підготовче;
- замочна;
- солодоростильна;
- сушільне;

варильне відділення;

бродильне відділення;

фільтраційне відділення;

цехи розливу;

експедиція.

До допоміжних відділень пивоварного підприємства відносяться:

холодильно-компресорний цех;

транспортний цех;

електродільниця;

ремонтно-механічний цех;

насосна станція.

## 1.2 Режим роботи цеху

Керівництво підприємства працює в одну зміну по 8 годин 5 днів на тиждень. Кількість робочих днів – 323.

Основне виробництво працює безперервно у дві зміни по 12 год кожна. Цехи розливу працюють у три зміни по 8 год. Режими роботи підрозділів підприємства наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Режими роботи цехів і відділень

№ п/п	Цеха та відділення	Початок зміни, год.	Кінець зміни, год.	Перерва, год.	Тривалість зміни, год.
1.	Керівництво заводу (працюють по однозмінному режиму)	8 <sup>30</sup>	17 <sup>00</sup>	13 <sup>00</sup> - 13 <sup>30</sup>	8 <sup>00</sup>
2.	Основні цехи, що працюють у 2-ві зміни				
	1 зміна	8 <sup>00</sup>	20 <sup>00</sup>	13 <sup>00</sup> - 13 <sup>30</sup>	12 <sup>00</sup>
	2 зміни	20 <sup>00</sup>	8 <sup>00</sup>	1 <sup>00</sup> - 1 <sup>30</sup>	12 <sup>00</sup>
3.	Цехи розливу				
	1 зміна	7 <sup>30</sup>	14 <sup>30</sup>	11 <sup>00</sup> - 12 <sup>30</sup>	6 <sup>30</sup>
	2 зміна	14 <sup>30</sup>	23 <sup>30</sup>	19 <sup>00</sup> - 19 <sup>30</sup>	8 <sup>00</sup>
	3 зміна	23 <sup>30</sup>	7 <sup>30</sup>	3 <sup>00</sup> - 3 <sup>30</sup>	8 <sup>00</sup>
4.	Допоміжні цехи	8 <sup>30</sup>	17 <sup>15</sup>	13 <sup>00</sup> - 13 <sup>30</sup>	8 <sup>15</sup>

					Структура підприємства та режим його роботи	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

## 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА З ІНТЕНСИФІКАЦІЄЮ ПРОЦЕСІВ ЗАТИРАННЯ ЗЕРНОПРОДУКТІВ

### 2.1 Обґрунтування асортименту проектованої продукції

Виробництво пива суттєво відрізняється від виробництва інших продуктів. Пиво – це насичений діоксидом вуглецю пінистий напій, отриманий внаслідок зброджування охмеленого сусла пивними дріжджами. Всі сорти пива містять від 4,0 до 7,9 % об. спирту і від 0,3 до 0,5 % діоксиду вуглецю.

Сорт пива, залежить від виду і якості зернової сировини до якої належать світлий ячмінний солод, спеціальні барвні і ароматичні солоди, несоложені матеріали — ячмінь, цукор та інші. Екстрактивні речовини сусла і пива представлені полі- і моносахаридами, білками, пептидами, амінокислотами та іншими органічними речовинами, мінеральними солями і водорозчинними вітамінами. Саме вони забезпечують смак пива та повноту його [4, 15].

Пиво із ячмінного солоду залежно від кольору виробляється трьох типів: світле, напівтемне та темне, а із пшеничного солоду — двох типів: світле та темне. Різниця в кольорі пива обумовлена, в першу чергу, застосованою сировиною

Пиво також поділяють на фільтроване та нефільтроване; нефільтроване — на освітлене та неосвітлене, а за способом обробки — на пастеризоване та непастеризоване.

Пиво залежно від масової частки спирту, одержаної внаслідок зброджування охмеленого сусла, поділяється на безалкогольне та слабоалкогольне [4].

В кваліфікаційній роботі передбачено випуск пива Львівське з масовою часткою сухих речовин в початковому суслі 12 %, Львівське 1715 з масовою часткою сухих речовин в початковому суслі 14,5 %, Львівське різдвяне з масовою часткою сухих речовин в початковому суслі 13 %. Продуктивність заводу 10,0 млн дал/рік.

У табл. 2.1 наведений асортимент та обсяг виробництва проектованих сортів пива.

**Таблиця 2.1 – Асортимент та обсяг виробництва проектованих сортів пива**

Найменування сорту пива	Відсоток від загальної кількості, %	Виробництво на		Розливається у	
		рік, млн дал	добу, тис. дал	скляну пляшку місткістю 0,5 дм <sup>3</sup> , млн дал	кеги місткістю 5 дм <sup>3</sup> , млн дал
Львівське	65	6,5	18,0	1,625	4,875
Львівське 1715	5	0,5	1,38	0,5	—

<i>Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пивного сусла з використанням ресурсо- та енергозберігаючих технологій</i>					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	11

Львівське різдвяне	30	3,0	8,3	3,0	–
<b>Всього</b>	100	10,0	27,68	5,125	4,875

## 2.2 Принципова технологічна схема

Принципова технологічна схема приготування пивного сусла наведена на рис. 2.1.

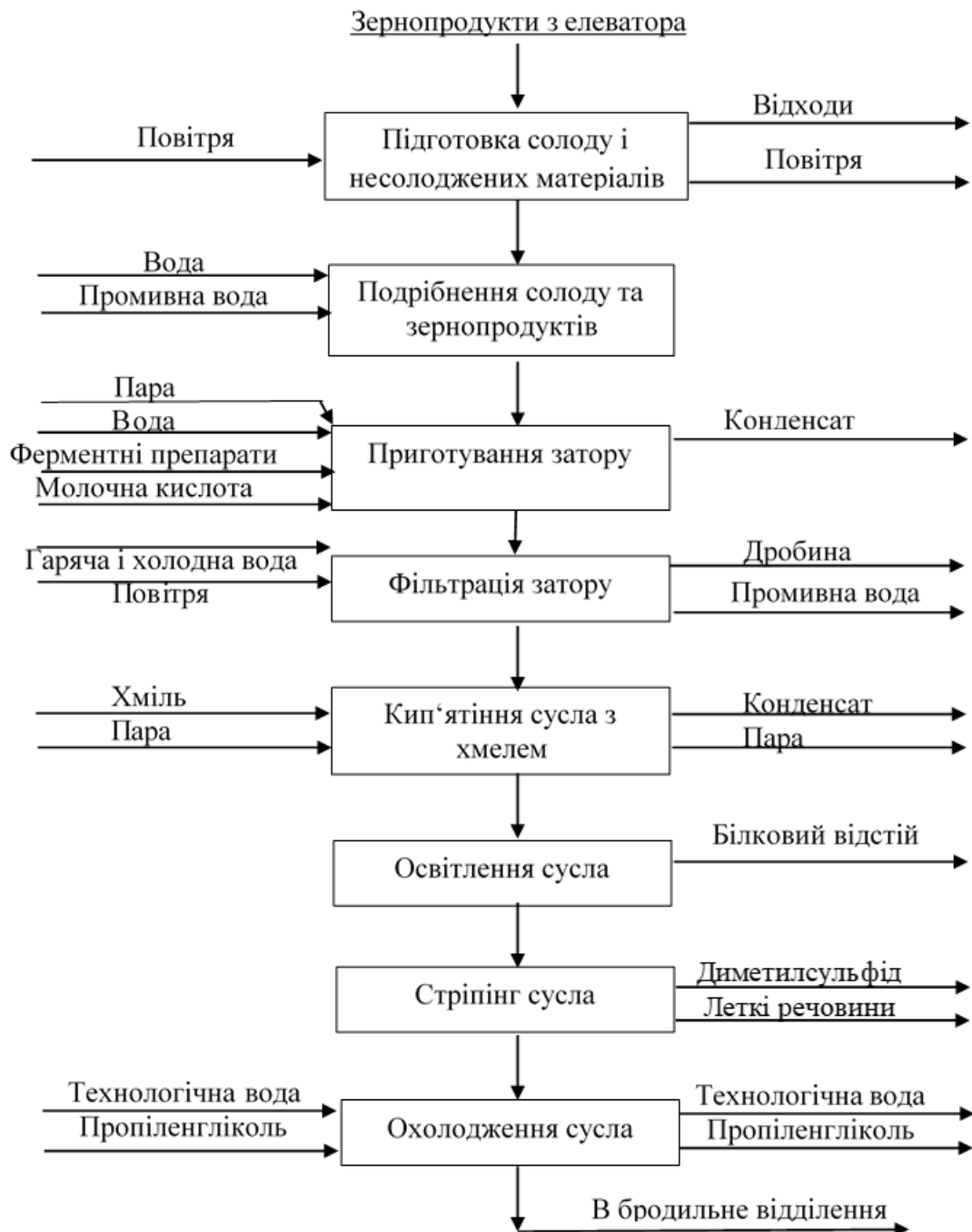


Рис. 2.1 – Принципова технологічна схема приготування пивного сусла

## 2.3 Аналіз і вибір технологічних способів та режимів приготування пивного сусла з використанням ресурсо- та енергозберігаючих технологій

До складу варильного відділення входять дві дільниці – дробильна і варильна. Солод і несолоджена сировина приймаються, очищаються, зважуються та подрібнюються у дробильному відділенні. Також на дільниці здійснюється облік сировини, що надійшла на виробництво. Під час приймання та очищення зернової сировини на повітряно-ситовому сепараторі виділяється пил, який вилучається аспіраційною системою.

Пивне сусло у варильному відділенні отримують внаслідок здійснення наступних технологічних операцій:

- приготування затору шляхом змішування подрібнених зернопродуктів з теплою водою та затирання;
- фільтрування затору;
- кип'ятіння сусла з хмелем;
- освітлення та охолодження пивного сусла.

**Очищення солоду.** Солод від сміттєвих, металевих та інших домішок звільняють на повітряно-ситових та магнітних сепараторах [1, 9]. Повітряно-ситові сепаратори використовують для вилучення домішок, що відрізняються від зерна за розмірами та товщиною (шириною) або аеродинамічними властивостями. Вміст домішок в очищеному зерні повинен бути менше ніж 1 %. Магнітні сепаратори застосовують для видалення дрібних металевих домішок, що містяться в зернопродуктах.

**Подрібнення солоду.** Мета подрібнення солоду та несолодованих зернопродуктах – інтенсифікація та прискорення фізичних і біохімічних процесів під час затирання з задля максимального розчинення та розчинення в суслі екстрактивних речовин. Величина помелу зернопродуктов суттєво впливає на процеси затирання, що обумовлено поверхнею контакту часток, що контактують із ферментами, яка зростає у дрібноподрібнених продуктах.

Основними способами подрібнення солоду є:

- сухе;
- мокре;
- кондиційоване.

Залежно від способу, що застосовується, здійснюються наступні операції

1. У разі сухого подрібнення: подрібнення солоду з видаленням утворюваного пилу, що утворився (аспірація);

Суттєвим недоліком сухого подрібнення солоду є потреба обладнання дробарки високоефективною аспірацією. Це пов'язано з тим, що під час подрібнення із-за нещільної конструкції дробарки в приміщенні утворюється велика кількість солодового борошністого пилу. За високої концентрації пилу в повітрі може відбутися від іскри вибух.

2. У разі кондиційованого подрібнення: зволоження солоду, його подрібнення і аспірація;

					Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пивного сусла з використанням ресурсо- та енергозберігаючих технологій	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Переваги такого способу полягають в тому, що оболонки стають еластичнішими і тому менше руйнуються; об'єм оболонок збільшується на 10...20 %. Тому, при фільтруванні заторів на фільтрувальному апараті утворюється більш пухкий фільтрувальний шар, що сприяє підвищеній швидкості фільтрування.

До недоліків відноситься збільшення витрат на придбання і обслуговування обладнання та потреба частішого очищення дробарки.

3. У разі мокрого подрібнення: попереднє зволоження солоду, подрібнення його, змішування подрібненого солоду з водою в заданому співвідношенні, гомогенізація, коректування рН, транспортування суміші у заторний апарат.

За цим способом оболонка солоду зволожується під час замочування до вологості 20...22 % і тому практично не руйнується при подрібненні. Затор виходить легким і пухким, а фільтрування проходить швидше, що зменшує загальну тривалість процесу. Солод і вода змішуються, отримана суміш подається в заторний апарат. До недоліків способу відноситься підвищена вартість подрібнення солоду і потреба ретельного дотримання вимог санітарії.

У кваліфікаційній роботі пропонується подрібнення солоду та несолодженої сировини здійснювати сухим способом. Під час подрібнення відбувається руйнування оболонки зерна і подрібнення ендосперму з утворенням лузги, великої і дрібної крупки та борошна, співвідношення між якими обумовлені застосування фільтраційного апарату чи фільтр-пресу для фільтрування затору [8].

*Молоткові дробарки.* Ротор обертає змінні сталеві бичі з круговою швидкістю 60...100 м/с і розбиває зерна солоду, поки частки не проваляться через отвір нерухомо встановленого ситчастого барабана. За такого помелу утворюються дуже тонкі частки. Вони проходять через отвори сита, розмір яких визначає тонкість помелу та продуктивність дробарки.

Молоткові дробарки бувають з горизонтально розташованим валом ротора або з вертикально розташованим валом ротора.

Молоткова дробарка (рис. 2.2) складається з корпусу (1), в якому розташовані молотки (3). Зерна солоду, що входять тонким струменем, в корпусі захоплюються та дробляться сталевими молотками і розділяються за допомогою циліндричного сита із дрібними отворами (6). Подрібнений матеріал попадає у воронку та віддаляється через шлюзовий затвор.

					<i>Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пивного суслу з використанням ресурсо- та енергозберігаючих технологій</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

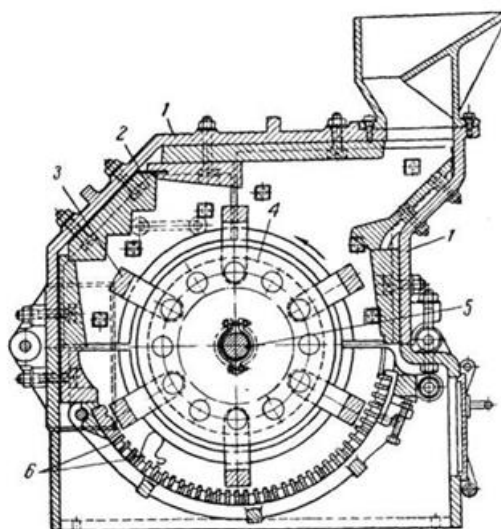


Рис. 2.2 – Схема молоткової дробарки

При використанні молоткової дробарки можна досягти інтенсифікації затирання (за рахунок збільшення виходу екстракту, яке пов'язано зі збільшенням площі дії ферментів на подрібнений солод) та фільтрування затору [8].

Порівняльна характеристика молоткової та валкової дробарок наведена в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Порівняльна характеристика різних типів дробарок

Ситова фракція	Фракційний помел солоду, %	
	молоткова дробарка	валкова дробарка
Лузга	1,0	20
Крупна крупка	3,6	16,7
Дрібна крупка I	20,9	10
Дрібна крупка II	39,1	23,3
Борошно	30,8	27
Пудра	4,6	3

В кваліфікаційній роботі для подрібнення солоду і ячменю пропонується використати сучасні молоткові дробарки фірми Meuga. Це дозволить здійснювати дрібнодисперсне подрібнення і підвищити вихід екстрактивних речовин у сусло. При цьому зерно подрібнюється в сухому стані без попереднього замочування чи зволоження.

**Затирання.** Затирання подрібненого солоду і несолоджених зернопродуктів здійснюється в заторних апаратах. Заторний апарат виготовлено з нержавіючої сталі, він має циліндричну форму, сферичне дно і куполоподібну кришку. Для парового опалення він оснащений паровою сорочкою, на його кришці є витяжна труба для відведення вторинної пари. Циліндрична поверхня затираального апарата покрита теплоізоляційним шаром. Змішування затору в апараті здійснюється за допомогою пропелерної мішалки. Робочий об'єм приладу 600 Гл [15].

*Метою затирання зернових продуктів є переведення в розчин якомога більшої кількості екстрактивних речовин зернових продуктів і приготування сусла потрібного складу. Існуючі способи затирання поділяють на дві групи:*

- ✓ настійні (інфузійні);
- ✓ відварні (декокційні).

Настійні способи затирання характеризуються тим, що температура всього затору поступово підвищується до 75 °С і затор певний час витримують за характерних температур. Настійний спосіб застосовують тільки при переробці солоду високої якості. Пивні затори виготовлені цим способом багаті на ферменти, але при переробці солоду з недостатнім ступенем розчинення вихід екстракту буде нижчий.

Відварні способи передбачають підвищення температури затору за рахунок кип'ятіння його частин і змішування їх з основною масою затору. Відварні способи застосовуються у трьох модифікаціях, а саме з однією, двома й трьома відварними. За тривідварного способу кип'ятіння зазнає до 75 % всього затору, за двовідварного – до 60 % і за одновідварного – до 50 %.

*Інноваційні способи затирання [8, 9]:*

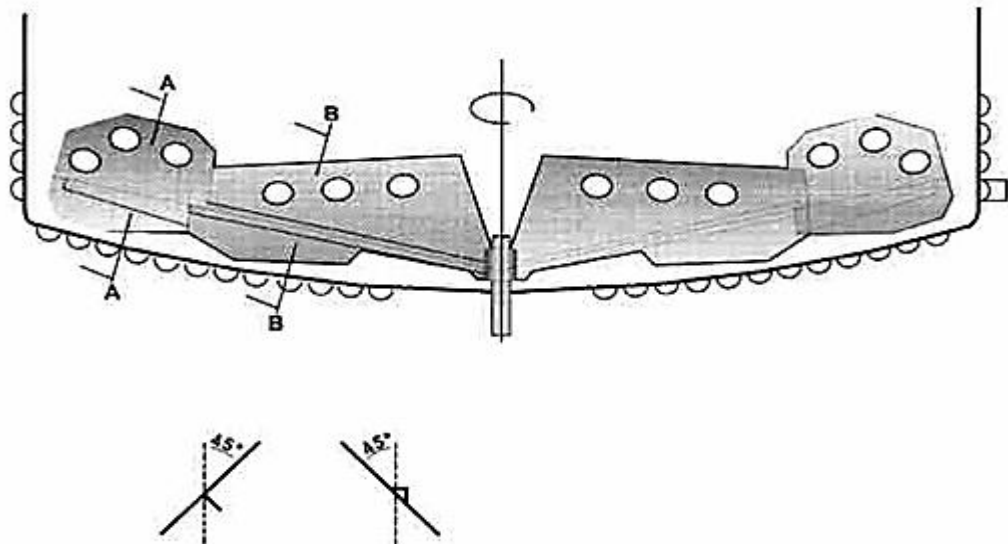
1. Активна кислотність солодового затору (рН) становить 5,6...5,8. При використанні води з підвищеною лужністю рН заторів може підвищуватись до 5,8...6,0, що значно перевищує оптимальні значення для основних гідролітичних ферментів солоду. Тому доцільним є підкислення заторів до рН 5,2...5,3 за допомогою молочної, ортофосфорної кислот, а також шляхом внесення в затор гіпсу і хлористого кальцію. Сучасним і перспективним методом є біологічне підкислення заторів, яке полягає у тому, що у спеціальному відділенні, облаштованому пропагаротами і накопичувальним танком, вирощують на суслі відповідні штами молочнокислих бактерій до вмісту у середовищі 2 %-ї молочної кислоти і отриманим суслем підкислюють затори.

2. Кондиціонування солоду при високій температурі, короткий термін початку затирання, рівномірне перемішування, виключення можливості утворення грудок (включення в технологічну схему передзаторного апарату), відсутність доступу кисню (подрібнення і затирання в атмосфері інертного газу – CO<sub>2</sub>; подача затору і сусла в ємності варильного порядку знизу; використання деаерованої технологічної води на затирання; використання приводів мішалок з частотним регулюванням; висока температура початку затирання (більше 60 °С).

3. Для заторних апаратів запропонований новий тип мішалки з профільованими плечами (рис. 2.3). Їх використання дозволяє підвищити потужність заторного апарату на 20 %.

4. Перекачка заторів відбувається знизу через впускний клапан, який запобігає потраплянню кисню повітря в апарат.

					<i>Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пивного сусла з використанням ресурсо- та енергозберігаючих технологій</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



**Рис. 2.3 – Мішалка нового типу з профільованими плечами**

У кваліфікаційній роботі передбачено застосування одновідварного способу затирання з кип'ятінням густої частини затору. Оскільки, порівняно з іншими такий спосіб має такі переваги: густа маса затору підлягає кип'ятінню, тоді, як рідку частину його, багату на ферменти, не піддають дії високих температур. Цей спосіб також виключає повторне кип'ятіння, що може зумовлювати руйнування великих часток оболонки, а також дає змогу переробляти солод із зниженою оцукрюючою здатністю. За зменшених витрат енергії та тривалості одновідварний спосіб затирання підвищує вихід екстрактивних речовин.

**Фільтрування заторів.** Фільтрування – процес розділення затору на рідку і тверду фази (тверді нерозчинні частинки, які містяться в суслі). Оцукрений затір складається з двох фаз: рідкої (сусло), що містить розчинений екстракт, і твердої (дробини). Розділення сусла від дробини проводять в фільтраційних апаратах або фільтр-пресах [9].

Оптимальний склад фракцій помелу при роботі на фільтр-апараті (у %) наступний: оболонки – 15...18, крупна крупка – 18...22, дрібна крупка – 30...35; борошно – 25...35.

Кваліфікаційна робота передбачає покращення проведення процесу фільтрування пивного затору шляхом на сучасному автоматизованому фільтр-пресі фірми Meuga. Застосування його проводити фільтрування дрібнодисперсних помелів з підвищеним виходом екстрактивних речовин. На першій стадії фільтрування на фільтрувальному апараті фільтрується 69...70 % усього сусла протягом 90 хв. Промивання водою триває 120 хв доки концентрація сухих речовин не зменшиться до 0,5 %. При застосуванні фільтр-преса 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 фільтр-пресах використовують тонкий помел солоду, який отримують на молоткових дробарках і весь процес триває 60...90 хв.

					Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пивного сусла з використанням ресурсо- та енергозберігаючих технологій	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В 1990 році на ринку з'явилося перше покоління автоматизованих фільтр-пресів, представлених фірмою «Меуга», з суттєвим вдосконаленням порівняно з типовим обладнанням, однак за останні роки цей апарат було модернізовано відповідно до потреб сучасного виробництва. Зараз фільтр-прес марки «Меуга» складається з поперемінно-послідовних один за одним мембранно-камерних модулів і ґратчастих поліпропіленових плит з низькою теплопровідністю. Розміри плит – 2,0×1,8 м; у фільтрі може бути до 60 плит. Послідовність операцій при фільтруванні затору наступна [9]:

✓ *Наповнення плит* – затір закачується знизу під надлишковим тиском 0,15...0,2 Бар через нижній канал з двох сторін в мембранно-камерні модулі: перше сусло відразу витікає через серветки ґратчастих плит.

✓ *Фільтрування* – до моменту повного перекачування затору всередині камери створюються оптимальні умови для формування щільного шару дробини, тому що перше сусло безперервно стікає. При цьому перші 10 хв тиск дещо зростає, а потім залишається майже постійним. Коли весь затір пройде через фільтр, всі камери повинні заповнитися дробиною. Збір першого сусла триває близько 20 хв.

*Перше стискування* – після збору першого сусла дробина ущільнюється. За допомогою стиснутого повітря мембрани переміщуються і за надлишкового тиску 0,5...0,6 Бар проводиться стискання дробини і витискування таким чином залишків першого сусла. Цей процес триває близько 5 хв.

*Промивка дробини* – вода закачується знизу (як і затір) і рівномірно розподіляється над поверхнею фільтра. Вода при температурі 78 °С вилужує дробину під час протікання крізь шар дробини і через серветки ґратчастих плит. Цей процес триває максимум 50...55 хв.

*Останнє стискання* – на закінчення дробина ще раз пресується, причому в кінці тиск піднімають до надлишкового, рівного 0,7 Бар. Завдяки цьому інтенсифікується екстрагування і видалення води до вологості дробини 32 %. При такій консистенції дробина добре транспортується. Вміст води в дробини можливо ще більше знизити шляхом ще більшого її стиснення (до надлишкового тиску > 1,2 Бар), проте в цьому випадку дробина виходить настільки суха, що в пневмотранспортному трубопроводі утворюються пробки, які ускладнюють процес транспортування дробини і приводять до зростання енерговитрат на транспортування. Весь процес триває близько 10 хв.

*Вивантажування дробини* – внаслідок розбирання пакету фільтра дробина падає в жолоб і видаляється. Крім того, проводиться контроль на наявність залишків дробини. Процес триває близько 10 хв. Далі фільтр знову збирають для наступного завантаження. Фільтраційні серветки для миття не витягуються, відкривання і закривання фільтра відбувається автоматично, але оператор може за потреби легко перервати цей процес.

Загальний час використання фільтра складає 100...110 хв., що дозволяє здійснити варку за 2 год. і за рахунок цього інтенсифікувати фільтрування заторів від 8 до 12 варок на добу.

					Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пивного сусла з використанням ресурсо- та енергозберігаючих технологій	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Перевага фільтр-пресів порівняно з фільтрувальними апаратами полягає в більш швидкій фільтрування сусла та гарантії визначеної продуктивності. Можливість переробки більш тонкого подрібнення солоду сприяє отриманню більш високих виходів екстракту. Тривалість фільтрування затору менша порівняно з фільтрацією в фільтраційних апаратах [9].

Однак заторний фільтр-прес має і свої недоліки. Підготовка фільтра (збирання, натягування серветок тощо), а також розбирання та мийка фільтра потребують значних витрат часу. При роботі на фільтр-пресі неможливо змінювати кількість засипу та ін.

Сучасні фільтр-апарати та прес-фільтри, можуть забезпечувати фільтрування 12 заторів на добу. Їх обслуговування не трудомістке. Більшість пивоварень використовують сьогодні саме фільтр-апарати сучасної конструкції [1].

Однак варто враховувати, що, при скороченні часу фільтрування досягається вищий вихід екстрактів у варильному цеху, забезпечується стабільне підвищення якості продукції і поліпшення діаграми мутності. При цьому коливання якості сировини не впливають на кінцевий результат.

Тому в кваліфікаційній роботі пропонується використати автоматизований фільтр-прес «Меуга». Його включення дозволить отримати низку переваг: швидку та якісну фільтрування сусла, можливість переробки більш тонкого помелу солоду, що сприяє підвищенню виходу екстракту (на 0,5...1 % більше, у разі використання фільтрувального апарату), скоротити тривалість процесу майже на 1 год, збільшити потужність варильного цеху від 8 до 12 варок на добу, можливість фільтрування заторів з підвищеним вмістом несолоджених зернопродуктів, зменшити витрати води на промивання дробини. Порівняно з фільтр-апаратом вологість дробини зменшується від 85 до 32 %.

**Кип'ятіння сусла з хмелем.** Процеси кип'ятіння і охмелення пивного сусла проводять в суслотоварильних апаратах – циліндричних посудинах з вигнутим днищем і сферичною кришкою, обладнаних двома паровими сорочками, перколятором, витяжною трубою і насосом для перемішування сусла потужністю 10 гкл/хв. Місткість апарата 780 гл, робочий об'єм 600...620 гкл, діаметр 6,0 м; обігрівається парою з тиском 0,4...0,5 МПа. Для охмелення сусла застосовують хмелепродукти у вигляді гранул та екстрактів.

*Метою кип'ятіння сусла з хмелем є стабілізація його хімічного складу шляхом інактивації ферментів, стерилізація сусла, доведення концентрації сухих речовин до початкової шляхом видалення надлишкової води випаровуванням, ізомеризація гірких  $\alpha$ -кислот хмелю, їх розчинення (охмелення сусла), а також збагачення сусла цінними ароматичними речовинами хмелю, коагуляція нестійких білкових речовин. Після кип'ятіння сусла з хмелем отримують охмелене сусло, яке після освітлення і охолодження направляють на бродіння. Кип'ятіння сусла з хмелем вважають одним з основних процесів приготування пивного сусла, що здійснюються у суслотоварильних апаратах з прямим, паровим обігрівом та обігрівом гарячою водою. Кип'ятіння може відбуватися при атмосферному тиску або за*

					Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пивного сусла з використанням ресурсо- та енергозберігаючих технологій	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

низького надлишкового тиску (вище атмосферного при температурі 104...106 °С) [15].

*Кип'ятіння сусла за атмосферного тиску [9].* Метод заснований на нагріванні сусла до температури кипіння при атмосферному тиску (100 °С). Тривалість цього процесу 90 хвилин. Перевагами цього способу є низька вартість обладнання і простота приготування. Але якість отриманого сусла зазвичай гірше, ніж при використанні сучасних методів кип'ятіння. У сітчастих фільтрах з виносним кип'ятильником сусло циркулює через кип'ятильник, який знаходиться поза котлом, обертаючись 7...8 разів на годину.

Сусло постійно знімається з дна апарату для сусла і перекачується через виносний кип'ятильник.

Найчастіше в якості переносного кип'ятильника використовують кожухотрубний теплообмінник, іноді пластинчастий теплообмінник. Сусло перекачується по трубах, пара рухається за течією ззовні. При нагріванні сусла пара охолоджується і конденсується. Виносний кип'ятильник встановлюється вертикально або горизонтально, але з невеликим нахилом для кращого відведення конденсату. Але такий спосіб кип'ятіння має недоліки:

- ✓ потрібні більш високі інвестиційні затрати для придбання обладнання (трубопроводи, теплообмінник, циркуляційний насос), а також на ізоляцію корпусу;

- ✓ примусова циркуляція потребує додаткової електроенергії для перекачки сусла;

- ✓ при великих швидкостях потоку сусла виникає напруга при торканні;

- ✓ потрібні більші виносні площі для установки обладнання, відповідно вища вартість монтажу обладнання;

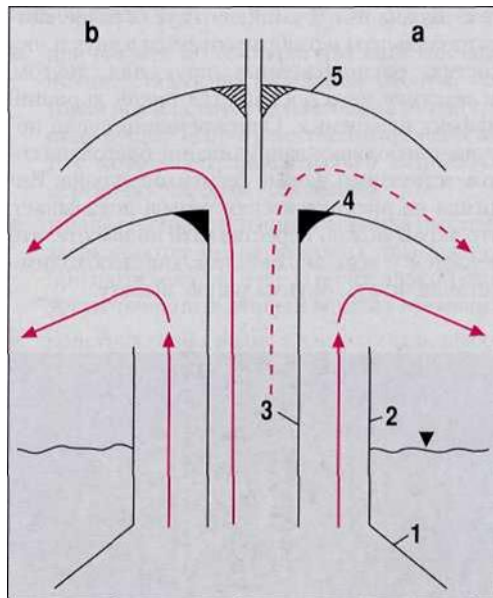
- ✓ підвищення колірності сусла в момент контакту з сильно нагрітою поверхнею виносного кип'ятильника, навіть до карамелізації.

Внутрішній кип'ятильник зазвичай являє собою кожухотрубний теплообмінник, що знаходиться всередині суслотоварильного апарату. В міжтрубний простір безперервно подається грюоча пара, сусла нагрівається до кипіння, піднімається по трубах і циркулює, а пара конденсується.

*Суслотоварильний апарат з подвійним екраном фірми «Steinecker» [9].* У подвійного екрана при більш низьких температурах теплоносія (біля 130 °С) (рис.2.4 (а), правий бік) сусло стискається в першу чергу біля нижнього екрана (4) і за допомогою плавного повороту направляється у зовнішню третину апарату, чим забезпечує добре випарування, тоді як від верхнього екрану (5) стікає лише невелика частина сусла з меншою швидкістю. Ця стадія процесу забезпечує головним чином випаровування небажаних ароматичних речовин.

При максимальній інтенсивності нагріву (температура теплоносія біля 145 °С) (рис. 2.4 (b), лівий бік) сусло, що кипить стискається і направляється через обидва екрани, при цьому виходячи як із внутрішньої (3), так і із зовнішньої випускаючої труби (2). При цьому більш плоский нижній зонт екрану заважає верхньому зонту відкидати сусло до стінок апарату, що могло б привести до небажаних дій дотичних напруг на сусло.

					Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пивного сусла з використанням ресурсо- та енергозберігаючих технологій	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Рис 2.4 – Подвійний екран (типу Steinecker):**

1 – звужуючий конус; 2 – зовнішня випускна труба кип'ятильника; 3 – внутрішня випускна труба кип'ятильника; 4 – нижній екран; 5 – верхній екран;  
 а – кипіння при низькій температурі теплоносія;  
 б – максимальна інтенсивність нагріву

Перевагами цього апарату є: скорочення тривалості кип'ятіння за рахунок більш високих температури і тиску, менша втрата цінних гірких речовин, помірне наростання кольорності, краще випаровування ДМС.

*Динамічне кип'ятіння за низького надлишкового тиску [9].* При динамічному кип'ятінні за низького надлишкового тиску відсутня довготривала стадія витримування при надлишковому тиску, а постійно проводиться почергове підвищення і пониження тиску (рис. 2.5) Зазвичай починають з 10...15 хвилинної стадії попереднього кип'ятіння для проведення коагуляції білка та ізомеризації хмелевих смол. В кінці цієї стадії клапан витяжної труби для вторинної пари закривається і тиск в апараті піднімається до 300...350 мБар. Температура підвищується від 100 до 104...106 °С і підтримується протягом 3...5 хвилин. Потім тиск знижується до 100...150 мБар, а температура відповідно знижується до 101...102 °С. Щоб прискорити зниження тиску, подача гріючої пари перекривається, і водяний регулюючий контур накопичувача енергії вмикається на повну потужність. Після стадії зниження тиску тривалістю 3...5 хв відкривають подачу пари і весь процес повторюється.

					Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пивного суслу з використанням ресурсо- та енергозберігаючих технологій	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21



**Рис. 2.5 – Спосіб динамічного кип'ятіння суслу за низького надлишкового тиску.**

Можливо проводити послідовно один за одним до 6 подібних підвищень і знижень тиску. Регулярне повторення скидів тиску буде забезпечувати значне підвищення інтенсивності та глибини випаровування летких речовин суслу. Більш інтенсивне кип'ятіння призводить до більшого термічного навантаження на сусло, яке не впливає на старіння пива. При цьому відбувається більш повне розщеплення ДМС і його видалення, коагуляція білків, видалення небажаних ароматичних речовин, скорочується час кип'ятіння до 60...70 хв.

Проаналізувавши переваги та недоліки суслотварильних апаратів, у кваліфікаційній роботі запропоновано використання суслотварильного апарату з подвійним екраном і способу динамічного кип'ятіння суслу за низького надлишкового тиску.

Для зниження енерговитрат на процес кип'ятіння в проекті передбачено використання теплоти вторинної пари для попереднього нагріву суслу, що подається в суслотварильний апарат. Для цього в технологічній схемі пропонується включення енергозберігаючої установки. Установка працює наступним чином. Вторинна пара після суслотварильного апарату надходить в міжтрубний простір кожухотрубного теплообмінника і нагріває воду, яка відцентровим насосом подається з нижньої частини енергозберігаючого танка в труби теплообмінника. Температура води зростає від 75 до 97 °C. Нагріта вода надходить у верхню частину танка, і далі за допомогою відцентрового насоса подається на пластинчастий теплообмінник, в який протитоком поступає фільтроване сусло із проміжного збірника. В пластинчастому теплообміннику сусло нагрівається і далі подається в сусло варильний апарат [9].

Хміль є найдорожчою сировиною для виготовлення пива, але його цінні речовини використовуються не повністю. Хміль є незамінною сировиною для

					Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пивного суслу з використанням ресурсів та енергозберігаючих технологій	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробництва пива завдяки наявності в ньому гірких речовин, ефірної олії, поліфенолів. Саме хміль, найбільшою мірою, зумовлює характерні специфічні властивості пива. Найважливішими компонентами хмелю для пивоваріння вважаються ефірна олія та хмелеві смоли. Основною властивістю хмелю є витончений аромат, який при технологічній обробці передається пиву, без стороннього неприємного запаху. В пивоварінні використовують гіркі, ароматичні та гірко-ароматичні сорти хмелю. Найчастіше ароматичні сорти хмелю вносять під час останньої задачі або на етапі сухого охмелення.

Якість хмелю помітно знижується внаслідок природного старіння залежно від умов зберігання. Норма внесення хмелю в сусло при його кип'ятінні залежить від ряду факторів. Перш за все залежить від типу пива. Світле пиво завжди охмеляють сильніше ніж темне, а міцне – сильніше за легке. Найбільш поширені препарати молотого гранульованого і брикетованого хмелю, екстракти ізомеризовані та неізомеризовані, комбіновані препарати меленого хмелю з екстрактами [1].

*Гранульований хміль.* Грануляція хмелю дозволяє зберегти його важливі компоненти. Для цього хміль подрібнюють, а потім формують у вигляді гранул. У вигляді гранул хміль знаходиться в сипкому стані, що полегшує його використання. Розрізняють три види гранул: гранули (тип 90); концентрат гранул (тип 45); ізомеризовані гранули [1].

*Екстракти хмелю.* Екстракція — це вилучення окремих компонентів із твердої речовини за допомогою відповідних розчинників. Рідкий CO<sub>2</sub> або етанол в даний час використовуються як розчинники у виробництві екстрактів хмелю. Ці два розчинники добре підходять для екстрагування хмелю, оскільки повністю розчиняють хмелеві смоли та олії. Результати низки досліджень показують, що в оптимальних умовах з хмелю рідким діоксидом вуглецю витягується більше 95 % альфа-кислот, до 100 % – бета-кислот і 90...95 % ефірного масла. Практично не вилучалися нітрузоаміни, неорганічні солі та пестициди [7].

*Внесення хмелю.* Під час кип'ятіння у сусло добавляють хміль і регулюються такі параметри:

- ✓ дозування хмелепродуктів, кількість і порції продуктів, що задаються;
- ✓ час внесення тої чи іншої порції хмелепродуктів;
- ✓ спосіб внесення хмелепродуктів у сусло – вручну чи автоматизовано.

Норму внесення хмелю і хмелепродуктів розраховують з урахуванням вмісту α-кислоти та показника гіркоти, незалежно від терміну зберігання, однак враховуючи вологість. При високому вмісті α-кислоти в хмелі необхідно змішувати його з іншим видом хмелю так, щоб в середньому вміст α-кислоти був в межах 4,5...5 %, тому що інакше може бути порушено співвідношення гірких і поліфенольних речовин для отримання високої якості пива.

Якщо додають хміль в сусло у вигляді шишок, то для відокремлення хмелевої дробини потрібно викачувати сусло через хмелевідокремлювач [9].

У кваліфікаційній роботі для охмелення пивного сусла буде здійснюватися гранульованим хмелем.

					Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пивного сусла з використанням ресурсо- та енергозберігаючих технологій	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виробництва пива Львівське використовують сорт хмелю Цитра (Citra) – гірко-ароматичний хміль з високим вмістом альфа-кислоти. Цей сорт має ніжний, але в той же час сильний аромат цитрусових з квітковими нотами. Він містить: альфа-кислот – 11,3...14,0 %; бета-кислот – 3,6...3,9 %; альфа/бета рейтинг – 3,4.

Цей сорт добре вписується в світлі сорти пива з яскраво вираженим хмелевим смаком. Інтенсивний аромат і м'який смак привели до того, що цей хміль часто використовують в кінці варки сусла або під час сухого охмелення [9].

Для виготовлення пива Львівське 1715 використовують хміль сорту Магнум. Цей сорт може застосовуватися для всіх сортах пива, як низового бродіння, так і верхового. Він є прикладом для пивоварів всього світу і доводить, що аромат – це не найголовніше в хмелі.

Під час приготування пива хміль Магнум застосовують як гіркий хміль, який додає базову гіркоту пінному напою. Аромат цього сорту хмелю досить незначний, але це відкриває перспективу для інших, більш ароматних сортів. Вносять хміль Магнум, зазвичай, на початку варки, тому що він містить велику кількість альфа-кислот, в межах 12...14 %.

Смако-ароматичні властивості, які Магнум вносить в пиво унікальні. М'який смак готового напою може бути доповнено ароматами інших сортів хмелю.

Кислотний склад хмелю Магнум:

- ✓ альфа-кислот – 11...16 %;
- ✓ бета-кислот – 5...7,0 %;
- ✓ когумулону – 21...29 %;
- ✓ етерних олій – 1,6...2,6 см<sup>3</sup>/100 г.

Вміст етерних олій достатньо високий – близько 2 %, що визначає неповторні характеристики сорту хмелю Магнум [9].

Для виробництва пива Львівське різдвяне обрано хміль сорту Нагет.

Хміль Нагет застосовується у всіх типах пива. Це один з найпопулярніших сортів хмелю, що обумовлено його універсальністю.

Вміст альфа-кислот в цьому сорті хмелю 9,5...14,0 %, що надає йому різку гіркоту. Також використання хмелю Нагет надає готовому пиву легкий трав'янистий аромат.

Нагет також здобув свою популярність завдяки властивості добре зберігати альфа-кислоти при зберіганні (до 70 % при зберіганні 6 місяців при 20 °С).

Кислотний склад хмеля Нагет:

- ✓ альфа-кислот – 9,5...14 %;
- ✓ бета-кислот – 4,2...5,8 %;
- ✓ когумулону – 22 ...0 %;
- ✓ загальний вміст ефірних масел 1,5...3 см<sup>3</sup>/100 г [9].

Інтенсивність хмелевої гіркоти залежить від способу та часу внесення хмелю або хмелепродуктів в сусло. Найчастіше хміль або хмелепродукти вносять до сусла в 2 – 3 прийоми. При внесенні хмелю в сусло в 2 прийоми

					Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пивного сусла з використанням ресурсо- та енергозберігаючих технологій	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

першу більшу частину вносять на початку кип'ятіння, а другу, меншу, потрібно вносити в кінці кип'ятіння. На кожному підприємстві свої способи охмелення сусла залежно від сорту пива і хмелепродуктів, які використовуються.

**Контроль готового сусла.** Перед перекачуванням гарячого сусла у гідроциклонний апарат для освітлення його якості контролюють за наступними показниками: прозорість сусла, йодна проба на ефективність оцукрювання, вихід сусла, екстрактивність сусла.

**Освітлення охмеленого сусла.** Освітлення сусла здійснюють в гідроциклонних апаратах. Гідроциклонний апарат «Вірпул» представляє собою циліндр з конічною кришкою і плоским дном. Гаряче сусло вводять струменем тангенційно через вхідний патрубок із швидкістю 15...20 м/с. Завдяки відцентровій силі відбувається його обертання в апараті, внаслідок чого завислі частинки сусла під дією гідродинамічних сил збираються в центрі днища, де утворюється конус осаду. Після освітлення сусла, яке відбувається протягом 20 хв при температурі 90...95 °С, його перекачують відцентровим насосом в двосекційний пластинчастий теплообмінник на охолодження [9].

**Стріпінг сусла.** Колона для стріпінгу (КС) дозволяє видалити ДМС із гарячого сусла. Стріпінг проводять безпосередньо перед охолодженням сусла. Освітлене сусло подають в ректифікаційну колону з насадкою з нержавіючої сталі зі швидкістю, що залежить від параметрів охолоджувача та продуктивності колони. За необхідності сусло нагрівають до температури кипіння (в залежності від атмосферного тиску) [9].

Враховуючи особливу систему розподілу сусла всередині колони, сусло рівномірно розподіляється по всій поверхні колони та в подальшому проходить через наповнювач з нержавіючої сталі. Наповнювач складається з деталей з випадковою структурою (кільця і хомути), які потрібні для збільшення поверхні контакту з суслим, а отже посиленням теплового впливу при взаємодії пари і сусла. Площа поверхні контакту при використанні різних типів наповнювача може коливатися від 50 до 500 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>.

Для стріпінгу легких сполук пару подають в нижню частину колони за низького тиску. Швидкість подачі пари при цьому повинна складати менше 1,5 % від швидкості потоку сусла. Далі пара конденсується на виході з колони, проходить через конденсатор та перетворюється в конденсат пари з температурою близько 85 °С. Якщо ж сусло входить в колону за температури кипіння, кількість інжектуєної пари дорівнює кількості одержуваного конденсату [9].

					Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пивного сусла з використанням ресурсо- та енергозберігаючих технологій	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

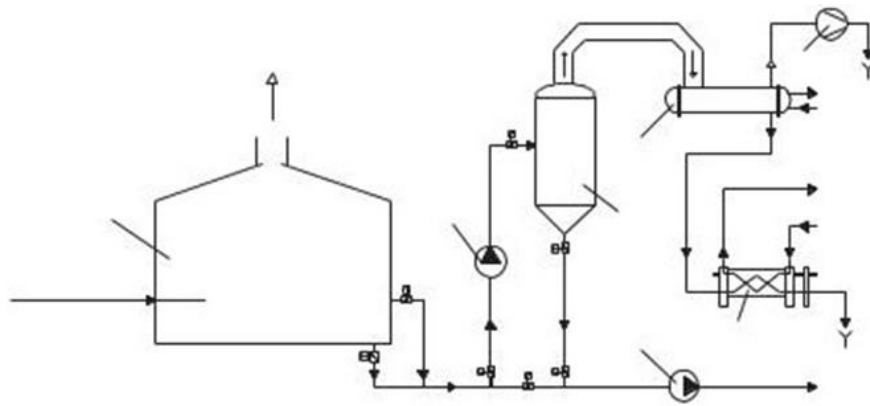


Рис. 2.6 – Принципова схема установки фірми Ziemann

**Технологічні рішення прийняті у роботі.** У рамках кваліфікаційної роботи були прийняті наступні технологічні рішення.

1. Для транспортування солоду і ячменю обрано механічний спосіб (за допомогою норії та шнекового транспортеру). Очищення солоду від смітєвих, металевих та інших домішок відбувається за допомогою повітряно-ситових, магнітних сепараторів.

2. В технологічній схемі обрано використання молоткової дробарки порівняно з більш традиційною для пивоварних виробництв валковою дробаркою і сучасного автоматизованого фільтр-пресу фірми «Meuca».

3. Затирання солоду і несолодженої сировини буде здійснюватися одновідварним способом в сучасних заторних апаратах, оснащених мішалками з профільованими плечами (їх використання дозволяє підвищити потужність заторного апарату на 20 %). Для ефективного оцукрення крохмалю передбачено підкислення заторів молочною кислотою до рН 5,2...5,3.

4. Кип'ятіння сусла з хмелем здійснюється у сусловарильному апараті фірми Steinecker з подвійним відбивним екраном. Для інтенсифікації кип'ятіння сусла обраний динамічний спосіб за низького надлишкового тиску.

5. Задля зниження енерговитрат на кип'ятіння сусла з хмелем на 30 % передбачено використання теплоти вторинної пари для попереднього нагрівання сусла, що подається в сусловарильний апарат, на енергозберігаючій установці.

6. Освітлення охмеленого сусла здійснюється в гідроциклонному апараті «Вірпул», охолодження сусла – в двосекційному пластинчастому теплообміннику.

7. Для покращення якості сусла за рахунок інтенсифікації видалення небажаних ароматичних речовин та ДМС запропоновано використання стріпінгу сусла після його освітлення, що дозволяє скоротити тривалість кип'ятіння від 40...50 хв, скоротити витрати гріючої пари і зменшити концентрацію ДМС до 20...30 мкг/дм<sup>3</sup>.

					Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пивного сусла з використанням ресурсо- та енергозберігаючих технологій	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

## 2.4 Опис апаратурно-технологічної схеми

Шнековим транспортером 1 солод і несолоджену сировину із зерносховища подають та норією 2 на шнековий транспортер 1, звідки вона потрапляє на автоматичні ваги 3 і далі в бункери для світлого, темного, карамельного солоду 4, 5, 6 та бункер для несолодженої сировини 7. Із бункерів 4 і 5 солод надходить на повітряно-ситовий сепаратор 8 для очищення від сторонніх домішок та пилу і магнітний сепаратор 9. Після очищення солод зважується на автоматичних вагах 3 і потрапляє в молоткову дробарку 10. Подрібнений солод надходить в бункер для подрібнених зернопродуктів 11, звідки самопливом поступає в передзаторний апарат 12. Карамельний солод і несолоджена сировина із бункерів 6 і 7 поступає на магнітний сепаратор 9, в якому очищується від металевих домішок, далі зважується на автоматичних вагах 3, після чого самопливом надходить на подрібнення в молотковій дробарці 10. Подрібнений ячмінь попадає в бункер для подрібнених зернопродуктів 11, з якого самопливом поступає в передзаторний апарат 12.

В передзаторний апарат 12 подають холодну, теплу та промивні води, загальна температура суміші становить 40 °С і далі зернову суміш за допомогою шестерінчастого насосу 13 перекачують в заторний апарат 14 знизу.

Затирання здійснюють одновідварним способом. Для цього у заторний апарат набирають 1/2 усієї води температурою 35...40 °С, вмикають мішалку і задають в апарат суміш подрібнених зернопродуктів і води із передзаторного апарату 12, одночасно подаючи решту води. Після витримки затору 20 хв суміш нагрівають до температури 50...52 °С, витримують 20...30 хв, (відбувається білкова пауза), потім при вимкненій мішалці перекачують у відварний апарат 1/3 густої маси. У відварному апараті заторну масу підігрівають до 62...63 °С і витримують 20 хв (мальтозна пауза), далі температуру підвищують до 70...72 °С і витримують 15 хв для оцукрювання крохмалю. При підігріванні й кип'ятінні відбуваються клейстеризація, розчинення та гідроліз крохмалю, подальше перетворення продуктів гідролізу крохмалю, коагуляція та осадження частини білків, інактивація ферментів, стерилізація сусла та утворення меланоїдинів.

Приготовлена заторна маса відцентровим насосом 15 із заторного апарату 14 подається на фільтр-прес 16. Прозоре сусло направляють у суслозбірник 18, а дробину після віджиму на пресі до вологості 32 % направляють у збірник дробини 17. Після вилужування дробини до вмісту сухих речовин 0,5 % промивну воду направляють у збірник 19, в якому нагрівається парою закритим способом до температури 75...80 °С і далі відцентровим насосом 15 перекачують на повторне використання в передзаторний апарат 12.

Відфільтроване сусло із суслозбірника 18 відцентровим насосом 15 подають в пластинчастий теплообмінник 20, в якому сусло підігрівається до температури 95 °С і далі подається в сусловарильний апарат 21 для кип'ятіння

					<i>Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пивного сусла з використанням ресурсо-та енергозберігаючих технологій</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з хмелем. Процес динамічного кипятіння сусла відбувається за низького надлишкового тиску при температурі 104...106 °С. Охмелення сусла відбувається шляхом його циркуляції через хмелевий збірник 27. Для попереднього нагрівання сусла перед подачею в сусловарильний апарат встановлено накопичувач енергії 23, з нижньої частини якого вода з температурою 75 °С за допомогою відцентрового насоса 15 поступає в труби конденсатора теплообмінника 22, в якому підігрівається до температури 97 °С вторинними парами сусловарильного апарату і далі повертається у верхню частину накопичувача енергії 23.

Гаряча вода відцентровим насосом 15 подається в теплообмінник 20, де в протитоці нагріває сусло, що надходить із суслозбірника 18. Сусло у сусловарильному апараті 21 підігрівають до кипіння і кип'ятять протягом 60...70 хв за низького надлишкового тиску. Із сусловарильного апарата 21 сусло насосом 15 тангенціально подають в гідроциклонний апарат типу «Вірпул» 24 через теплообмінник 20, в якому охолоджують сусло до температури 95 °С.

В гідроциклонному апараті 24 відбувається освітлення сусла від білкового осаду. Далі освітлене сусло відцентровим насосом 15 безперервно подають в стріпінг-колону 28, яка працює під розрідженням мінус 0,2 бар. Розрідження створюється за допомогою вакуум-насосу 26. В колоні 28 відбувається випаровування небажаних ароматичних речовин і ДМС, пари яких надходять в між трубний простір конденсатора теплообмінника 22, в якому конденсується. Після проведення стріпінгу сусло виводиться з нижньої частини колони 28.

Охолодження освітленого пивного сусла до початкової температури бродіння здійснюється в двосекційному теплообміннику 20. Після охолодження сусло подають в цех ферментації.

Для технологічних потреб у варильному цеху встановлені напірні збірники гарячої та холодної води 29 і 30.

					<i>Обґрунтування та вибір способів та режимів приготування пивного сусла з використанням ресурсо- та енергозберігаючих технологій</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

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

#### 3.1 Характеристика проєктованих сортів пива

Традиційно пиво виготовляється з води, ячмінного солоду, хмелю, пивних дріжджів. Часто при виробництві додатково застосовуються також несолоджені матеріали, а саме непропорощене рисове, ячмінне, кукурудзяне зерно та борошно, а також інша сировина, яка містить вуглеводи, та інші допоміжні інгредієнти.

У кваліфікаційній роботі розглянуто пиво світле Львівське і Львівське 1715 та пиво темне Львівське різдвяне. Рецептатура проєктованих сортів пива наведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 — Рецептатура проєктованих сортів пива

Найменування сорту пива	Масова частка сухих речовин у початковому суслі, %	Витрата зернопродуктів на 1 дал		Гіркота сусла, г/дал	Примітка
		Найменування зернопродукту	%		
Львівське	12,0	Солод світлий	100	1,2	світле
Львівське 1715	14,5	Солод світлий Солод карамельний	78 22	0,99	світле
Львівське різдвяне	13,0	Солод світлий Солод карамельний Солод темний Ячмінь	40 10 30 20	0,72	темне

Пиво багате корисними речовинами, а саме вітамінами, мінералами та мікроелементами.

Органолептичні та фізико-хімічні показники якості пива за ДСТУ 3888:2015 «Пиво. Загальні технічні умови» наведені в табл. 3.2-3.5 [3].

Таблиця 3.2 – Органолептичні показники якості проєктованих сортів пива

Назва показника	Характеристика					
	фільтроване			нефільтроване: освітлене та неосвітлене		
	світле	напівтемне	темне	світле	напівтемне	темне
Зовнішній вигляд	Прозора піниста рідина, без осаду та сторонніх включень не властивих пиву. Для пшеничного пива допустима опалесценція			Непрозора піниста рідина або прозора з опалесценцією без сторонніх включень не властивих пиву. Допустима наявність дріжджового осаду та часточок білково-дубильних сполук		
Аромат	Чистий, зброджений, солодовий, хмельовий без сторонніх запахів			Чистий, зброджений, солодовий, хмельовий без сторонніх запахів Допустимий слабкий дріжджовий аромат		
	Для пшеничного пива властивий пряний (фенольний) аромат					

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

Смак	Чистий, зброджений, солодовий з хмелювою гіркотою, що відповідає сорту пива, без сторонніх присмаків	Чистий, зброджений, солодовий з помірним присмаком карамельного або паленого солоду, з хмелювою гіркотою, що відповідає сорту пива, без сторонніх присмаків.	Чистий, зброджений, солодовий з вираженою гіркотою, що відповідає сорту пива, без сторонніх присмаків, рисмаком карамельного або паленого солоду, з хмелювою гіркотою	Чистий, зброджений, солодовий з хмелювою гіркотою, що відповідає сорту пива, з присмаком дріжджів, без сторонніх присмаків.	Чистий, зброджений, солодовий з помірним присмаком карамельного або паленого солоду, з присмаком дріжджів, з хмелювою гіркотою, що відповідає сорту пива, без сторонніх присмаків	Чистий, зброджений, солодовий з вираженим присмаком карамельного або паленого солоду, з присмаком дріжджів, з хмелювою гіркотою, що відповідає сорту пива, без сторонніх присмаків.
Для пшеничного пива властивий пряний присмак.						

Таблиця 3.3 – Фізико-хімічні показники якості проєктованих сортів пива

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
Львівське	12	3,4	1,3-3,2	0,2-1,8	0,33
Львівське 1715	14,5	3,8	2,0-3,5	1,9-3,9	0,35
Львівське різдвяне	13	3,2	1,6-3,3	Більше 4,0	0,32
Стійкість пива, діб, не менше					
Фільтроване	Пастеризоване		30	30	30
	Непастеризоване		7	8	8
Нефільтроване	Освітлене		5	5	5
	Неосвітлене		3	3	3

Таблиця 3.4 – Мікробіологічні показники пива

Найменування показника	Норма			Метод випробування	
	Непастеризоване		Пастеризоване		
	пиво в пляшках з масовою часткою сухих речовин, %	пиво розливане фільтроване та нефільтроване	пиво в пляшках, металевих банках та інших видах споживчої тари		
	8...11,5	12...20			
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), БГКП	не допускаються в 3 см <sup>3</sup>	не допускаються в 10 см <sup>3</sup>	не допускаються в 1 см <sup>3</sup>	не допускаються в 10 см <sup>3</sup>	Згідно з чинною НД
Кількість мезофільних аеробних та факультивно-анаеробних мікроорганізмів, не більше ніж, КУО/см <sup>3</sup>	-	-	-	5·10 <sup>2</sup>	Згідно з чинною НД
Патогенні мікроорганізми, в тому числі бактерії роду Сальмонела	не допускаються в 25 см <sup>3</sup>	не допускаються в 25 см <sup>3</sup>	не допускаються в 25 см <sup>3</sup>	не допускаються в 25 см <sup>3</sup>	Згідно з порядком Державного санітарного нагляду

Таблиця 3.5 – ГДК на важкі метали і миш'як та радіонукліди

Найменування показника	Допустимий рівень, мг/кг, не більше ніж	Метод випробування
Свинець	0,3	Згідно з ДСТУ 3888-2015
Кадмій	0,03	Згідно з ДСТУ 3888-2015
Ртуть	0,005	Згідно з ДСТУ 3888-2015
Цинк	10,0	Згідно з ДСТУ 3888-2015
Мідь	5,0	Згідно з ДСТУ 3888-2015
Миш'як	0,2	Згідно з ДСТУ 3888-2015
Цезій 137, БК/кг	600,0	Згідно з ДСТУ 3888-2015
Стронцій 90, БК/кг	200,0	Згідно з ДСТУ 3888-2015

Органолептична оцінка пива здійснюється за наступними показниками: 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. Загальна дегустаційна оцінка світлого пива наведена в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 — Загальна оцінка якості пива

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

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

### 3.2 Характеристика сировини

До основної сировини, що використовується при виробництві пива відносять ячмінний солод, ячмінь, гранульований гіркий та ароматичний хміль. Також надзвичайно важливу роль відіграє вода.

У табл. 3.7 наведено характеристики зернової сировини [17].

Таблиця 3.7 – Характеристики зернової сировини

Найменування сировини	Вологість, %	Екстрактивність, %	Насипна густина, кг/м <sup>3</sup>
Солод світлий	5,6	76,0	530
Солод темний	5,0	74,0	530
Карамельний солод	6,0	72,0	530
Ячмінь	15,0	74,0	500

Органолептичні показники світлого, темного та карамельного солоду наведені у табл. 3.8, а фізико-хімічні – у табл. 3.9 згідно з вимогами ДСТУ 4282:2004 «Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови» [4].

Таблиця 3.8 - Органолептичні показники світлого, темного, карамельного солоду

Найменування показника	Характеристики світлого і темного солоду	Характеристики карамельного солоду
Зовнішній вигляд	Однорідна зернова маса, що не містить запліснявілих та пошкоджених зерен.	Однорідна зернова маса, що не містить запліснявілих та пошкоджених зерен.
Колір	Для солоду високої якості - від світло-жовтого до жовтого. Для солоду I та II класу дозволено сірувато- жовтий.	Від світло-жовтого до брунатного з глянцеvim відливом.
Запах	Солодовий, більш концентрований у темного солоду. Не дозволено кислий, запах плісняви та інші не властиві солоду.	Солодовий. Не дозволено: пригорілий, затхлий і пліснявий та інші не властиві солоду.
Смак	Солодовий, солодкуватий. Не дозволено сторонній присмак.	Солодовий, солодкуватий. Не дозволено сторонній присмак.

Таблиця 3.9 - Фізико-хімічні показники солоду

Найменування показника	Норми для світлого солоду			Темного	Карамельного
	Високої якості	1 класу	2 класу		
1	2	3	4	5	6
Прохід через сито (2,2×20 мм), %, не більше	2,0	3,0	7,0	7,0	7,0
Масова частка смітної домішки, %, не більше	Не дозволено	0,3	0,5	0,3	0,3

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

Закінчення табл. 3.9

1	2	3	4	5	6
Кількість зерен, %:					
Мучнистих, не менше	90,0	85,0	80,0	90,0	90,0
Скляподібних, не більше	2,0	4,0	8,0	5,0	5,0
Темних, не більше	Не дозволено	Не дозволено	4,0	10,0	10,0
Вологість, %, не більше	4,0	5,0	5,8	5,0	5,0
Масова частка екстракту в сухій речовині солоду тонкого помелу, %, не менше	80,0	78,5	76,0	74,0	75,0
Різниця масових часток екстрактів у сухій речовині солоду тонкого і грубого помелу, %	1,0-1,5	1,6-2,5	Не більше 3,5	Не більше 3,5	Не більше 3,6
Масова частка білкових речовин у сухій речовині солоду, %, не більше	10,5	11,0	11,5	-	
Розчинний азот у солоді (на сухій основі), %	0,75-0,70	0,69-0,65	0,64-0,55	-	
Тривалість оцукрення, хв., не більше	10,0	15,0	25,0	-	
Лабораторне сусло:					
Колір, см <sup>3</sup> розчину йоду концентрацією 0,1моль/дм <sup>3</sup> на 100 см <sup>3</sup> води	Не більше 0,18	Не більше 0,23	Не більше 0,40	0,49-1,40	0,49-1,40
Кислотність, см <sup>3</sup> розчину гідроксиду натрію концентрацією 1,0 моль/дм <sup>3</sup> на 100 см <sup>3</sup> сусла	0,9-1,1	0,9-1,2	0,9-1,3	-	
Прозорість (візуально)	Прозоре	Прозоре	Дозволена незначна опалесценція	-	
Кінцевий ступінь зброджування, %	79-81	75-78	74-70	-	
В'язкість, МПа.с за 20 °С	1,45-1,54	1,55-1,60	1,61-1,78	-	

У таблиці 3.10 наведені обмежувальні норми якості гранульованого хмелю згідно ДСТУ 7028:2009 «Гранули хмелю. Технічні умови» [7].

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

Таблиця 3.10 – Обмежувальні норми якості хмелю гранульованого

Найменування показника	Норма
Колір	Від світло-зеленого до зеленого на поверхні гранул і на їх зламі
Кондуктометричний показник гіркоти (масова частка альфа-кислот), % у сухій речовині	не менше 2,5
Вологість, %	7-10
Запах	чисто хмелевий
Вміст не хмелевих домішок	не допускається
Наявність плісняви	не допускається

В рецептурі для сорту пива Львівське різдвяне передбачено використання ячменю як несолодженої сировини. Підприємство отримує ячмінь, далі відбувається його очистка та подрібнення на молотковій дробарці. За органолептичними та фізико-хімічними показниками пивоварний ячмінь має відповідати вимогам згідно з ДСТУ 3769-98 «Ячмінь. Технологічні вимоги», які наведені в табл. 3.11 [ ].

Таблиця 3.11 — Органолептичні і фізико-хімічні показники ячменю

Найменування показника	Вимоги до зерна ячменю, яке використовується у пивоварінні	
	1 класу	2 класу
Колір	Світло-жовтий або жовтий	Світло-жовтий, жовтий або сірувато-жовтий
Вологість, %, не більше	14,5	15,0
Натура, г/л, не менше	Не регламентується	
Маса 1000 зерен, г, не менше	40,0	38,0
Масова частка білка, %, не більше	11,0	11,5
Смітна домішка, %, не більше	1,0	2,0
в тому числі:		
Мінеральна домішка, %, не більше	0,5	0,5
в тому числі:		
Галька	0,1	0,1
шлак і руда	0,05	0,05
зіпсовані зерна	У границях загального вмісту смітної домішки	
Вівсюг	-	
Кукіль	0,3	0,3
фузаріозні зерна	Не допускається	
Шкідлива домішка	0,2	0,2
у тому числі:		
ріжки і сажка	0,1	0,1
гірчак повзучий, в'язіль різнокольоровий	У границях норми загального вмісту шкідливої домішки	
ходесма сива	Не допускається	
Зернова домішка, %, не більше	2,0	5,0

					Характеристика проекрованої продукції	Арк.
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		31

Дрібні зерна, %, не більше	5,0	7,0
Крупність, %, не менше	85,0	70,0
Здатність до проростання, %, не менше	95,0	92,0
Життєздатність, %, не менше	95,0	95,0
Зараженість шкідниками	Не допускається, крім зараженості кліщами I ступеня	

Обов'язковою сировиною у виробництві пива є вода. Для її характеристики наводимо вимоги ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», а далі специфічні вимоги до підготовленої технологічної та технічної води.

У табл. 3.12 наведена характеристика води для виробництва пива згідно ДСанПіН 2.2.4-171-10 [2].

Таблиця 3.12 – Характеристика води

Назва показника	Оптимальні значення показника		Граничні значення показника
	За класичною технологією	Для розбавлення пива з високою густиною	
Водневий показник (рН)	6,0...7,0	6,0...7,0	6,0...9,0
Жорсткість води загальна, ммоль/дм <sup>3</sup>	2...4	не більше 2	не більше 7,0
Кальцій, ммоль/дм <sup>3</sup>	2...4	не більше 2, для запобігання помутнінню	Кальцій та магній в сумі не більше 7,0
Магній, ммоль/дм <sup>3</sup>	Сліди	Сліди	
Співвідношення кальцію до магнію, не менше	1:1	1:1	1:1
Лужність загальна, ммоль/дм <sup>3</sup>	0,5...1,5	Сліди	0,5...6,5
Співвідношення Са до лужності (показник лужності), не менше	1,0	1,0	1,0
Залізо, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	0,1	0,1	0,3
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	70	70	150
Сульфати, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	150	150	200
Нітрати, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	25	25	45
Марганець, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	0,05	0,05	0,1
Сірководень, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	0	0	0
Алюміній, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	0,5	0,5	0,5
Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	0,14...5,0	0,14...5,0	0,14...5,0
Мідь, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	0,5	0,5	1,0

					Характеристика проекрованої продукції	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окислюваність, мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> , не більше	2,0	2,0	4,0
Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	500	200	1000
Кисень, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	-	0,1	-
Хлор та хлорфеноли	-	Відсутні	-
Температура	-	Анологічна пивові	-

У табл. 3.13 наведені мікробіологічні показники технологічної води згідно ДСанПін 2.2.4-171-10 [2].

Таблиця 3.13 - Мікробіологічні показники технологічної води

№ п/п	Назва показника	Оптимальні значення показника		Граничні значення показника
		За класичною технологією	Для розбавлення пива з високою густиною	
1	Загальна кількість бактерій в 1 см <sup>3</sup> води, не більше	100	20	100
2	Бактерії кишкової крупі: в 100 см <sup>3</sup> води, не більше;	0	0	0
	в 1000 см <sup>3</sup> води, не більше	3	0	3

Під час затирання та приготування пивного суслу за потреби проводяться реагентне корегування окремих показників води (рН, лужність і жорсткість).

Головним показником для оцінки технологічних властивостей води для виробництва пива є співвідношення тих іонів, які найбільше впливають на активну кислотність середовища. Величина рН складної буферної системи ячмінно-солодового затору формується завдяки, в основному, вмісту фосфат-іонів Н<sub>2</sub>Р<sub>0</sub><sup>4-</sup>, НР<sub>0</sub><sup>4-</sup>, Р<sub>0</sub><sup>4-</sup>, які переходять в розчин із сировини. Зміни рН відбуваються, якщо порушується іонна рівновага внаслідок дії катіонів та аніонів води на фосфат-іони.

Для виробництва пива Львівське різдвяне темне передбачено використання *мультиензимного ферментного препарату Церемікс 2ХЛ*.

Церемікс 2ХЛ містить такі наступні ферментативні активності:

α-амілазу (гідролізує 1,4-α-глікозидні зв'язки амілози та амілопектину. Внаслідок цього крохмаль швидко гідролізується до розчинних декстринів і олігосахаридів);

β-глюканазу (руйнує бета-глюкан ячменю та солоду (1,4- бета, 1,3- бета-глюкан) на олігосахариди, що складаються з 3...5 глюкозних одиниць), протеазу (розщеплює протеїн до розчинних пептидів).

Таким чином, цей ферментний препарат містить кілька окремих ферментів, що спрощує їхнє внесення.

					Характеристика проектованої продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Церемікс 2ХЛ отримано шляхом змішування стандартних ферментів, отриманих при роздільній ферментації *Bacillus amyloliquefaciens*.

*Застосування.* Церемікс 2ХЛ застосовується у пивоварінні, якщо частина солоду замінюється ячменем, а також у разі виробництва солодового екстракту та ячмінних сиропів.

*Рекомендації щодо дозування.* Початкове дозування, що рекомендується – близько 1,5 кг Церемікса 2ХЛ на 1 т ячменю. Проте оптимальне дозування має визначатися дослідним шляхом.

### 3.3 Характеристика основних і допоміжних матеріалів

Вимоги до якості основних і допоміжних матеріалів наведені в табл. 3.14 [5, 11].

Таблиця 3.14 – Характеристика основних і допоміжних матеріалів

Найменування матеріалу	Характеристика	Нормативна документація
Молочна кислота 100 %-ва	Сиропоподібна, прозора рідина без осаду та мути зі слабким, характерним для молочної кислоти запахом. Кислий смак, без стороннього присмаку. Масова частка загальної молочної кислоти не менше ніж 40,0±1,0 %, в т.ч., що прямо титрується, не менше ніж 37,5 %. Кислотність не більше ніж 6,5 °. Масова частка, не більше ніж, %, ангідридів – 2,5, золи – 0,6.	ДСТУ 4621:2006
Хлорид кальцію	Містить – CaCl <sub>2</sub> . Важкі метали, не більше, в мг/кг: кадмій – 0,05; свинець – 1,0; ртуть – 0,02; миш'як – 1,0; цинк – 50,0; мідь – 25,0.	За документацією виробника
Пляшки полімерні	Видуваються з поліетилен-терефталату вітчизняного виробництва	ТУУ 6-002096 51.1 27-97
Кеги	Використовують для герметизації пляшок	За документацією виробника
Ковпачок полімерний з прокладкою	Надрукована на поліпропіленовій стрічці, зберігається у вигляді бухти по 15000...20000 шт.	ТУУ 21643937.001-2000
Етикетка поліпропіленова	Для пляшок друкують на папері густиною 70...80 г/дм <sup>2</sup>	ТУУ 22.1-16476839-001-04
Етикетка і кольєретка	Зберігають за температури + 15...+25 °С та відносній вологості 40...60%, захищеним від прямих сонячних променів. Термін придатності 4 місяці.	ТУУ 21.2-20625995001-2002
Клей декстрин	Сиропоподібна, прозора рідина без осаду та мути зі слабким, характерним для молочної кислоти запахом. Кислий смак, без стороннього присмаку.	ТУ У 24.6-31635720-002-2008

					Характеристика проекрованої продукції	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

## 4 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

### 4.1 Вихідні дані до технологічних розрахунків

Технологічні розрахунки продуктів виробництва пива складаються з розрахунку витрат сировини, об'єму напівпродуктів та відходів виробництва на одиницю готової продукції. Витрати для розрахунку обирають з урахуванням сучасної технології виробництва, чинних нормативів і досягнень підприємств галузі [10].

Асортимент та обсяг виробництва проєктованих сортів пива наведено в табл. 2.1, а рецептура – в табл. 3.1.

Характеристика сировини, яка використовується для приготування обраних сортів пива наведена в табл. 3.7.

Втрати на стадіях виробництва пива наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Втрати на стадіях виробництва пива

Втрати	Пиво з масовою часткою сухих речовин в початковому суслі, %		
	12 %, Львівське	14,5 %, Львівське 1715	13 %, Львівське різдвяне
Екстракту:			
з пивною дробиною, % від маси зернопродуктів	2,2	2,2	2,2
з хмелювою дробиною, шламом під час сепарування, стискування, під час охолодження, на змочування трубопроводів, % від об'єму гарячого сусла	6,3	6,0	5,5
У цеху бродіння, % від об'єму холодного сусла	2,2	2,3	2,2
Під час доброджування та фільтрування, % від об'єму молодого пива	2,4	2,6	2,4
Під час розливу, % від об'єму фільтрованого пива:			
у пляшки (за вирахуванням поверненого пива)	2,5	2,5	2,5
у кеги (так само як у пляшки)	0,5		
Загальні видимі з рідкою фазою (від гарячого сусла до готового пива)	12,8	12,5	12,1
Загальні дійсні з рідкою фазою (від сусла у варильному цеху, приведеного до 20 °С, до готового пива), % від об'єму сусла, приведеного до 20 °С	9,2	8,8	8,4
Під час пастеризації пива в пляшках, % від об'єму пастеризованого пива	2,2	2,2	2,2

### 4.2 Продуктові розрахунки

Пиво Львівське з початковою концентрацією сусла 12 % готується з застосуванням 100 % солоду ячмінного світлого, тобто в 100 кг вихідної сировини знаходиться 100 кг солоду.

Під час полірування солоду втрати становлять 0,1 %, або  $100 \cdot 0,001 = 0,1$  кг

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

На подрібнення солоду поступає:

$$100 - 0,1 = 99,9 \text{ кг.}$$

При вологості солоду 5,6 % кількість сухих речовин в заторі:

$$\text{в солоді} - 99,9 \cdot (1 - 0,056) = 94,30 \text{ кг.}$$

За даними табл. 2.7 екстрактивність світлого сухого солоду 76 % від маси сухих речовин. Тоді, вміст екстрактивних речовин в сировині:

$$\text{в солоді} - 94,30 \cdot 0,76 = 71,67 \text{ кг.}$$

Всього екстрактивних речовин міститься 71,67 кг.

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

$$71,67 \cdot (1 - 0,022) = 70,1 \text{ кг.}$$

Кількість сухих речовин, що залишається в дробині:

$$94,30 - 70,1 = 24,2 \text{ кг.}$$

*Пиво Львівське 1715* з початковою концентрацією сусла 14,5 % готується з застосуванням 78 % світлого ячмінного солоду і 22 % карамельного ячмінного солоду, тобто в 100 кг вихідної сировини знаходиться 78 кг світлого солоду і 22 кг карамельного.

Під час полірування солоду втрати становлять 0,1 %, або

$$\text{для світлого солоду} 78 \cdot 0,001 = 0,078 \text{ кг;}$$

На подрібнення солоду поступає:

$$\text{світлого} 78 - 0,078 = 77,922 \text{ кг;}$$

При вологості світлого солоду 5,6 % і карамельного 6,0 % кількість сухих речовин в заторі:

$$\text{в світлому солоді} - 77,922 \cdot (1 - 0,056) = 73,56 \text{ кг;}$$

$$\text{в карамельному} - 22,0 \cdot (1 - 0,06) = 20,66 \text{ кг.}$$

$$\text{Всього: } 73,56 + 20,66 = 94,22 \text{ кг.}$$

Приймаємо екстрактивність світлого ячмінного солоду 76 % , а карамельного – 72 % від маси сухих речовин. Тоді, вміст екстрактивних речовин в сировині:

$$\text{в світлому солоді} - 73,56 \cdot 0,76 = 55,9 \text{ кг;}$$

$$\text{у карамельному} - 20,66 \cdot 0,72 = 14,88 \text{ кг.}$$

Всього екстрактивних речовин міститься:  $55,9 + 14,88 = 70,78 \text{ кг.}$

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

$$70,78 \cdot (1 - 0,022) = 69,22 \text{ кг.}$$

Кількість сухих речовин, що залишається в дробині:

$$94,22 - 69,22 = 25,0 \text{ кг.}$$

*Пиво Львівське різдвяне* з початковою концентрацією сусла 13 % готується з: солод ячмінний світлий – 40 %, темний солод – 30 %, карамельний солод – 10 %, ячмін ь – 20 %. При поліруванні солоду втрати становлять 0,1% від його маси, або

$$\text{для світлого солоду} 40 \cdot 0,001 = 0,04 \text{ кг;}$$

$$\text{для темного солоду} 30 \cdot 0,001 = 0,03 \text{ кг.}$$

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

Після полірування солод подається на подрібнення:

світлого солоду –  $40 - 0,04 = 39,96$  кг;

темного солоду –  $30 - 0,03 = 29,97$  кг.

При вологості світлого солоду 5,6 %, темного солоду 5,0 %, карамельного солоду 6,0 %, ячменю 15,0 % (табл. 2.7) кількість сухих речовин:

в світлому солоді –  $39,96 \cdot (1-0,056) = 37,7$  кг;

в темному солоді –  $29,97 \cdot (1-0,05) = 28,47$  кг;

в карамельному солоді –  $10,0 \cdot (1-0,06) = 9,4$  кг;

у ячменю –  $20 \cdot (1-0,15) = 17$  кг.

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

$37,7 + 28,47 + 9,4 + 17 = 92,57$  кг.

При екстрактивності світлого ячмінного солоду 76 %, темного – 74 %, карамельного – 72 % і ячменю 74 % від маси сухих речовин на затирання надходить:

зі світлим солодом –  $37,7 \cdot 0,76 = 28,65$  кг;

з темний солодом –  $28,47 \cdot 0,74 = 21,07$  кг;

з карамельним солодом –  $9,4 \cdot 0,72 = 6,77$  кг;

з ячменем –  $17 \cdot 0,74 = 12,58$  кг.

Всього в сировині міститься  $28,65 + 21,07 + 6,77 + 12,58 = 69,07$  кг.

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

$69,07 \cdot (1-0,022) = 67,55$  кг.

В дробині залишається сухих речовин:

$92,57 - 67,55 = 25,02$  кг.

*Визначення проміжних продуктів*

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

Львівське – 70,1 кг;

Львівське 1715 – 69,22 кг;

Львівське різдвяне – 67,55 кг.

При встановленій концентрації Львівського – 12%, Львівське 1715 – 14,5% та Львівське різдвяне – 13% із отриманої кількості екстрактивних речовин отримують сусла:

Львівське –  $70,1 \cdot 100 / 12 = 584,17$  кг;

Львівське 1715 –  $69,22 \cdot 100 / 14,5 = 477,38$  кг;

Львівське різдвяне –  $67,55 \cdot 100 / 13 = 519,6$  кг.

Об'єм сусла за температури 20 °С (при відносній густині сусла Львівське – 1,04840, Львівське 1715 – 1,05905, Львівське різдвяне – 1,05260):

Львівське –  $584,17 / 1,04840 = 557,2$  дм<sup>3</sup>;

Львівське 1715 –  $477,38 / 1,05905 = 450,76$  дм<sup>3</sup>;

Львівське різдвяне –  $519,6 / 1,05260 = 493,6$  дм<sup>3</sup>.

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

Львівське –  $557,2 \cdot 1,04 = 579,5$  дм<sup>3</sup>;

Львівське 1715 –  $450,76 \cdot 1,04 = 468,8$  дм<sup>3</sup>;

Львівське різдвяне –  $493,6 \cdot 1,04 = 513,34$  дм<sup>3</sup>.

									Арк.
									39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічні розрахунки				

*Холодне сусло.* Втрати сусла у відстої при сепаруванні, на змочування трубопроводів приймають відповідно з нормами технологічних втрат для Львівське – 6,3 %, Львівське 1715 – 6,0 %, Львівське різдвяне – 5,4 % від об'єму гарячого сусла, приведеного до об'єму при 20 °С.

Таким чином, об'єм холодного сусла:

$$\text{Львівське} - 579,5 \cdot (1 - 0,063) = 543,0 \text{ дм}^3;$$

$$\text{Львівське 1715} - 468,8 \cdot (1 - 0,064) = 438,8 \text{ дм}^3;$$

$$\text{Львівське різдвяне} - 513,34 \cdot (1 - 0,055) = 485,1 \text{ дм}^3.$$

*Молоде пиво.* Витрати у бродильному цеху складають до об'єму пива: Львівське - 2,2 %, Львівське 1715 – 2,3 %, Львівське різдвяне – 2,2 %. За таких втрат кількість молодого пива:

$$\text{Львівське} - 543,0 \cdot (1 - 0,022) = 531,05 \text{ дм}^3;$$

$$\text{Львівське 1715} - 438,8 \cdot (1 - 0,023) = 428,71 \text{ дм}^3;$$

$$\text{Львівське різдвяне} - 485,1 \cdot (1 - 0,022) = 474,43 \text{ дм}^3.$$

*Фільтроване пиво.* Витрати під час доброджування і фільтрування становлять до об'єму молодого пива: Львівське – 2,4 %, Львівське 1715 – 2,6 %, Львівське різдвяне – 2,4 %. За таких втрат кількість фільтрованого пива:

$$\text{Львівське} - 531,05 \cdot (1 - 0,024) = 518,3 \text{ дм}^3;$$

$$\text{Львівське 1715} - 428,71 \cdot (1 - 0,026) = 417,56 \text{ дм}^3;$$

$$\text{Львівське різдвяне} - 474,43 \cdot (1 - 0,024) = 463,04 \text{ дм}^3.$$

*Готове пиво.* Втрати готового пива до об'єму відфільтрованого пива при розливі пляшки складають для всіх найменувань пива 2,5 %. і під час розливу у кеги — 0,5 %. За умови, що пиво Львівського розливається у пляшки — 25 %, в кеги — 75 % в процентному співвідношенні від загальної кількості. За таких умов середньозважені втрати Львівського пива дорівнюють:

$$0,25 \cdot 2,5 + 0,75 \cdot 0,5 = 1,0 \%$$

Отже, кількість готового пива буде:

$$\text{Львівське} - 518,3 \cdot (1 - 0,01) = 513,1 \text{ дм}^3;$$

$$\text{Львівське 1715} - 417,56 \cdot (1 - 0,025) = 407,12 \text{ дм}^3;$$

$$\text{Львівське різдвяне} - 463,04 \cdot (1 - 0,025) = 451,46 \text{ дм}^3.$$

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

$$\text{Львівське} - 579,5 - 513,1 = 66,4 \text{ дм}^3;$$

$$\text{Львівське 1715} - 468,8 - 407,12 = 61,68 \text{ дм}^3;$$

$$\text{Львівське різдвяне} - 513,34 - 451,46 = 61,88 \text{ дм}^3.$$

або у % до об'єму гарячого сусла:

$$\text{Львівське} - 66,4 \cdot 100 / 579,5 = 11,45 \%;$$

$$\text{Львівське 1715} - 61,68 \cdot 100 / 468,8 = 13,16 \%;$$

$$\text{Львівське різдвяне} - 61,88 \cdot 100 / 513,34 = 12,05 \%.$$

### ***Розрахунки витрат хмелепродуктів, молочної кислоти і ферментних препаратів***

*Хміль та хмелепродукти.* Витрати хмелю розраховують за формулою:

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

									Арк.
									40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічні розрахунки				

де  $N_{п}$  – норма хмелю на 1 дал готового пива;  $G_c$  – норма гірких речовин на 1 дал гарячого сусла;  $\alpha$  – масова частка  $\alpha$ -кислот, %;  $l$  – величина гіркоти  $\beta$ -фракцій в хмелі, %;  $W$  – масова частка вологи в хмелі, %;  $W_{тр}$  – втрати по рідкій фазі, %.

*Львівське.* Для виробництва використано сорт хмелю Citra,  $G_c$  становить 1,2, вміст  $\alpha$ -кислоти – 12 %. Втрати по рідкій фазі від гарячого сусла до готового пива – 10,65 %, вологість гранульованого хмелю – 12%.

$$N_{п} = \frac{1,2 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(12 + 1) \cdot (100 - 12) \cdot (100 - 11,45)} = 11,85 \text{ г/дал.}$$

*Львівське 1715.* Для виробництва використано сорт хмелю Магнум,  $G_c$  становить 0,99, вміст  $\alpha$ -кислоти – 11 %. Втрати по рідкій фазі від гарячого сусла до готового пива – 10,84 %, вологість гранульованого хмелю – 12%.

$$N_{п} = \frac{0,99 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(11 + 1) \cdot (100 - 12) \cdot (100 - 13,16)} = 10,8 \text{ г/дал.}$$

*Львівське різдвяне.* Для виробництва використано сорт хмелю Нагет,  $G_c$  становить 0,72, вміст  $\alpha$ -кислоти – 9,5%. Втрати по рідкій фазі від гарячого сусла до готового пива – 10,37 %, вологість гранульованого хмелю – 12%.

$$N_{п} = \frac{0,72 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(9,5 + 1) \cdot (100 - 12) \cdot (100 - 12,05)} = 8,85 \text{ г/дал.}$$

#### *Ферментні препарати*

Для виробництва пива Львівське 12 %-го використовують 100 % світлого ячмінного солоду, тому ферментні препарати не застосовуються.

Для виробництва пива Львівське 1715 14,5 %-го використовують 78 % ячмінного світлого солоду та 22 % карамельного ячмінного солоду, тому ферментні препарати не застосовують.

Для виробництва Львівське різдвяне пива 13 %-го використовують 40 % ячмінного світлого солоду, 30 % – темного солоду, 10 % – карамельного солоду, 20 % - вівсяного борошна та амілолітичний ферментний препарат Церемікс 2ХЛ з активністю амілазних одиниць/г. На 1 т зернопродуктів необхідно 10 тис. амілазних одиниць, а на 1 дал пива:

$$\frac{2,16 \cdot 1000}{1000 \cdot 100} = 0,0216 \text{ г,}$$

де – 2,16 витрата зернопродуктів на виробництво 1 дал 13 %-го темного пива, кг.

*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 [7].

#### *Визначення кількості відходів*

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

$$\text{Львівське} - 24,2 \cdot 7,14 = 172,79 \text{ кг;}$$

$$\text{Львівське 1715} - 25,0 \cdot 7,14 = 178,5 \text{ кг;}$$

$$\text{Львівське різдвяне} - 25,0 \cdot 7,14 = 178,64 \text{ кг.}$$

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

									Арк.
									41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічні розрахунки				

*Надлишкові дріжджі.* Витрати дріжджів з вологістю 86 % на 10 дал пива за умови головного бродіння сусла і доброджування пива в циліндрично-конічних бродильних апаратах ЦКБА – 1,53 дм<sup>3</sup>.

Половину надлишкових дріжджів використовують як засівні, а інша – є відходом. Кількість дріжджів, яка йде на відходи, визначають множенням кількості готового пива в дм<sup>3</sup> на 0,01:

$$\text{Львівське} - 513,1 \cdot 0,01 = 5,131 \text{ дм}^3;$$

$$\text{Львівське 1715} - 407,12 \cdot 0,01 = 4,071 \text{ дм}^3;$$

$$\text{Львівське різдвяне} - 451,46 \cdot 0,01 = 4,515 \text{ дм}^3.$$

*Діоксид вуглецю.* Із рівняння спиртового бродіння виходить, що із 342 г зброженої мальтози утворюється 176 г діоксиду вуглецю. Якщо прийняти, що зброжений екстракт являє собою мальтозу, то можна підрахувати кількість діоксиду вуглецю, що утворюється таким чином. У бродильне відділення поступило холодного сусла:

$$\text{Львівське} - 543,0 \cdot 1,04840 = 569,3 \text{ кг};$$

$$\text{Львівське 1715} - 438,8 \cdot 1,05905 = 464,71 \text{ кг};$$

$$\text{Львівське різдвяне} - 485,1 \cdot 1,05260 = 510,62 \text{ кг}.$$

У ньому міститься екстрактивних речовин:

$$\text{Львівське} - 569,3 \cdot 0,12 = 68,32 \text{ кг};$$

$$\text{Львівське 1715} - 464,71 \cdot 0,145 = 67,38 \text{ кг};$$

$$\text{Львівське різдвяне} - 510,62 \cdot 0,13 = 66,38 \text{ кг}.$$

За дійсного степеню зброжування Львівського пива утворюється діоксиду вуглецю 62,5 %, Київського – 58 %, Хмельницького – 60 %:

$$\text{Львівське} - 68,32 \cdot 0,625 \cdot 176/342 = 21,97 \text{ кг};$$

$$\text{Львівське 1715} - 67,38 \cdot 0,58 \cdot 176/342 = 20,1 \text{ кг};$$

$$\text{Львівське різдвяне} - 66,38 \cdot 0,60 \cdot 176/342 = 20,5 \text{ кг}.$$

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

$$\text{Львівське} - 569,3 \cdot 0,0035 = 1,99 \text{ кг};$$

$$\text{Львівське 1715} - 464,71 \cdot 0,0035 = 1,63 \text{ кг};$$

$$\text{Львівське різдвяне} - 510,62 \cdot 0,0035 = 1,79 \text{ кг}.$$

Виділяється в атмосферу така кількість діоксиду вуглецю по сортам пива:

$$\text{Львівське} - 21,97 - 1,99 = 19,98 \text{ кг};$$

$$\text{Львівське 1715} - 20,1 - 1,63 = 18,47 \text{ кг};$$

$$\text{Львівське різдвяне} - 20,5 - 1,79 = 18,71 \text{ кг}.$$

Маса 1 м<sup>3</sup> діоксиду вуглецю при 20 °С і тиску 0,1 МПа складає 1,832 кг.

Об'єм діоксиду вуглецю, що виділяється в атмосферу:

$$\text{Львівське} - 19,98 \cdot 1,832 = 36,6 \text{ м}^3;$$

$$\text{Львівське 1715} - 18,47 \cdot 1,832 = 33,84 \text{ м}^3;$$

$$\text{Львівське різдвяне} - 18,71 \cdot 1,832 = 34,28 \text{ м}^3.$$

*Виправний брак пива.* Утворення такого пива за нормативами допускається до 2 % для всіх найменувань пива.

$$\text{Львівське} - 513,1 \cdot 0,02 = 10,26 \text{ дм}^3;$$

										Арк.
										42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічні розрахунки					

Львівське 1715 –  $407,12 \cdot 0,02 = 8,14 \text{ дм}^3$ ;

Львівське різдвяне –  $451,46 \cdot 0,02 = 9,03 \text{ дм}^3$ .

Зведені результати розрахунків з визначення витрат сировини, об'єму напівпродуктів і кількості відходів основного виробництва наведено в табл. 4.2.

					<i>Технологічні розрахунки</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Таблиця 4.2 – Зведена таблиця розрахунків продуктів виробництва пива

Найменування продукту	Львівське на			Львівське 1715 на			Львівське різдвяне на			Сума
	100 кг зернової сировини	1 дал пива	6,5 млн дал на рік	100 кг зернової сировини	1 дал пива	0,5 млн дал на рік	100 кг зернової сировини	1 дал пива	3,0 млн дал на рік	10,0 млн дал на рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Зернова сировина, кг:										
Світлий солод	100	1,95	11 407 500	78	1,91	859 500	40	0,89	2 403 000	14 670 000
Карамельний солод				22	0,54	243 000	10	0,22	594 000	837 000
Темний солод							30	0,66	1 782 000	1 782 000
Ячмінь							20	0,44	1 188 000	1 188 000
Всього, кг	100	1,95	11 407 500	100	2,45	1 102 500	100	2,21	5 967 000	18 477 000
Хмелепродукти, кг:										
Хміль гранульований:										
Citra		0,01185	69 322,5							69 322,5
Магнум					0,0108	4 860				4 860
Нагет								0,0885	238 950	238 950
Ферментний препарат Церемікс 2ХЛ								0,0216	58 320	58 320
Молочна к-та 100 %-ва	0,08		468 000	0,08		36 000	0,08		216 000	720 000
Проміжні продукти, дм <sup>3</sup> :										
Гаряче сусло	579,5	11,29	66 046 500	468,8	11,52	5 184 000	513,34	11,37	30 699 000	101 929 500
Холодне сусло	543,0	10,58	61 983 000	438,8	10,78	4 851 000	485,1	10,75	29 025 000	95 859 000
Молоде пиво	531,05	10,35	60 547 500	428,71	10,53	4 738 500	474,43	10,51	28 377 000	93 663 000
Фільтроване пиво	518,3	10,1	59 085 000	417,56	10,25	4 612 500	463,04	10,26	27 702 000	91 399 500
Готове пиво	513,1	10,0	58 500 000	407,12	10,0	4 500 000	451,46	10,0	27 000 000	90 000 000

Технологічні розрахунки

Дата

Підпис

№ докум.

Арк.

Змн.



### Розрахунки необхідної кількості тари і допоміжних матеріалів

**Пляшки.** За даними табл. 2.1 у скляні пляшки місткістю 0,5 дм<sup>3</sup> розливають пиво Львівського — 25 %, Львівського 1715 — 100 % і Львівське різдвяне — 100 %.

Для безперебійної роботи заводу необхідно визначити загальну кількість пляшок, а також кількість нових та оборотних пляшок.

Потрібна кількість пляшок визначається за формулою:

$$N_{\text{заг}} = \frac{Q \cdot 100}{V \cdot (100 - K_6)},$$

де Q — річний випуск продукції в пляшках, дм<sup>3</sup>; V — місткість пляшки, дм<sup>3</sup>; K<sub>6</sub> — кількість розбитих пляшок під час зберігання, миття та розливу, %. Приймаємо місткість пляшок 0,5 дм<sup>3</sup>, а кількість розбитих пляшок — 3,1 %.

Кількість нових пляшок знаходять за формулою:

$$N_{\text{нов}} = \frac{Q \cdot (K_H + K_6)}{100 \cdot V},$$

де K<sub>H</sub> — кількість пляшок, не повернених від населення, %. Приймаємо кількість пляшок, не повернених від населення 5 %.

Кількість оборотних пляшок розраховують з формулою:

$$N_{\text{об}} = \frac{Q \cdot 10}{V \cdot n},$$

де n — кількість оборотів пляшок на рік (приймаємо 40 оборотів), 10 — коефіцієнт перерахунку декалітрів у дециметри кубічні.

За асортиментом і обсягом проекрованої продукції 1,462 млн дал пива Львівського розливають у пляшки місткістю 0,5 дм<sup>3</sup> і 4,388 млн дал пива в кеги. Отже, річна потреба загальної кількості пляшок місткістю 0,5 дм<sup>3</sup>, а також оборотних і нових:

$$N_{\text{пл.заг}} = \frac{4\,612\,000 \cdot 10 \cdot 100}{0,5(100 - 3,1)} = 95\,190\,919 \text{ шт.}$$

$$N_{\text{пл.нов}} = \frac{4\,612\,000 \cdot (5 + 3,1)}{100 \cdot 0,5} = 3\,320\,640 \text{ шт.}$$

$$N_{\text{пл.об}} = \frac{4\,612\,000 \cdot 10}{0,5 \cdot 40} = 2\,306\,000 \text{ шт.}$$

**Кеги.** Приймаємо, що пиво розливають у кеги місткістю 5 дм<sup>3</sup>. 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<sub>кег</sub> — об'єм пива, що розливають у кеги за рік, дал; V<sub>кег</sub> — об'єм кега, дм<sup>3</sup>.

В кеги розливають 4,388 млн. дал пива на рік, тому потрібно мати кегів місткістю 5 дм<sup>3</sup>

$$N_{\text{заг.кег}} = 4\,388\,000 / 5 = 877\,600 \text{ шт.}$$

Потрібна кількість оборотних і нових кег:

$$N_{\text{кег.об}} = 877\,600 / 40 = 21\,940 \text{ шт.},$$

$$N_{\text{кег.нов}} = 21\,940 \cdot 0,1 = 2\,194 \text{ шт.}$$

									Арк.
									46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічні розрахунки				

*Гофрлотки.* В стандартні гофрлотки укладають по 20 пляшок місткістю 0,5 дм<sup>3</sup> і обгортають їх плівкою ПЕТ. З урахуванням 0,1 % втрат гофрлоток для укладання всієї продукції їх потрібно:

$$N_{\text{гофр}} = \frac{46\,120\,000}{0,5 \cdot 20 \cdot 0,999} = 4\,616\,617 \text{ шт}$$

Для обгортання гофрлоток потрібно термозбіжної плівки ПЕТ

$$G_{\text{плПЕТ}} = \frac{4\,616\,617 \cdot 40}{1000} = 184\,665 \text{ кг}$$

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

$$46\,120\,000 \cdot 2 \cdot 1,045 = 96\,390\,800 \text{ шт.}$$

*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:

$$\text{для пляшок} — 46\,120\,000 \cdot 20,9 = 963\,908\,000 \text{ шт.};$$

$$\text{для кегів} — 43\,880\,000 \cdot 0,2 = 8\,776\,000 \text{ шт.}$$

*Миття пляшок.* На річний випуск пляшкового пива потрібно лугу

$$G_{\text{луг}} = \frac{4\,612\,000 \cdot 1000}{0,5 \cdot 1\,000\,000} = 9\,224 \text{ кг}$$

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

$$(963\,908\,000 + 8\,776\,000) \cdot 0,275 / 1000 = 267\,488,1 \text{ кг}$$

Наведеними розрахунками визначена кількість тари та допоміжних матеріалів на рік та на добу, яка представлена в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 — **Зведена таблиця розрахунків тари та допоміжних матеріалів**

Найменування тари і допоміжних матеріалів	Кількість допоміжних матеріалів та тари на	
	Добу (238 днів робочих розливного цеху)	рік
1	2	3
Пляшки, шт., в т. ч.:	399 962	95 190 919
оборотні	13 952	3 320 640
нові	9 689	2 306 000
Кеги, шт., в т. ч.:	3 687,4	877 600
оборотні	92,2	21 940
нові	9,2	2 194
Гофрлотки для вкладання пляшок, шт	19 397,5	4 616 617

Закінчення табл. 4.3

1	2	3
Плівка ПЕТ для обгортання гофролотків, кг	775,9	184 665
Кронен-корка на пляшки, шт.	405 003,4	96 390 800
Етикетки, шт., на: пляшки	4 050 034	963 908 000
кеги	36 874	8 776 000
Луг, кг	38,75	9 224
Клей для наклеювання етикеток, кг	1 123,9	267 488,1

					<i>Технологічні розрахунки</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

## 5 РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Розрахунок кількості та підбір технологічного й допоміжного обладнання, із застосуванням якого реалізується технологічний процес виконують відповідно до виробничої потужності, прийнятої технологічної схеми, результатами продуктових розрахунків, матеріальними балансами та потужністю серійного обладнання [15]. При виборі обладнання перевагу віддають сучасному обладнанню, яке виробляється серійно, максимально задовольняє технологічні вимоги та відповідає за продуктивністю фактичній потужності операції.

Розрахунок:

Загальна річна потреба у зернопродуктах:

$$G = q \times Q$$

Для пива Львівське (12 %):

$$G = 1,95 \times 5\,850\,000 = 11\,407\,500 \text{ кг} = 11\,407,5 \text{ т};$$

для Львівське 1715 (14,5 %):

$$G = 2,45 \times 450\,000 = 1\,102\,500 \text{ кг} = 1\,102,5 \text{ т};$$

для Львівське різдвяне (13 %):

$$G = 2,21 \times 2\,700\,000 = 5\,967\,000 \text{ кг} = 5\,967 \text{ т};$$

$$G_{\text{річне}} = 11\,407,5 + 1\,102,5 + 5\,967 = 18\,477 \text{ т}.$$

*Варильний агрегат.* Добова витрата зернопродуктів в найбільш напружений період року складає:

$$G_{\text{доб}} = \frac{G_{\text{р}} * K_{\text{кв}}}{\tau}$$

де  $G_{\text{р}}$  — річна переробка зернопродуктів, т;

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

Згідно з нормами технологічного проектування варильний цех у не ремонтний місяць працює 28,5 діб.

$$G_{\text{доб}} = \frac{18\,477 \cdot 0,3}{28,5 \cdot 3} = 64,83 \text{ т} = 65 \text{ т/добу}.$$

Підбираємо 1 чотирьохпаратний агрегат із кількістю варок на добу 7. До складу варильного агрегату входить заторний апарат, фільт-прес, сушварильний апарат та гідроциклонний апарат типу «Вірпул».

Засип на 1 варку:

$$\frac{65}{7} = 9,29 = 10 \text{ т}.$$

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

$$65/4,5 = 14,44 \text{ т/год}$$

Підбираємо норію НЦГ-50 з продуктивністю 50 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>, коефіцієнті використання норії 0,85, продуктивність її становить:

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунки та підбір технологічного обладнання				49

$$\frac{50 * 0,53 * 0,85}{0,76} = 29,64 = 30 \text{ т/год}$$

*Шнековий транспортер* повинен бути такою продуктивністю як і норія, 30 т/год.

*Ваги автоматичні* для зважування солоду повинні мати таку ж потужність як і норія. Обираємо ваги марки КМЗКО продуктивністю 20-60 т/год. Габаритні розміри: 1500×1700×1850 мм.

*Бункери виробничого запасу зернопродуктів.* Відповідно до норм технологічного проектування загальна місткість бункерів повинна дорівнювати добовому запасу зернопродуктів, тобто 65 т. Виходячи із розрахунків продуктів, бункери виробничого запасу зернопродуктів розраховують для наступної сировини: 100 % світлого солоду; 30 % темного солоду; 22 % карамельного солоду; 20 % вівсяне борошно.

Об'єм добового запасу солоду розраховуємо за формулою:

$$V_{\text{доб. солоду}} = \frac{G_{\text{доб}}}{0,53} \cdot 1,1 \text{ м}^3,$$

де 0,53 – об'ємна маса товарного солоду; 1,1 – коефіцієнт запасу місткості при повному заповненні бункера.

Об'єм бункера добового запасу світлого солоду:

$$V_{\text{доб. св. сол}} = \frac{65 \cdot 1}{0,53} \cdot 1,1 = 134,9 \text{ м}^3.$$

Об'єм бункера добового запасу темного солоду:

$$V_{\text{доб. темн. сол}} = \frac{65 \cdot 0,30}{0,53} \cdot 1,1 = 40,5 \text{ м}^3.$$

Об'єм бункера добового запасу карамельного солоду:

$$V_{\text{доб. кар. сол}} = \frac{65 \cdot 0,22}{0,53} \cdot 1,1 = 29,7 \text{ м}^3.$$

Об'єм бункера добового запасу вівсяного борошна:

$$V_{\text{доб. вівс. бор}} = \frac{65 \cdot 0,2}{0,53} \cdot 1,1 = 27 \text{ м}^3.$$

Обираємо 1 бункер для світлого солоду об'ємом 140 м<sup>3</sup>, 1 бункер для темного солоду об'ємом 45 м<sup>3</sup>, 1 бункер для карамельного солоду об'ємом 30 м<sup>3</sup>, 1 бункер для вівсяного борошна об'ємом 30 м<sup>3</sup>. Проектуємо бункери квадратного перерізу із пірамідальним днищем.

Геометричні розміри бункера для *світлого солоду* при стороні квадрата  $a = 5$  м і куті відкосу 30° будуть наступні:

Висота пірамідальної частини:

$$h_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \text{tg } \alpha \cdot a \text{ м},$$

де  $\text{tg } \alpha$  – кут природнього відхилення зерна (для солоду  $\alpha = 30^\circ$ ;  $\text{tg } 30^\circ = 0,5774$ ).

$$h_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} * 0,5774 * 5 = 2,04 \text{ м}.$$

									Арк.
									50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунки та підбір технологічного обладнання				

Висота прямокутної частини:

$$h = \frac{V}{a^2} - \frac{1}{3} * h_1, \text{ м},$$

де V – це об'єм бункера для солоду, 140 м<sup>3</sup>.

$$h = \frac{140}{4^2} - \frac{1}{3} * 2,04 = 8,07 \text{ м}.$$

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

Висота пірамідальної частини:

$$h_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} * 0,5774 * 4 = 1,63 \text{ м}.$$

Висота прямокутної частини:

$$h = \frac{V}{a^2} - \frac{1}{3} * h_2, \text{ м},$$

де V – це об'єм бункера для солоду, 45 м<sup>3</sup>.

$$h = \frac{45}{4^2} - \frac{1}{3} * 1,63 = 2,27 \text{ м}.$$

Геометричні розміри бункера для *карамельного солоду* при стороні квадрата a = 2 м і куті відкоса 30° будуть наступні:

Висота пірамідальної частини:

$$h_3 = \frac{\sqrt{2}}{2} * 0,5774 * 2 = 0,82 \text{ м}.$$

Висота прямокутної частини:

$$h = \frac{V}{a^2} - \frac{1}{3} * h_3, \text{ м},$$

де V – це об'єм бункера для солоду, 30 м<sup>3</sup>.

$$h = \frac{30}{4^2} - \frac{1}{3} * 0,82 = 1,6 \text{ м}.$$

Геометричні розміри бункера для *вівсяного борошна* при стороні квадрату a = 2 м і куті відкоса 30° будуть наступні:

Висота пірамідальної частини:

$$h_4 = \frac{\sqrt{2}}{2} * 0,5774 * 2 = 0,82 \text{ м}.$$

Висота прямокутної частини:

$$h = \frac{V}{a^2} - \frac{1}{3} * h_4, \text{ м},$$

де V – це об'єм бункера для борошна, 30 м<sup>3</sup>.

$$h = \frac{30}{4^2} - \frac{1}{3} * 0,82 = 1,6 \text{ м}.$$

*Повітряно-ситовий сепаратор* для очищення солоду від домішок обираємо марки А1-БІС-100 продуктивністю 8,3 т/год. Габаритні розміри 2700×2790×2670 мм; маса – 1450 кг.

									Арк.
									51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунки та підбір технологічного обладнання				

Підбираємо *магнітний сепаратор* Оліс з електродвигуном XWD 1,5-4-35. Продуктивність даного апарату – 4...6 т/год. Потужність електродвигуна – 1,3 кВт; розміри барабану – 800x800 мм.

*Дробарка тонкого помелу.* Подрібнення солоду на одну варку повинно проводитись за 1,5-2,0 год. Отже, потужність солододробарки повинна бути:

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

Обираємо дробарку тонкого подрібнення марки Meura потужністю 8 т/год.

*Предзаторний апарат.* Приймаємо апарат Hurrmann. Продуктивність 20 т/ год; відношення води до помелу: 1,9-2,3 дм<sup>3</sup>/кг; потік води – 160 дм<sup>3</sup>/год; робоча температура 50 - 85 °С; тиск потоку води: 2 бар.

*Заторний апарат.* Приймаємо два заторних апарати апарати Hurrmann засипом на 10,0 т.

*Бункер дробини.* Приймаємо один апарати Orion Group засипом на 6,0 т. Габаритні розміри, мм: довжина — 15000; ширина — 2400; висота — 2300.

*Сушварильний апарат.* Приймаємо один апарати Steinecker, засипом на 10,0 т.

*Збірник промивних вод* розраховують з урахуванням місткості 2,4 м<sup>3</sup> води на 1 т зернопродуктів, тоді на одну варку:

$$2,4 * 10 = 24 \text{ м}^3.$$

Збірник виготовляється в формі горизонтального циліндра, який оснащений змішувачем для обігріву. Приймаємо діаметр збірника 3 м, довжину знаходимо з формули:

$$V = \frac{\pi * d^2}{4 * l};$$
$$l = \frac{4 * V}{\pi * d^2};$$
$$l = \frac{4 * 24}{3,14 * 9} = 3,5 \text{ м};$$

*Збірник для сушла* на виході з фільтр-преса (буферна ємність) повинен мати таку ж місткість, як і сушварильний апарат. Тому приймаємо збірник об'ємом 50 м<sup>3</sup>. Габаритні розміри, мм: Н = 4600; D = 3000.

*Насос для перекачування затору.* Із заторного апарату затор має перекачуватися за 20 хв. З кожного кілограму зернопродуктів отримуємо 3,0 – 3,5 дм<sup>3</sup> заторної маси. Об'єм заторної маси із 10 000 кг зернопродуктів відповідно:

$$V = 10\ 000 * 3,5 = 350 \text{ м}^3.$$

Приймаємо шестеренчастий насос марки GGN з подачею до 250 м<sup>3</sup>/год і тиском до 16 бар. Маса насоса 475 кг.

*Сушловий насос.* Відповідно до режиму варки сушла з хмелем перекачування охмеленого сушла із сушло варильного апарату відбувається протягом 30 хв. Об'єм сушла, відповідно до продуктового розрахунку, складає 600 дм<sup>3</sup> на 100 кг переробляємих зернопродуктів. Отже, із одної варки отримуємо сушла:

					Розрахунки та підбір технологічного обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$V_{\text{сусла}} = 6\,000 \cdot \frac{600}{100} = 36\,000 \text{ л.}$$

Розрахункова потужність насоса повинна бути:

$$Q_{\text{сусл.насоса}} = 36\,000 \cdot \frac{60}{30} = 72\,000 \text{ л/год.}$$

Для розрахованої потужності приймаємо насоси АВЗ-63Д продуктивністю 100 м<sup>3</sup>/год і напором 50 м.

*Гідроциклонний апарат.* Для підбору вірпула знаходимо його повну місткість, м<sup>3</sup>,

$$V = V_{\text{зат}} * K,$$

де  $V_{\text{зат}}$  — кількість сусла 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> сусла і коефіцієнт заповнення 0,8. Місткість апарата становитиме:

$$V = 6,0 \cdot 10/0,8 = 75 \text{ м}^3.$$

Приймаємо гідроциклонний апарат Meura продуктивністю 792 м<sup>3</sup>/год, повний об'єм – 90 м<sup>3</sup>. Діаметр – 5700 мм; висота – 2500 мм.

Специфікація технологічного обладнання для приготування пивного сусла наведена в табл. 5.1 [1].

Таблиця 5.1 — Специфікація технологічного обладнання

№ п/п	№ п. на апар техн схе-мі	Найменування, тип (марка) обладнання	Кіль-кість	Технічна характеристика	Поту-жність електро двигуна , кВт	Трива-лість роботи двигу-на, год/ добу	Примі-тка
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	Шнековий транспортер	2	Продуктивність — 12 т/год; діаметр гвинта 400 мм; крок гвинта 120 мм; частота обертання 75 об/хв.	2,1	4,5	GGH
2	2	Норія	1	Продуктивність – 50 т/год; висота норії не більше 40 м; ширина стрічки 300 мм; крок ковшів 180 мм; швидкість руху стрічки 2,2 м/с; маса головки 405 кг, башмака 275 кг.	3,2	4,5	КМЗКО
3	3	Ваги автоматичні ДН - 500	5	Продуктивність - 20-60 т/год; величина порції 250 – 500 кг; габаритні розміри 1500x1700x1850; маса 860 кг.	-	-	НВП Технова ги
4	4	Бункер для світлого солоду	1	$V = 140 \text{ м}^3$ ; ширина = 5 м; $h_1 = 2,04 \text{ м}$ ; $h = 8,07 \text{ м}$ .	-	-	Агро-інвест
5	5	Бункер темного солоду	1	$V = 45 \text{ м}^3$ ; ширина = 4 м; $h_2 = 1,63 \text{ м}$ ; $h = 2,27 \text{ м}$ .	-	-	Агро-інвест
6	6	Бункер карамельного солоду	1	$V = 30 \text{ м}^3$ ; ширина = 2 м; $h_3 = 0,82 \text{ м}$ ; $h = 1,6 \text{ м}$ .	-	-	Агро-інвест

Арк.

Розрахунки та підбір технологічного обладнання

53

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8
7	7	Бункер несолодженої сировини	1	$V = 30 \text{ м}^3$ ; ширина = 2м; $h_4 = 0,82 \text{ м}$ ; $h = 1,6 \text{ м}$ .	-	-	Агро-інвест
8	8	Повітряно – ситовий сепаратор	1	Продуктивність 8,3 т/год; габаритні розміри 2700x2790x2670; маса 1450 кг.	1,1	10	А1-БІС-100
9	9	Магнітний сепаратор	1	Продуктивність 4-6 т/год; габаритні розміри барабана 800 x 800.	1,3	10	Оліс
10	10	Дробарка тонкого помелу	1	Потужність - 5 т/год; кондиції повітря подачі на фільтр: тиск - 4,5 бар; потік - 55 $\text{м}^3$ /год.	10	7	Меура Німеччина
11	11	Бункер подрібнених зернопродуктів	2	Габаритні розміри 9200x4100x2100 мм	-	-	Агро-інвест
12	12	Предзаторний апарат	1	Продуктивність 30 т/год; відношення води до помолу : 1,9-2,3 л/кг; потік води - 160/год; робоча температура 50 - 85 ; тиск потоку води: 2 бар. Габаритні розміри 4800*4800 мм.	-	-	Нуррмапп
13	13	Шестирінчастий насос	1	Подача до 250 $\text{м}^3$ /год і тиском до 16 Бар.. Маса насоса 475 кг.	-	-	GGH
14	14	Заторний апарат ВКЗ-5	2	Місткість 33 $\text{м}^3$ ; площа поверхні нагріву 20,8 $\text{м}^2$ ; діаметр 4800 мм; висота циліндричної частини 1212 мм; кришки – 2500; сферичного днища – 1060 мм; маса апарата 19500; робоча маса 42000 кг.	32.5	11	Нуррмапп
15	15	Відцентровий насос	8	Потужність 75000-230000 $\text{дм}^3$ /год., маса 475 кг	7,7	8	GGH
16	16	Фільтр-прес	1	Габаритні розміри: діаметр 5800. Робоча маса 29815кг.	-	-	Меура Німеччина
17	17	Збірник дробини	1	Засипом на 6,0 т. Габаритні розміри, мм: довжина — 15000; ширина — 2400; висота — 2300.	-	-	Orion. Group
18	18	Суслозбірник	1	Об'єм 50 $\text{м}^3$ . Габаритні розміри, мм: Н = 4600; D = 3000	-	-	Orion. Group
19	19	Збірник промивних вод	1	Довжина - 3500 мм; діаметр - 3000 мм; об'єм - 24 $\text{м}^3$ .	-	-	Orion. Group
20	20	Теплообмінник	2	Продуктивність – 1500 $\text{дм}^3$ /год, використаного тепло агента – 12 $\text{м}^3$ /год, кількість пластин – 86 шт, поверхня теплообміну - 0,15 $\text{м}^2$ , габаритні розміри мм: 1278x700x1200	-	-	Start-Heat

								Арк.
								54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунки та підбір технологічного обладнання			

## Закінчення табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8
21	21	Сусловарильний апарат	1	Місткість 45,6 м <sup>3</sup> ; площа поверхні нагріву 47,2 м <sup>2</sup> ; діаметр 5200 мм; висота циліндричної частини 967 мм; кришки – 2690 мм; сферичного днища – 1870 мм; маса апарата 20000; робоча маса 58000 кг.	7,5	10	Steinecker Німеччина
22	22	Конденсатор теплообмінника	1	Габаритні розміри: 1000x400 мм	8	-	STEINECKER
23	23	Енерготанк	1	Габаритні розміри мм:1000x4400	-	-	STEINECKER
24	24	Гідроциклонний апарат	1	Продуктивність 792 м <sup>3</sup> /год; повний об'єм 90 м <sup>3</sup> ; діаметр 5700 мм; висота 2500 мм.	-	-	Meura
25	25	Конденсатор пари	1	Габаритні розміри: 1000x400 мм			ОПЭКС -2,4
26	26	Вакуум-насос	1	Продуктивність насоса 150 м <sup>3</sup> /год; тиск 20 м.вод.ст.; маса – 1000кг.; n = 1450 об/хв.	7,5	1,5	AB3-63Д
27	27	Хмелевий бачок	2	Повний об'єм – 0,2 м <sup>3</sup> ; робочий об'єм – 0,05 м <sup>3</sup> ; маса - 430 кг; діаметр - 700 мм; висота - 1313 мм.	-	-	Orion. Group
28	28	Колона для стріпінгу	1	Діаметр 2700 мм Висота 6900 мм	-	-	KRONES AG
29	29	Збірник холодної води	1	Габаритні розміри, мм: 3028x4000			Orion. Group
30	30	Збірник гарячої води	1	Габаритні розміри, мм: 3028x4000	-	-	Orion. Group

								Арк.
								55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Розрахунки та підбір технологічного обладнання</i>			

## 6 ТЕХНОХІМІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА ТА ЙОГО МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Робота заводської лабораторії полягає в тому, щоб контролювати технологічний процес за допомогою зняття параметрів з речовин, які задіяні у виробництві, як при потраплянні їх на підприємство так і в самому процесі. Розташована лабораторія у адміністративному корпусі.

Для проведення фізико-хімічних досліджень у лабораторії повинні бути:

- приміщення для приладів і проведення аналізів;
- вагова;
- зернова;
- підсобні приміщення.

Приміщення лабораторії повинні бути обладнані водопроводом, каналізацією, припливно-витяжною вентиляцією, опаленням, мати природне та штучне освітлення. Поверхня стін у лабораторних приміщеннях повинна бути водостійкою, легко митися; на висоту 1,5 м стіни облицьовують глазурованою плиткою або фарбують водостійкою фарбою світлих тонів; в автоклавних боксах поверхня стін на всю висоту повинна бути облицьована світлою глазурованою плиткою. Підлога у лабораторних приміщеннях має бути гладкою, легко митися, бути стійкою до дії дезінфікуючих засобів, при цьому покриття не повинно мати дефектів, бути слизьким.

Лабораторія повинна мати обладнання та засоби вимірювальної техніки, що необхідні для проведення досліджень. На кожен одиницю обладнання, що використовується, має бути паспорт підприємства-виробника та розроблена і затверджена керівником установи інструкція. Персонал лабораторії забезпечується спецодягом (халатами, шапочками та іншими засобами індивідуального захисту) залежно від характеру робіт.

Виробнича лабораторія складається з приміщень для фізико-хімічних та мікробіологічних досліджень, які забезпечують необхідні умови для їх проведення.

Лабораторія також має бути акредитована згідно з чинним законодавством.

Мікробіологічні відділи виробничих лабораторій повинні мати такий основний набір приміщень:

- ✓ робочу кімнату для проведення досліджень;
- ✓ бокс для посівів;
- ✓ кімнату для знезараження та стерилізації;
- ✓ кімнату для підготовчих робіт (миття посуду, підготовка до стерилізації, приготування поживних середовищ).

Лабораторія стежить за тим, щоб продукти, які задіяні у виробництві були екологічно чисті та безпечні для здоров'я людини.

Схема технохімічного контролю наведена в табл. 6.1 [11].

					<i>Технохімічний та мікробіологічний контроль виробництва та його метрологічне забезпечення</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Таблиця 6.1 – Схема технохімічного контролю виробництва

Об'єкт дослідження	Місце відбору проби	Показники, що визначаються	Показник якості	Нормативні документи	Періодичність контролю	Відповідальний за проведення аналізу
1	2	3	4	5	6	7
Солод під час приймання	В кожній пробі	Зовнішній вигляд	Однор. зернова маса без плісняви	ДСТУ, ТУ	В день надходження на завод	Хімік
		Колір	Світложовтий або жовтий			
		Смак	Солодовий			
	В середній пробі від партії	Прохід крізь сито (2,2*20) мм домішок, %	Не більше 3			
		Масова частка вологи, %	Не більше 5			
Хміль гранульований	В середній пробі від партії	Масова частка вологи, %	Не більше 10,0	ДСТУ, ТУ	Під час приймання	Хімік
		Масова частка альфа-кислот	Не менше 2,5			
Вода для технологічних цілей	В середній пробі	Запах, смак, прозорість	Відповідає показникам	ДСТУ	Один раз на квартал	Хімік
		Жорсткість, ммоль/дм <sup>3</sup>	2-4			
		Ферум, мг/дм <sup>3</sup>	Не більше 0,1			
		Окислюваність, мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	Не більше 0,2			
		Лужність, ммоль/дм <sup>3</sup>	0,5-1,5			
Подрібнення сухого солоду	Бункер для солоду	Склад помелу, %:		ДСТУ	Не рідше 1 разу на декаду і під час установавлення вальців дробарки	Хімік
		Лузга	15-18			
		Мілка крупка	30-35			
		Крупна крупка	18-22			
		Борошно	25-35			
Приготування затору	Заторний апарат	pH затору	5,4-5,6	ДСТУ	1 раз у 10 днів	Хімік

## Продовження табл. 6.1

1	2	3	4	5	6	7
Гаряче сусло	Суשובа рильна лінія	pH сусла	5,2-5,4	ДСТУ, ТУ	Кожна варка. При зміні партій сировини	Хімік
		Оцукрювання	Пробу на йод витримує			
		Колір, ЕВС/см <sup>3</sup> , 0,1 моль/дм <sup>3</sup> розчину I <sub>2</sub> на 100 см <sup>3</sup> води	Світле: 6-10, 0,36-0,63 Темне: 120-150, 9-10			
		Вміст гірких речовин, мг/дм <sup>3</sup>	Світле: 17-23 Темне: 22-26			
Сусло	Суשובа рильний апарат	Кислотність, у см <sup>3</sup> 1 моль/дм <sup>3</sup> р-ну NaOH на 100 см <sup>3</sup> пива	0,9-1,2	ДСТУ	Кожна варка	Технолог
		Колірність, см <sup>3</sup> 0,1 моль/дм <sup>3</sup> р-ну йоду на 100 см <sup>3</sup> води	Не більше 0,23	ДСТУ	Кожна варка	Технолог

Метрологічне забезпечення на підприємстві вказане в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Метрологічне забезпечення

Стадії контролю	Найменування заходів вимірювання	Межі вимірювання
Вологість солоду	Ваги лабораторні 2-го класу точності згідно ГОСТ 24108-88 Шафа сушильна СЕШ 3-М згідно ГОСТ 13586.5-93	0-100 г 105±2 °С
Екстрактивність солоду	Цукромір АЦ-3 Термометр ртутний ТЛ-4 згідно з ГОСТ 28498	0-25 кг/м <sup>3</sup>
Подрібнення солоду	Сита лабораторні із сіткою металевою згідно з ГОСТ 6613	0,25-2 мм
pH затору	pH-метр	0-10
Масова частка сухих речовин в суслі	Пікнометр ПЖ2-50 згідно з ГОСТ 22524 Цукромір АЦ-3	0-50 см <sup>3</sup> 0-25 кг/м <sup>3</sup>
Кислотність суслі	Бюретка 1-2-25-0,1 згідно з ГОСТ 29251 Крапельниця лабораторна скляна згідно з ГОСТ 25336 Розчин гідроксиду натрію концентрацією 0,1 моль/дм <sup>3</sup> згідно з ГОСТ 25794.1	

					Технохімічний та мікробіологічний контроль виробництва та його метрологічне забезпечення	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

## 7 ОХОРОНА ПРАЦІ

*Аналіз виробничого травматизму в галузі та на підприємстві.* У теперішній час в Україні актуальною проблемою є незадовільний стан охорони праці в пивоварній галузі.

Пивоварні підприємства характеризуються досить складним технологічним обладнанням і фізико-хімічними процесами, а також шкідливими та небезпечними умовами праці. Використовуються потужні автоматичні лінії розливу, високотеплові варочні установки, бродильні та ферментаційні установки під тиском і низьким бродінням, силові та холодильні установки тощо.

Відсутність кваліфікованих кадрів, слабкі знання з охорони праці та низька виробнича дисципліна призводять до високого виробничого травматизму та професійних захворювань.

Пивоварний цех пивоварні відноситься до категорії Д (тобто з високим ступенем пожежо- та вибухонебезпечності). Основні небезпеки пивоварного виробництва пов'язані з використанням загальнопромислового обладнання (підйомні машини та механізми, електроустановки, тепловикористовуючі установки, обладнання під тиском тощо), що характеризується наявністю небезпечних зон. Рівень травматизму та професійних захворювань на підприємстві залежить від рівня організації охорони праці та пожежної безпеки, а також від стану трудової дисципліни [16].

*Фінансування заходів з охорони праці на підприємстві.* Витяг з Закону України «Про охорону праці» від 14.10.92 р. № 2694-ХІІ Стаття 19. Фінансування охорони праці:

- 1) фінансування охорони праці здійснюється роботодавцем;
- 2) фінансування профілактичних заходів з охорони праці, виконання загальнодержавних, галузевих та регіональних програм поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, інших державних програм, що спрямовані на запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням, передбачають, поряд з іншими джерелами фінансування, визначеними законодавством, у державному і місцевих бюджетах.

Для приватного пивзаводу відповідно до законодавства про використання найманої праці, витрати на охорону праці становитимуть 0,5 % фонду оплати праці за попередній рік (частина третя статті 19 із змінами, внесеними згідно із Законом № 3458-VI від 02.06.2011).

*Служба охорони праці підприємства.* Оскільки на підприємстві працює понад 50 осіб, служба охорони праці створюється відповідно до Типового положення № 255. Кількість служб охорони праці приймається згідно з «Рекомендаціями щодо структури та кількості служб охорони праці», які є доповненням до стандартних правил охорони праці, у кількості 1 спеціаліста зі спеціальною освітою з охорони праці, який має практичний досвід роботи в пивоварній галузі та призначається на посаду заступника директора. Підпорядковується служба охорони праці безпосередньо директору підприємства [16].

									Арк.
									59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

У системі управління охороною праці підприємства (СУОП), яка здійснюється службою охорони праці спільно з керівництвом підприємства, основними факторами є: законодавство України про охорону праці та про працю, міжгалузевий та галузевий нормативно-правовий акт з питань охорони праці та «Положення про службу охорони праці».

*Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів під час роботи обладнання варильного відділення.* Основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами у варильному цеху є:

- підвищені значення напруги в електричному ланцюзі (технологічне обладнання пивоварного підприємства працює під напругою 380 В);
- підвищена температура поверхонь устаткування ( $t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- підвищена температура повітря робочої зони ( $t = 30\text{...}32\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- підвищений рівень шуму та вібрації на робочому місці.

*Повітря робочої зони.* Мікроклімат, або метрологічні умови виробничих приміщень, визначають такими параметрами: температура повітря приміщення, відносна вологість, рухливість повітря тощо. Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 і ГОСТ 12.1.005-88.

У варильному відділенні відбувається значне виділення тепла, яке передається від корпусу заторних та сушварильних апаратів до повітря в цеху і таким чином нагріває стіни будівлі, обладнання та обшивку за рахунок теплового випромінювання [16].

Найчастішими причинами відхилень параметрів мікроклімату від нормативних є надходження в повітря виробничого приміщення надлишку тепла або водяної пари від працюючого обладнання та різних джерел випаровування.

Заходи захисту від теплового випромінювання можна розділити на чотири групи:

- ✓ усунення джерел тепла;
- ✓ захищення від теплового випромінювання;
- ✓ полегшення віддачі тепла від тіла людини в навколишнє середовище;
- ✓ індивідуальний захист від теплового впливу.

*Загазованість.* У варильному цеху в повітря виділяється лише водяна пара, яка не містить шкідливих речовин.

*Запиленість.* Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» запиленість повітря для варильного відділення не нормується, оскільки відсутнє обладнання для подрібнення та пилоутворення.

*Шум.* Насоси та приводи змішувальних пристроїв створюють шум у варильному відділенні. Норми шуму на робочих місцях регламентуються ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Засоби захисту від шуму:

- ✓ засоби індивідуального захисту;

					Охорона праці	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



до зони підвищеної небезпеки (робота під напругою, у разі пошкодження ізоляції або непрофесійних дій працівника) [16].

*Засоби електрозахисту:*

- заземлення всіх металевих неструмопровідних конструкцій електрообладнання (для приміщень підвищеної небезпеки та особливо небезпечних обов'язкове заземлення всіх неструмопровідних елементів електрообладнання);
- живлення системи автоматизації, світильників освітлення шкал приладів контролю та керування приладами та оглядових ламп на приладах низької напруги (до 12 В);
- застосування системи захисного відключення електропостачання у разі короткого замикання на корпусі електродвигунів приводу машини, або їх перевантаження;
- всі інші механізми, що живляться від змінної напруги 220/380 В, обладнані заземленням та аварійним відключенням;
- електроосвітлення здійснюється напругою струму 127/220 В з обов'язковим встановленням світильників загального освітлення на висоті не менше 5 м;
- усі електрощити повинні бути закриті захисними коробками. Під щитками повинні бути діелектричні ковдри (або підставки);
- приміщення цеху обладнані знаками безпеки;
- ремонт і технічне обслуговування обладнання проводиться тільки при відключенні електромережі [16].

*Заходи з пожежної безпеки.* Виділяють наступні заходи пожежної безпеки для варильного відділення:

- 1) варильний цех належить за вибухо- та пожежонебезпекою до категорії Д;
- 2) згідно з ДБН В.1.1-7-2002 ступінь вогнестійкості для промислових будівель основних цехів не може бути нижчим від другого;
- 3) згідно з ПУЕ за вибухо- та пожежонебезпекою електрообладнання пивоварного підприємства належить до пожежонебезпечної П-Іа; вибухонебезпечної В-Іа;
- 4) кожна галузь харчової та переробної промисловості має узгоджений з Державним пожежним наглядом МВС України перелік споруд і приміщень, які підлягають обладнанню автоматичними засобами пожежогасіння та автоматичною пожежною сигналізацією.

У варильному відділенні немає ні автоматичної сигналізації, ні автоматичної системи пожежогасіння. Усі виробничі приміщення оснащені первинними засобами гасіння пожежі. До них належать: вогнегасники, пожежний інвентар (ковдри з негорючого матеріалу, грубої або товстої вати, пісочниці, бочки з водою, пожежні відра, лопати); пожежні інструменти (гаки, ломи, сокири тощо).

У разі пожежі або інших нестандартних ситуацій у цеху має бути два шляхи евакуації людей. Одним із способів порятунку є вікно з пожежними сходами, що ведуть у зовнішній двір [16].

					Охорона праці	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі обґрунтована технологія пивного сусла з інтенсифікацією технологічних процесів приготування пивного сусла шляхом використання удосконалених технологічних режимів та сучасного технологічного і допоміжного обладнання. В роботі передбачено впровадження наступних технічних рішень.

1. Транспортування солоду і ячменю здійснювати за допомогою норії та шнекового транспортеру. Для очищення зернопродуктів від зернових, мінеральних та металевих домішок використовувати повітряно-ситові та магнітні сепаратори.

2. Подрібнення солоду і ячменю буде здійснюватися сухим способом молотковою дробаркою для забезпечення дрібного фракційного помелу із врахуванням того, що затір буде фільтруватися на автоматизованому фільтр-пресі фірми «Meuca». Такий захід сприятиме більшому переходу в сусло екстрактивних речовин зернопродуктів, здійснювати у варильному відділенні до 12 варок на добу, отримати дробину вологістю до 32 %, що зменшить об'єм її та енерговитрати на транспортування.

3. Застосувати відповідварний спосіб затирання солоду і несолодженої сировини у сучасних заторних апаратах, оснащених мішалками з профільованими плечима, завдяки чому збільшити потужність заторного апарату до 20 %. Використання таких мішалок у заторних апаратах гарантує отримання гомогенного затору, унеможливорює утворення борошняних грудок, забезпечує доступ кисню. Шляхом внесення молочної кислоти затір підкислюється до рН 5,2...5,3 оптимального для дії амілолітичних ферментів, що оцукрюють крохмал і високомолекулярні декстрини.

4. Задля кип'ятіння сусла з хмелем динамічним способом за низького надлишкового тиску використати сусловарильний апарат фірми Steinecker з подвійним відбивним екраном. Такий прийом збільшує площу випаровування та інтенсифікує видалення диметилсульфіта ДМС до його концентрації у суслі 35...50 мкг/дм<sup>3</sup>, скорочує витрату гріючої пари та тривалість кип'ятіння до 60...70 хв.

5. Задля зниження енерговитрат на кип'ятіння сусла з хмелем до 30 % передбачено для попереднього нагріву сусла, що подається в сусловарильний апарат, використання теплоти вторинної пари шляхом включення в технологічну схему енергозберігаючої установки.

6. Охмелене сусла буде освітлюватися у в гідроциклонному апараті типу «Вірпул», а охолодження освітленого сусла – в двосекційному пластинчастому теплообміннику.

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

7. Наприкінці кип'ятіння сусло охолоджують від 102...106 до 90...95 °С і тим самим запобігають новоутворенню ДМС у суслі.

8. Запропоновано використання стріпінгу освітленого сусла для покращення його якості за рахунок інтенсифікації видалення небажаних ароматичних речовин та ДМС, завдяки чому тривалість кип'ятіння зменшується від 90 до 40...50 хв, скорочуються витрати гріючої пари, а концентрація ДМС зменшується до 20...30 мкг/дм<sup>3</sup>.

В роботі передбачений випуск трьох сортів пива: Львівське світле – 65 %, Львівське 1715 – 5 % та Львівське різдвяне темне – 30 %, які виробляють із ячмінного світлого, карамельного та темного солоду та ячменю.

Виконані продуктові розрахунки продуктів, основних та допоміжних матеріалів, на підставі яких розраховано технологічне і допоміжне обладнання. Розроблені схеми технохімічного і мікробіологічного контролю виробництва з метрологічним забезпечення їх та заходи з охорони праці у варильному відділенні.

					<i>Загальні висновки</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Домарецький В.А. Технологія солоду та пива: підруч. Київ: ІНКОС, 2004. 426 с.
2. ДСанПіН 2.2.4-171-10 Вода питна. «Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». [Чинний від 12.05.2010 р.]. Зареєстровано в міністерству юстиції України 1 липня 2010 р. за № 452/17747. (Нормативний документ Мінздраву України. Державні санітарні норми та правила).
3. ДСТУ 3888: 2015 Пиво. Загальні технічні умови. [Чинний від 2015-11-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 16 с.
4. ДСТУ 4282:2018 Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови. [Чинний від 2004-1-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 14 с.
5. ДСТУ 4621:2006 Кислота молочна харчова. Загальні технічні умови. [Чинний від 2008-03-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 23 с.
6. ДСТУ 3769-98 Ячмінь. Технологічні вимоги. [Чинний від 1999-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 1998. 11 с.
7. ДСТУ 7028:2009 Гранули хмелю. Технічні умови. Чинний від 2011-07-01. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 24 с. (Національний стандарт України).
8. Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства: підруч. / С.В. Іванов, В.А. Домарецький, В.Л. Прибильський та ін. ; за заг. ред. д-ра хім. наук, проф. С.В. Іванова. Київ: НУХТ, 2012. 487 с.
9. Кунце В., Мит Г. Технологія солода и пива: пер. с нем. Санкт-Петербург: Профессия, 2009. 1100 с.
10. Курсове і дипломне проектування: методичні рекомендації щодо складання принципів і апаратурно-технологічних схем та умовно графічних зображень в апаратурно-графічних схемах для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності «Технологія продуктів бродіння і виноробство» за ОКР «бакалавр», «спеціаліст», «магістр» / уклад. П.Л. Шиян, В.Л. Прибильський, А.М. Куц та ін. Київ: НУХТ, 2012. 67 с. (№ 8116)
11. Мелетьев А.Є., Тодосійчук С.Р., Кошова В.М. Технохімічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв: підруч. ; за ред. А.Є. Мелетьєва. Вінниця: Нова Книга, 2007. 392 с.
12. Методичні вказівки до виконання і захисту дипломного проекту студентами денної та заочної форм навчання спеціальності «Технологія продуктів бродіння і виноробства» напряму підготовки 6.0951701 «Харчові технології та інженерія» / уклад. А.М. Куц, П.Л. Шиян, В.О. Маринченко та ін. Київ : НУХТ, 2010. 53 с.
13. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту для студентів спеціальності 181 «Харчові технології» освітнього ступеня «бакалавр» усіх форм навчання / уклад. В.Г. Юрчак, В.М. Кошова, З.М. Романова та ін. Київ: НУХТ, 2017. 45 с.
14. Нарцисс Л. Краткий курс пивоварения: пер. з нем. Санкт-Петербург: Профессия, 2007. 640 с.

					<i>Список використаної літератури</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

15. 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.

16. Основи охорони праці: підруч. / М.С. Одарченко, А.М. Одарченко, В.І. Степанов, Я.М. Черненко. Харків: Стиль-Издат, 2017. 334 с.

17. Технологія солоду, пива та безалкогольних напоїв у задачах і прикладах: навч. посіб. / А.Є. Мелетьєв та ін. ; під ред. А.Є. Мелетьєва. Київ: НУХТ, 2007. 256 с.

					<i>Список використаної літератури</i>	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		