

**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**

із спеціальності 181 «Харчові технології»

(шифр та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Харчові технології та інженерія»

на тему:

**«Проект варильного відділення пивзаводу потужністю 20 млн. дал пива на рік з  
інтенсифікацією процесів кип'ятіння сусла з хмелем »**

Виконав: здобувач  
групи ЗТБ-3-1ск

Крегель Юрій Іванович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник

Романова Зоряна Миколаївна  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент

Романовська Тетяна Іванівна  
(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

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

\_\_\_\_\_ Юрій КРЕГЕЛЬ  
(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

## **ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ**

**Крегелю Юрію Івановичу**

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема «Проект варильного відділення пивзаводу потужністю 20 млн. дал пива на рік з інтенсифікацією процесів кип'ятіння сусла з хмелем»**

**Керівник роботи Романова Зоряна Миколаївна, к.т.н., доцент**

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 31 жовтня 2022 року № 776-КС

**2. Строк подання здобувачем роботи 1 лютого 2023 р.**

**3. Вихідні дані до роботи:**

1. Потужність 20 млн. дал пива на рік

2. Матеріали, зібрані під час переддипломної практики.

**3. Асортимент пива (масова частка СР) : Галицька Корона 11%, Ірпінське 12%, «Dinkel» 14,5 %**

**4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Титульний аркуш. Завдання на проектування. Анотація (трьома мовами). Зміст. Вступ. 1. Структура підприємства та режими його роботи. 2. Обґрунтування та вибір способів та режимів отримання сусла. 3. Характеристика проектованої продукції, сировини, основних і допоміжних матеріалів. 4. Технологічні розрахунки. 5. Розрахунки та підбір технологічного обладнання. 6. Енергетичні розрахунки 7. Технохімічний і мікробіологічний контроль виробництва та його метрологічне забезпечення. 8. Охорона праці. Загальні висновки. Список використаної літератури.**

**5. Графічна частина: Апаратурно-технологічна схема – 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	<b>викона но</b>
2.	Обґрунтування та вибір способів та режимів		
3.	Характеристика проектованої продукції, сировини, основних і допоміжних матеріалів		
4.	Технологічні розрахунки	16.11.22-06.12.22	<b>викона но</b>
5.	Розрахунки та підбір технологічного обладнання		
	<b>1-а атестація</b>	<b>07.12.22</b>	
6.	Викреслювання апаратурно-технологічної схеми	07.12.22-30.12.22	<b>викона но</b>
7.	Оформлення креслення і погодження з керівником		
8.	Технологічний і мікробіологічний контроль виробництва та його метрологічне забезпечення	31.12.22-06.01.23	<b>викона но</b>
9.	Охорона праці	07.01.23-15.01.23	<b>викона но</b>
10.	Оформлення пояснювальної записки	16.01.23-30.01.23	
	<b>2-а атестація</b>	<b>31.01.23</b>	
11.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	31.01.23-03.02.23	<b>викона но</b>
12.	Попередній розгляд проекту на кафедрі		
13.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	04.02.23-07.02.23	<b>викона но</b>
14.	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

**Здобувач**

**Юрій КРЕГЕЛЬ**

**Керівник роботи, доцент \_\_\_\_\_**

**Зоряна РОМАНОВА**

## АННОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі на тему: «Проект варильного відділення пивзаводу потужністю 20 млн. дал пива на рік з інтенсифікацією процесу кип'ятіння з інтенсифікацією процесів кип'ятіння сусла з хмелем» передбачено проектування варильного відділення з використанням сучасного обладнання та енергоощадних установок.

У даній кваліфікаційній роботі проаналізовано і обґрунтовано сучасні способи технології пивного сусла та передбачено вивчення та удосконалення процесів кип'ятіння сусла. Для досягнення якісних показників сусла та скорочення енерговитрат передбачено використання суслотварильного апарату системи Stromboli (Німеччина) із внутрішнім нагрівачем та подвійним відбивним екраном.

Сусло розподіляється між нижньою частиною верхнього розподільника та над ковпаком нагрівача; при регулюванні величини зазору у верхньому розподільнику з'являється можливість впливу на площу поверхні киплячого сусла та на інтенсивність його циркуляції, виключається утворення застійних зон та гарна гомогенізація сусла.

Під час роботи над матеріалом було використано 24 джерела літератури.

В даній кваліфікаційній роботі передбачено виробництво наступних сортів пива: «Галицька Корона» 11 %, «Ірпінське» 12 %, «Dinkel» 14,5 %.

**Ключові слова:** солод, несолоджена сировина, пивне сусло, зернопродукти, енергозбереження, кип'ятіння сусла з хмелем, циркуляція, вакуум.

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

## ABSTRAKT

In der Qualifizierungsarbeit zum Thema: „Projekt der Brauabteilung der Brauerei mit einer Kapazität von 20 Millionen Dal Bier pro Jahr mit der Intensivierung des Kochprozesses“ wird die Gestaltung der Brauabteilung unter Verwendung moderner Geräte bereitgestellt und energiesparende Installationen.

In dieser Qualifizierungsarbeit werden moderne Methoden der Bierwürzetechnologie analysiert und begründet sowie die Untersuchung und Verbesserung von Würzekochprozessen vorgesehen. Um Qualitätsindikatoren für die Würze zu erreichen und den Energieverbrauch zu senken, sieht das Diplomprojekt den Einsatz einer Würzemaschine des Systems Stromboli (Deutschland) mit einer internen Heizung und einem doppelt reflektierenden Bildschirm vor.

Die Würze wird zwischen dem unteren Teil des oberen Verteilers und über der Heizkappe verteilt; Durch die Einstellung der Größe des Spalts im oberen Verteiler wird es möglich, die Oberfläche der Würze und die Intensität ihrer Zirkulation zu beeinflussen, die Bildung von stagnierenden Zonen und eine gute Homogenisierung der Würze sind ausgeschlossen.

Geleitet von fortschreitenden Entwicklungen schlägt diese Qualifizierungsarbeit den Einsatz neuer, fortschrittlicherer Technologien zur Herstellung von Würze mit fortschrittlichen Geräten vor, was zur Steigerung der Produktivität in der Brauabteilung und damit im gesamten Unternehmen beiträgt. Vorgeschlagene Maischeverfahren unter Verwendung ungesüßter Rohstoffe. Bei der Bearbeitung des Materials wurden mehr als 20 Literaturquellen herangezogen.

Diese Qualifizierungsarbeit sieht die Herstellung folgender Biersorten vor: „Halytska Korona“ 11 %, „Irpinske“ 12 %, „Dunkel“ 14,5 %.

**Stichworte:** malz, ungemälzte Rohstoffe, bierwürze, getreideprodukte, energieeinsparung, würzekochen mit Hopfen, verkehr, vakuum.

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

## ANNOTATION

In the qualification work on the topic: "Project of the brewing department of the brewery with a capacity of 20 million dal of beer per year with the intensification of the boiling process" the design of the brewing department is provided with the use of modern equipment and energy-saving installations.

In this qualification work, modern methods of beer wort technology are analyzed and substantiated, and the study and improvement of wort boiling processes are provided for. In order to achieve quality indicators of wort and reduce energy consumption, the diploma project envisages the use of a Stromboli (Germany) system wort machine with an internal heater and a double reflective screen.

The wort is distributed between the lower part of the upper distributor and above the heater cap; when adjusting the size of the gap in the upper distributor, it becomes possible to influence the surface area of the wort and the intensity of its circulation, the formation of stagnant zones and good homogenization of the wort are excluded.

Guided by progressive developments, this qualification work proposes the use of new, more advanced technologies for preparing wort using advanced equipment, which contributes to increasing productivity in the brewing department and, accordingly, the enterprise as a whole. Proposed mashing processes using unsweetened raw materials. During the work on the material, more than 20 literature sources were used.

This qualification work provides for the production of the following types of beer: "Halytska Korona" 11%, "Irpinske" 12%, "Dunkel" 14.5%.

**Key words:** malt, unmalted raw materials, beer wort, grain products, energy saving, boiling wort with hops, circulation, vacuum..

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

## Зміст

<b>АНОТАЦІЯ</b> .....	3
<b>ВСТУП</b> .....	8
<b>1. СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ</b> .....	10
1.1 Структура підприємства.....	10
1.2 Режими роботи.....	11
<b>2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ЗАТИРАННЯ ЗЕРНОПРОДУКТІВ</b> .....	11
2.1 Обґрунтування асортименту проекрованої продукції.....	11
2.2 Принципова технологічна схема.....	12
2.3 Аналіз і вибір технологічних способів та режимів виробництва.....	14
2.4 Опис апаратурно - технологічної схеми.....	29
<b>3. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ</b> .....	30
2.1 Характеристика проекрованої продукції.....	30
2.2 Характеристика сировини.....	33
2.3 Характеристика основних і допоміжних матеріалів.....	35
<b>4 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ</b> .....	37
4.1 Вихідні дані до технологічних розрахунків.....	37
4.2 Продуктові розрахунки.....	37
4.3 Розрахунки основних і допоміжних матеріалів.....	38
<b>5. РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ</b> ....	49
<b>6. ЕНЕРГЕТИЧНІ РОЗРАХУНКИ</b> .....	60
<b>7. ТЕХНОХІМІЧНИЙ І МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА ТА ЙОГО МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ</b> .....	72
<b>8. ОХОРОНА ПРАЦІ</b> .....	77
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b> .....	80
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	81

					Проект варильного відділення пивзаводу потужністю 20 млн. дал пива на рік з інтенсифікацією процесів кип'ятіння сусла з хмелем					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Крегель Ю.І.</i>			Розрахунково – пояснювальна записка			7	60	НУХТ ННІХТ, каф. БПБВ, ЗТБ-3-1ск 2023
<i>Перевір.</i>		<i>Романова З.М.</i>								
<i>Реценз.</i>										
<i>Н. Контр.</i>										
<i>Зав.каф</i>		<i>Куц А.М.</i>								

## Вступ

Згідно завдання кваліфікаційної роботи було розглянуто способи і системи кип'ятіння сусла з хмелем та підібрано найбільш досконалий спосіб ЕКОТЕРМ та використання суслотварильного апарату системи Stromboli (Німеччина).

Для досягнення якісних показників сусла та скорочення енерговитрат кваліфікаційною роботою проаналізовано і вивчено процеси кип'ятіння сусла. За час кип'ятіння сусла відбувається і ароматизація хмелем (ізомеризація хмелевих сполук), і стабілізація його складу. Також, цей процес дає змогу випарювати сусло до встановленої концентрації. Відбувається екстрагування з хмелю ароматичних і гірких речовин, інактивація ферментів, коагуляція білків та стерилізація сусла. Завдяки процесу кип'ятіння відбувається інактивація ферментів та повна стерилізація сусла.

У даній кваліфікаційній роботі було розглянуто інтенсифікацію процесів кип'ятіння, а саме використання суслотварильного апарату системи Stromboli із внутрішнім нагрівачем та подвійним відбивним екраном [9,17]. Сусло розподіляється між нижньою частиною верхнього розподільника та над ковпаком нагрівача; при регулюванні величини зазору у верхньому розподільнику з'являється можливість впливу на площу поверхні сусла та на інтенсивність його циркуляції, виключається утворення застійних зон та гарна гомогенізація сусла.

Спочатку на підприємстві Steinecker розроблено суслотваркову систему Ecoterm. Відмінні риси системи:

- поєднання природної та примусової циркуляції сусла;
- гнучка система управління температурою пари, що гріє, і кратністю примусової циркуляції;
- подвійний відбивач сусла. Кип'ятіння в цій системі дозволяє краще зберегти азотисті фракції, знизити вміст диметилсульфіду.

Недолік: швидкість потоків у трубах внутрішнього нагрівача не однакова.

Підприємство Steinecker випустило новий суслотварковий апарат системи Stromboli, у ньому усунуто нерівномірність руху сусла в трубах та підвищено технологічну ефективність, а також:

- ефективне керування процесом кип'ятіння;
- хороше збереження білкових фракцій;
- ефективне видалення небажаних ароматичних сполук;
- економія енергії, води та миючих засобів та зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

У кваліфікаційній роботі пропонується обґрунтування та виробництво такого сорту пива як Галицька Корона, Ірпінське та Dunkel, що виготовляються із солоду світлого високої якості, несолодженого ячменя, карамельного солоду та з використанням рисової січки для пива «Ірпінське».

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

Подрібнення солоду планується проводити на дробарці кондиційованого подрібнення, яка дає змогу збільшити еластичність оболонок зернопродуктів, зростає вихід і кінцева ступінь зброджування, швидше досягатиметься повнота оцукрювання, незначно збільшуються витрати на обслуговування у порівнянні з використанням інших дробарок, а для подрібнення несолодженої сировини використовуватиметься валкова дробарка.

Записка до кваліфікаційної роботи виконана на 85 ст. аркушів формату А4. з урахуванням додатків. Графічна частина виконана аркушах формату А1 і включає 2 позиції: 1 – апаратурно-технологічну схему; 2– демонстраційний плакат.

При виконанні кваліфікаційної роботи використано 24 джерела літератури.

					ВСТУП	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1. СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ.

## 1.1 Структура підприємства

На підприємстві з виробництва пива до основних цехів і відділень належать такі:

- варильне;
- бродильно-лагерне (чи ЦКБА);
- дріжджове відділення;
- солодовий цех;
- цех розливу пива.

До допоміжних цехів та відділень відносять:

- компресорний цех;
- котельня;
- відділ збуту продукції;
- відділ постачання;
- лабораторія;
- механічна майстерня; електрична майстерня;
- тарний відділ; транспортний відділ.

Складські приміщення: тарний склад; склад готової продукції; матеріальний склад; склад для солі; склад для хмелю [19,20].

## 1.2. Режим роботи виробничих цехів, відділень, дільниць

Керівна ланка підприємства працює в одну зміну по 8 годин 5 днів на тиждень. Основне виробництво працює безперервно у дві зміни по 12 годин. Цехи розливу працюють по 8 годин у дві зміни.

Режими роботи цехів і відділень записані у вигляді таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Режим роботи цехів і відділень

№	Цехи та відділення	Початок зміни, год	Кінець зміни, год	Перерва, год	Тривалість зміни	
1	Керівництво заводу (працюють в одну зміну)	8-30	17-15	13-00 – 13-30	8-15	
2	Основні цехи, що працюють у дві зміни:	1 зміна	8-00	20-00	13-00 – 13-30	12-00
		2 зміна	20-00	8-00	1-00 – 1-30	12-00
3	Цехи розливу:	1 зміна	7-00	15-00	12-00 – 12-30	8-00
		2 зміна	15-00	23-00	20-00 – 20-30	8-00
4	Допоміжні цехи	8-30	17-15	13-00 – 13-30	8-15	

					Обґрунтування та вибір способів та режимів	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

## 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СПОСОБІВ І РЕЖИМІВ ПРИГОТУВАННЯ СУСЛА

### 2.1 Асортимент та обсяг проекрованої продукції

Виробництво пива – доволі тривалий і надзвичайно складний біотехнологічний процес. З метою отримання солоду, що збагачений активними ферментами, зерно замочують і пророщують. Надалі за допомогою дріжджів та їх ферментів отримують пивне сусло в результаті ферментативних перетворень білків та крохмалю, що утворюють пивне сусло [15]. Вода, ячмінь, хміль ( ферменти) є основними видами сировини для виробництва пива. Також широкого використання набули інші зернові (рис, кукурудза, ячмінь та їх борошно) та бобові культури. Для використання ячменю також існують нормативи, а саме використання тільки спеціальних його сортів – пивоварних ячменів.

Пиво — це слабоалкогольний пінистий напій, одержаний із пророслих і непророслих зернових культур спиртовим зброджуванням охмеленого сусла пивними дріжджами. Воно втамовує спрагу, підвищує тонус організму, покращує обмін речовин та процеси травлення. Пиво - це я невід’ємну харчова добавка, так як має певну харчову цінність. Проте, щоб отримати якісне пиво, потрібно зварити сусло з високим вмістом екстрактивних речовин

Згідно завдання кваліфікаційної роботи було розглянуто способи і системи кип’ятіння сусла з хмелем та підібрано найбільш досконалий спосіб ЕКОТЕРМ та використання сусловарильного апарату системи Stromboli (Німеччина) із внутрішнім нагрівачем та подвійним відбивним екраном .

Внесення хмелепродуктів до сусловарильних апаратів механізовано і автоматизовано, а завантажувально-дозувальний вузол здійснюють вручну.

Пиво – слабоалкогольний пінистий напій, насичений CO<sub>2</sub> , Це напій, який гарно втамовує спрагу, поліпшує обмін речовин і має профілактичні властивості, якщо вживати його в помірних кількостях.

Двома основними видами пива є лагер — пиво низового бродіння і ель — пиво верхового бродіння, які в свою чергу поділяюся на сорти.

Пиво з малим вмістом алкоголю має густину до 5 %, середнім — до 12 %, міцне пиво — понад 14 %.

За типом розрізняють світле, напівтемне, темне пиво.

Залежно від екстрактивності початкового сусла :

- світле — 8-13 %,
- напівтемне і темне — 11-23 %.

За способом механічної обробки розрізняють пиво :

- фільтроване;
- нефільтроване.

Нефільтроване пиво буває освітлене і неосвітлене.

За способом обробки :

					СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

- пастеризоване;
- непастеризоване.

Залежно від особливостей виробництва:

- безалкогольне — не більше 0,5%об. алкоголю;
- міцне — не більше 8,5 %об.;
- спеціальне — із застосуванням смакових і ароматичних добавок.

*Таблиця 2.1 – Асортимент та обсяг проективної продукції*

Сорт пива	Обсяг виробництва пива, за рік					
	Обсяг млн.дал	Відсоток від загальної кількості	Скляні пляшки		Кеги	
			Млн. дал	Відсоток від загальної кількості	Млн. дал	Відсоток від загальної кількості
Галицька Корона	13	65	9,1	70	3,9	30
Ірпінське	6	30	1,5	30	4,5	70
Dunkel	1	5	0,05	5	0,95	95
Всього	20	100	10,65	-	9,35	-

					Обґрунтування та вибір способів і режимів	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

## 2.2 Принципова технологічна схема

Принципову технологічну схему наведено на рис. 2.1.

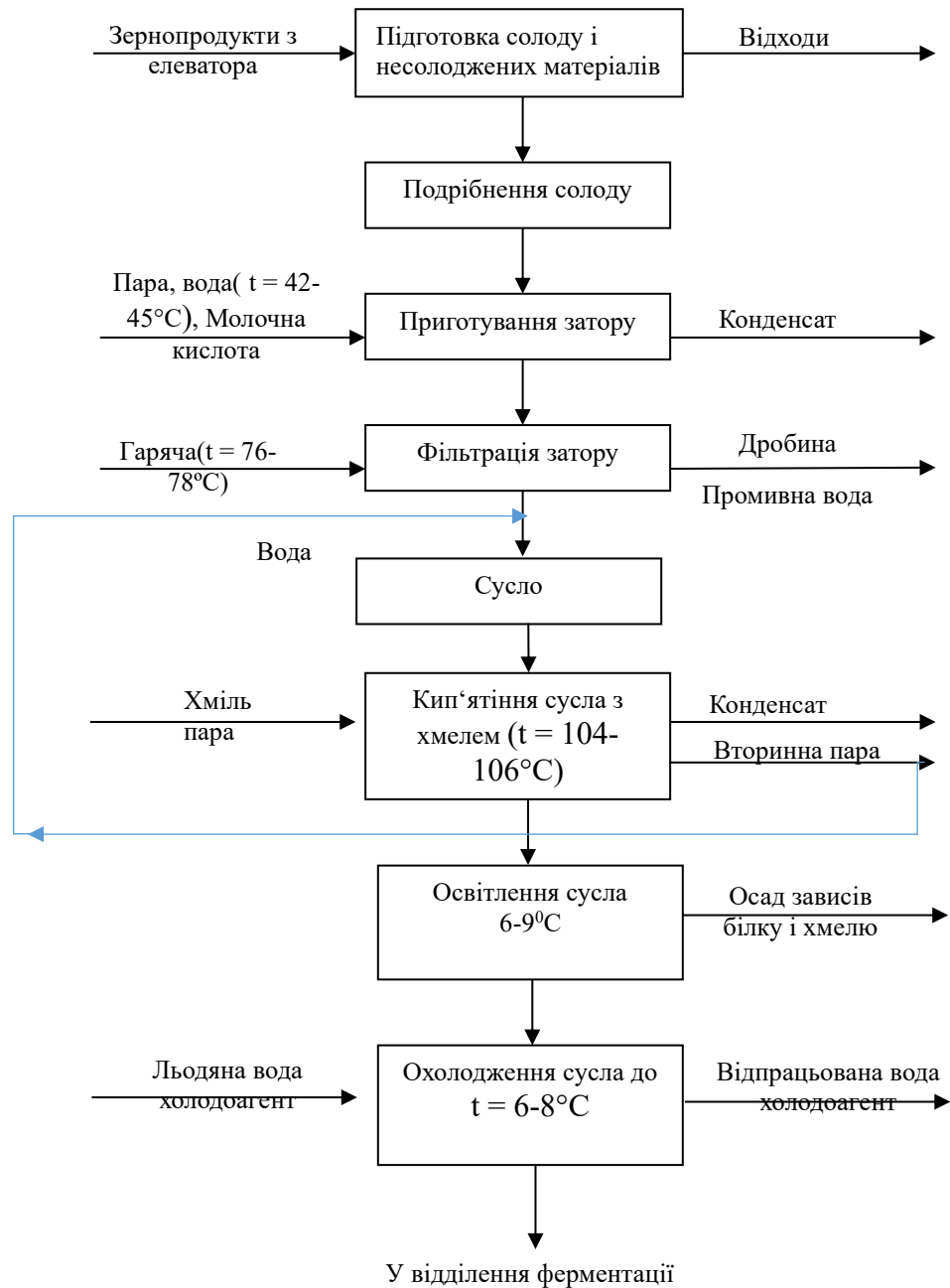


Рис 2.1 – Принципова технологічна схема приготування пивного сусла  
Сусло освітлене

## 2.3 Аналіз і вибір технологічних способів та режимів виробництва

**Транспортування.** Ячмінь і готовий солод, до моменту його подрібнення, в межах підприємства повинні неодноразово переміщуватися. Транспортування сипучого матеріалу по заводу здійснюється за допомогою двох видів транспортних засобів:

- ✓ механічні;
- ✓ пневматичні, за допомогою яких сипучий матеріал переміщується по трубопроводам потоком повітря.

Розрізняють такі механічні транспортні засоби:

- ✓ норії, або елеватори для вертикального переміщення;
- ✓ шнекові транспортери;
- ✓ стрічкові транспортери для горизонтального переміщення.

Перевагами норії є те, що це найбільш рентабельний транспортний засіб (в зв'язку з невеликим енергоспоживанням), і саме тому норії набули широкого розповсюдження. Вони легкі в обслуговуванні, безпечні в експлуатації і потребують мінімального догляду і ремонту [9,18,19].

Але норії мають і недоліки, до яких можна віднести те, що нижня частина норії ніколи не випорожнюється повністю. Це особливо негативно впливає, коли одним і тим же підйомником піднімають різні види сипучих матеріалів. Крім того, якщо відбувається збій в електропостачанні, то норія під тяжкістю наповнених ковшів починає рух в протилежну сторону. В зв'язку з цим монтують спеціальний блокуючий пристрій.

Найбільш розповсюдженим засобом для горизонтального транспортування ячменю і солоду до цих пір залишається **шнековий транспортер**. Перевагами шнекового транспортеру є те, що не дивлячись на досить високе енергоспоживання, він являється досить рентабельним видом горизонтального (або з підйомом до 30°) транспорту. Тому для переміщення на короткі відстані застосовують, в основному, шнекові транспортери.

Недоліком його являється те, що між жолобом і гвинтом шнеку завжди повинен залишатися проміжок від 3 до 5 мм ( в протилежному випадку шнек буде зачіпляти за жолоб), і тому повне випорожнення жолобу неможливе. Крім того краї шнеку з часом гостро заточуються і можуть пошкоджувати зерно.

Шнеки бувають : з простим суцільним гвинтом; з стрічковим гвинтом і відкритою внутрішньою частиною; з переривчастим стрічковим гвинтом, виконаним у вигляді взаємно змішаних півдуг; лопатеві з роздільними гвинтовими лопатями.

Для **стрічкових транспортерів** характерними є бережливість при переміщенні матеріалів і низьке енергоспоживання. Такі транспортери краще використовувати для великих об'ємів матеріалів, так як вони займають відносно велику площу. [9,10]

Для переміщення безтарних сипучих матеріалів широко використовують **пневмотранспортне** обладнання. В цих приладах ячмінь та солод переміщується по трубах потоком повітря. Щоб підняти транспортуємий

					Обґрунтування та вибір способів і режимів	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріал, потрібна швидкість повітря близько 11 м/с, однак щоб сировина переміщувалася надійно, зазвичай застосовують високі швидкості потоку повітря – 20 м/с. Такий потік повітря отримують за допомогою роторних повітродувок або вентиляторів високого тиску.

Перевагами пневмотранспорту є : можна переміщувати великі маси сировини; не велика необхідність в площі; в установці не залишаються залишки сировини; пневмотрубопроводи можна робити зігнутими; відсутня небезпека запалення.

Існує два види пневмотранспорту:

- ✓ всмоктуючі установки з розріджуванням в транспортному трубопроводі;
- ✓ нагнітаючі пневмоустановки з надлишковим тиском в транспортному трубопроводі.

Солод, що надходить на завод зберігається до переробки в силосах. Ці силоси не аеруються, оскільки солод вже не дихає. Перед прийманням солоду перевіряється відповідність зразків партії з допомогою експресаналізу. Перед переробкою солод очищують від забруднень і зважують необхідну для варки кількість засипу.

В даному дипломному проекті запропоновано використання механічного способу транспортування, а саме норії та транспортери.

Приготування пивного сусла для виробництва пива може здійснюватися різними способами, і, як відомо кожен з них має свої переваги і недоліки. Отже, розглянемо детальніше кожен із них. Виробництво сусла розпочинається з подрібнення солоду.

**Подрібнення.** При затиранні ферменти для розщеплення речовин солоду повинні мати можливість в них проникнути. Для цього солод повинен бути подрібненим. При цьому оболонки мають бути по можливості збережені цілими, так як вони необхідні для освітлення. Сухі оболонки легко руйнуються, і отримані в результаті мілкі частки сильно знижують фільтруючу властивість оболонок. З іншого боку, чим більша вологість оболонок, тим вони еластичніші. Шляхом зволоження оболонок можна підвищити їх еластичність і краще зберегти, що прискорює процес освітлення. Цю стадію підготовки називають кондиціонуванням солоду.

*Метою подрібнення є* створення найсприятливіших умов для дії води та ферментів на фракції помелу; прискорення фізичних та хімічних процесів, чим забезпечується швидке розчинення речовин та ферментативне перетворення нерозчинних сполук у розчині, тобто досягти повного переведення екстракту зернопродуктів у розчин [9].

Солод подрібнюють в дробарці.

**За характером процесу розрізняють :**

- ✓ сухе подрібнення;
- ✓ мокре подрібнення;
- ✓ кондиційоване мокре подрібнення.

На пивоварних заводах частіше за все використовують дробарки сухого подрібнення. В них сухий солод подрібнюється між попарно розміщеними

					Обґрунтування та вибір способів і режимів	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

валками. По кількості валків розрізняють **дробарки сухого подрібнення**: двохвалкові; чотирьох валкові; п'яти валкові; шести валкові.

Найкраще серед них себе зарекомендували і частіше всього зустрічаються шестивалкові дробарки. Вони забезпечують такий склад помелу : оболонки – 15%, крупна крупа – 11 – 25%, дрібна крупа – 30 – 32%.

Перевагою цього подрібнення є те, що цей спосіб здійснюється просто, можна регулювати склад помелу, а недоліком – перетирання оболонок зерна, що перешкоджає подальшому фільтруванню затору, але потужність таких дробарок на сьогодні складає до 14 т/добу, і тому вони в змозі менше ніж за годину змолоти солод для всієї варки.

При **подрібненні солоду в мокрому стані**, оболонка зерна залишається майже непошкодженою і тим самим поліпшується фільтрування затору та підвищується вихід екстракту. Замочування сухого солоду перед подрібненням дає можливість виділити небажані гіркі й дубильні речовини, а також кремнієву кислоту, отже поліпшується смак пива.

Подрібнювачі для сухого подрібнення використовують двохвальцьові, чотирьохвальцьові (БДА – 1М) і найбільш досконалі – шестивальцьові фірми «Meag» (Німеччина), фірми «Schmidt-Seeger» (Німеччина), фірми «Buehler» (Німеччина). Установки с водяним кондиціонуванням «Schmidt-Seeger» (Німеччина). Дробарки нового покоління для мокрого дроблення - одні фірми «Hurrman, Kunze W.» - для кондиціонованого дроблення; інші підприємства «Steinecker» групи Krones – для мокрого дроблення; треті займають проміжне положення – для мокрого дроблення з м'яким кондиціонуванням.

Дробарка мокрого помелу складається із корпусу солододробарки, над яким встановлений бункер з конічним випуском. В цьому бункері здійснюється зволоження солоду.

При **замочувальному кондиціюванні** використовуються переваги мокрого подрібнення, коли солод протягом 50 – 60 с контактує при 50 – 70°C з 60 л води/100 кг солоду. За короткий час поглинути воду (близько 15л/100кг) встигають тільки оболонки, підвищуючи свою вологість до 18 – 20%. Оболонки набувають еластичності. Таку ж кількість води поглинає і поверхня зерен, а її надлишок (20 – 30 л/100 кг солоду) відводиться. Таке короткочасне кондиціонування змушує створювати примусовий рух солоду, щоб отримати потрібне зволоження. Далі солод поступає на подрібнення в дробарку мокрого помелу, де відразу ж змішується з водою, що подається для затирання.

При затиранні відразу ж починається активація ферментативних процесів і у цей момент рекомендується проводити біологічне підкислення.

Переваги при використанні дробарок нового покоління в порівнянні з сухим і кондиційованим подрібненням:

- відпадає необхідність у декотрих видах допоміжного обладнання;
- стабільні показники помелу за рахунок автоматизації за зміни параметрів солоду;
- зниження тривалості дроблення та питомих енерговитрат;

					Обґрунтування та вибір способів і режимів	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

- виключається пилоутворення та солододробарка займає меншу площу, можливість встановлення у варильному цеху;
- ефективно перемішування солоду з водою, можливість автоматично коригувати рН затора в камері змішування;
- герметична конструкція системи забезпечує мінімальний контакт із киснем повітря;
- знижуються капітальні та експлуатаційні витрати на дроблення солоду.

*У кваліфікаційній роботі рекомендується використовувати мокрий кондиційований спосіб подрібнення, бо використовується фільтрування на фільтраційному апараті.*

Для приготування пивного сусла необхідний заторний, фільтраційний та суслотварковий апарати, з'єднані трубопроводами в єдину систему – варильну установку. За кількісним складом основного технологічного обладнання розрізняють двоапаратні варильні установки (заторно-суслотварковий та заторно-фільтраційний апарати - не більше 2 варок на добу); триапаратні варильні установки (заторний, фільтраційний, суслотварковий апарати-до 8 варок на добу); чотириапаратні варильні установки (два заторні, фільтраційні та суслотваркові апарати-оборотність таких сучасних установок 12-14 варок на добу, порівняно з попереднім поколінням 4-3,6 варок на добу); п'ятиапаратні варильні установки (різні варіанти комплектації – до 12 варок на добу); шестиапаратні варильні установки (встановлювали на великих пивоварних підприємствах наприкінці минулого століття – 5,4-6 варок на добу)

**Затирання** – один з найважливіших процесів при виробництві сусла. При затиранні помел зернопродуктів перемішуються з водою, компоненти солоду переходять у розчинений стан і стають речовинами екстракту.

**Мета** затирання - розщепити крохмаль на зброджувані цукри і розчинні декстрини. При цьому утворюються і інші екстрактивні речовини. Основна кількість екстракту утворюється при затиранні завдяки дії ферментів, які можуть діяти при оптимальних для них умовах [9, 17].

При затиранні подрібненого солоду чи суміші подрібненого солоду і несолоджених матеріалів розчиняються часточки речовин, які можуть переходити у розчин без участі ферментів, набухають речовини, що знаходяться в колоїдному стані. В процесі затирання необхідно створити оптимальні умови для дії ферментів. Тому передбачають витримування затору за температур, найбільш сприятливих для дії гідролітичних ферментів.

**Способи затирання** бувають двох груп:

- настійні;
- відварні.

Відварні способи в свою чергу поділяються на :

- ✓ одновідварні;
- ✓ двовідварні;
- ✓ тривідварні.

Важливими температурними паузами: початок затирання температурі 40 – 45°C ( дія цитолітичних та інших ферментів); температура 50 – 52°C – білкова

					Обґрунтування та вибір способів і режимів	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

пауза, оптимальна для дії пептидаз; 60 – 65°C ( дії β-амілази) і 70° С ( дії α-амілази). Температура 73°C є граничною для оцукрювання затору, вона близька до температури руйнування α-амілази, але при 78° С декстрини ще утворюються.

При способі з відварками температуру підвищують, бо частину затору (відварку) відділяють, підвищують температуру і кип'ятять. При протилежному перекачуванні до основного затору температура всього затору підвищується на наступну сходинку температурної паузи.

**Одновідварні** це ті ж настійні, у яких підвищення температури, частіше до 65 і 75°C, досягають шляхом відділення, кип'ятіння і зворотної перекачки відварки. Схема такого одновідварного способу може бути наступною : початок затирання при 35°C і повільне нагрівання до 50°C; пауза при 50°C і нагрівання всього затору до 63°C, більш довга пауза (мальтозна).

Відділення і кип'ятіння відварки 15 – 30 хвилин. Потім об'єднання відварки з залишком затору з наступним підвищенням температури до 75°C і оцукрюванням.

Одним з варіантів відварних способів є затирання з кип'ятінням всієї густої частини затору: в цьому випадку затирають при 35°C і відбирають відстояну рідку частину затору, біля 20°C. Всю густу частину, що залишилася нагрівають до кип'ятіння при дотриманні необхідних температурних пауз і кип'ятять 30 – 40 хв. Потім частину затору, що залишилася охолоджують до 65°C, при цьому за рахунок додавання рідкої частини затору утворюється мальтоза, потім затір нагрівають до температури оцукрювання і після оцукрювання затір перекачують у фільтраційний апарат [9].

**Двовідварний спосіб** класичний починається з нагрівання до 50°C. Після загальної для всього затору короткою температурною паузою

відбирається густий затір і після наступної витримки необхідних коротких температурних пауз він нагрівається до кипіння, 15 – 20 хв кип'ятиться, і шляхом його перемішування температура всього затору підвищується до 63°C і витримується пауза. Через короткий час відбирається вдруге густий затір і нагрівається до кипіння. Друга відварка кип'ятиться менше, з її допомогою загальний затір нагрівається приблизно до 75°C і перекачується в фільтраційний апарат. Двовідварний спосіб триває десь 3 – 3,5 годин [9,17].

**Настійні способи.** Найпростішою групою серед способів затирання є настійні. Так як при застосуванні цих способів весь затір ніколи не розділяється. Нагрівання всього затору здійснюється поступово, з витриманням температурних пауз, необхідних для дії ферментів.

Для настійного способу затирання необхідна одна ємкість, але потрібно дві з метою дезинфекції за потреби.

Затір не перекачується, поглинання повітря мінімальне, що являється позитивним фактором, оскільки кисень при затиранні зернопродуктів призводить до окиснення поліфенолів, а з ними – до розмивання смаку і більш високої колірності готового продукту - пива.

					Обґрунтування та вибір способів і режимів	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У заторний апарат набирають половину розрахункової кількості води (щоб початкова температура при змішуванні води з солодом була 40° С), а потім – одночасно подрібнений солод і залишок води після перемішування. Затір витримують 30 хв при температурі 40°С. При перемішуванні його підігрівають до 52° С зі швидкістю 1°С за хвилину й для ефективної дії пептидаз при цій температурі роблять паузу на 30 хв. Далі масу підігрівають до 63° С (мальтозна пауза), витримують 30 хв, потім – до 72° С і витримують до оцукрювання, що визначають за йодною пробою. Оцукрений затір нагрівають до 75 – 77°С і перекачують у фільтраційний апарат на фільтрування.

Вихід екстракту при цьому способі затирання нижчий, ніж при відварному але у заторі краще зберігаються амілолітичні і протеолітичні ферменти, у суслі міститься більше потрібних амінокислот і мальтози. У суслі, приготовленому настійним способом, мало декстринів, тому зброджується воно глибше. Настійний спосіб затирання зернової сировини в основному застосовують при отриманні сусла для верхнього бродіння.

При використанні настійних способів весь затір ніколи не розділяється. Нагрівання всього затору здійснюється поступово, але дотримуються видержування температурних пауз, необхідних для дії ферментів.

Для настійного способу затирання необхідна тільки одна ємкість для нагрівання. Так, як затір не перекачується, використання повітря є мінімальним, що являється позитивним фактором, оскільки кисень при затиранні призводить до окиснення поліфенолів, а з ними і до розмивання смаку і більш високій колірності готового продукту [9].

#### ***Переваги настійного способу:***

- ✓ не трудомісткий;
- ✓ допускають можливість здійснювати автоматизацію процесу;
- ✓ сприяють низькій необхідності в енергії, ніж відварні способи;
- ✓ легше контролюються.

Недоліком настійних способів є більш повільне досягнення йодної проби і відповідно – дещо менший вихід варильного відділення при переробці солоду з поганою розчинністю.

Переваги настійних способів ведуть до того, що в сучасний час вони знаходять все більше розповсюдження.

Призначення сучасних заторних апаратів зводиться до оцукрювання зернопродуктів. Колишні конструкції заторних апаратів оснащували якірними та рамними мішалками, сучасні – більш ефективними пристроями, що перемішують. У сучасних апаратах мінімізують контакт затора з киснем повітря та оснащують системами безрозбірного миття. Сучасні заторні апарати керуються за допомогою загальної системи управління варильною установкою за заданою програмою.

Кваліфікаційною роботою передбачено використання рисової січки у рецептурі пива «Ірпінське».

*Затирання з рисом — варіант 1.*

					Обґрунтування та вибір способів і режимів	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рис затирають з 10-20 % солодової частини засипу при температурі 50 °С і витримують 10-15 хв. Щоб затор не був надто густим гідромодуль складають приблизно 1:4. Температуру повільно піднімають до 72-75 °С і витримують 10 хв. Далі температуру протягом 15-20 хв підвищують до 85 °С, рисовий крохмаль при цьому клейстеризується і розріджується. Затор із несолодженої сировини доводять до кипіння і кип'ятять протягом 30-40 хв. В момент початку кип'ятіння затору із несолодженої сировини, починають окремо затирати солод при температурі 50 °С(білкова пауза).

Затір із несолодженої сировини повільно при постійному перемішуванні перекачують і об'єднують з солодовим затором. Температура об'єданого затору становить 63 °С . В момент початку кип'ятіння затору із несолодженої сировини, починають окремо затирати солод при температурі 50 °С(білкова пауза). Затор із несолодженої сировини при постійному перемішуванні повільно перекачують у солодовий затор. Температура об'єданого затору становить 73-75°С. Після оцукрювання загальний затор нагрівають до 78 °С і перекачують на фільтр-апарат.

#### *Затирання з рисом — варіант 2*

Рис затирають і клейстеризують при 85-90 °С. В'язкість затору після клейстеризації не повинна бути надто високою, так як затор буде густим, внаслідок чого будуть утворюватись комки і пригорання, внаслідок чого можуть виникнути труднощі при оцукрюванні. Тому рис необхідно затирати з гідромодулем як мінімум 1:5 [17]. Гарячий рисовий затір змішують з більш холодним солодовим затором (20 % від маси солоду), початок затирання якого проходить при 30-50 °С, при цьому отримують температуру суміші 72-75 °С. При 72-75 °С витримують паузу 20-30 хв; клейстеризований рисовий крохмаль розріджується активними ферментами солоду. Розріджений рисовий затір нагрівають до кипіння і кип'ятять 30-40 хв [17]. На початку кип'ятіння рисового затору решту солоду затирають при 50 °С. Рисовий затор при постійному перемішуванні перекачують у солодовий затор, температура становить 63 °С. Після 15 хвилинної паузи відбирають густий затор і кип'ятять 15 хв. Шляхом повернення цього затору температура загального затору підвищується до 74°С. Після оцукрювання загальний затор нагрівають до 78 °С і перекачують на фільтр-прес.

*Кваліфікаційною роботою передбачено застосування одновідварний враховуючи його простоту та можливість робити більшу кількість заторів з меншою витратою пари.*

Одним із сучасних та найбільш ефективних є апарат конструкції Steinecker – здійснюється інтенсивне перемішування затора при невеликих зсувних напругах, що знижує утворення  $\beta$ -глюкану, механічне травмування та інактивацію ферментів; заторний апарат Shakes Beer - дозволяє покращити якість затора, знизити витрати енергії та скоротити час затирання до двох годин.

**Фільтрування затору.** Після затирання затір складається із суміші розчинних і нерозчинних в воді речовин.

					Обґрунтування та вибір способів і режимів	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Водяний розчин екстрактивних речовин називається суслom, а нерозчинна частина – дробина. Дробина в основному складається із м'яких оболонок, зародків і інших речовин, нерозчинних внаслідок затирання.

Для приготування пива використовують сусло, яке повинно бути відділене від дробини як можна краще. Процес розділення фаз називають фільтруванням. Фільтрування – процес розділення неоднорідних систем із твердою дисперсною фазою, що ґрунтується на затриманні твердих часточок і пропускання прозорої рідини пористими перегородками [9].

Фільтрування затору на фільтраційному апараті - процес, при якому дробина бере на себе роль фільтруючого матеріалу.

Фільтрування затору проходить в дві окремі стадії:

- збір першого сусла;
- вимивання затриманих екстрактивних речовин з дробини.

Сусло, що проходить через дробину є першим суслom. Коли перше сусло стече з дробини, в ній ще залишається екстракт. Щоб підприємство могло працювати економно, екстракт потрібно вимити (дробину після стікання першого сусла промивають). При промиванні дробини сусло розбавляється. Для установки потрібної концентрації сусла в кінці фільтрування затору необхідно, щоб перше сусло мало екстракту на 4 – 6% більше, ніж початкова екстрактивність виготовляемого пива, тобто при виготовленні пива з масовою концентрацією сухих речовин в початковому суслі 12% концентрація сухих речовин в початковому суслі повинна бути 16 – 20%.

Чим більше промивних вод проходить через дробину, тим вищий вихід екстракту, однак чим більше води проходить через дробину тим більше води доведеться випарювати в процесі кип'ятіння сусла. Тому слід шукати компроміс між часом збору сусла і виходом, з одного боку, і часом кип'ятіння і вартістю енергії, з іншого.

З підвищенням температури зменшується густина рідини. Це означає, що скоріш за все можна було б фільтрувати затір при 100°C, але оскільки при промиванні ще є перерозчинений крохмаль дробини (продовження затирання), то оцукрювання  $\alpha$ -амілазою може проходити тільки до тих пір, поки  $\alpha$ -амілаза не активується температурою вище 78°C. Тому фільтрування при 100°C завжди отримує «сині варки». Так як  $\alpha$ -амілаза при 80°C руйнується, то при фільтруванні не можна перевищувати цієї температури.

Промивання проводять до тих пір, доки в сусловарильному апараті не отримають потрібну концентрацію. Стікаюче в кінці сусло з низькою екстрактивністю називається останніми промивними водами. При нормальному пиві вони ще мають вміст екстракту близько 0,5 – 0,6%. Іноді їх використовують в якості води для затирання або промивної води для наступної варки. Довготривале промивання дробини і повторне використання останніх промивних вод підвищує вихід екстракту, але погіршує якість пива.

**Фільтрування затору в фільтраційному апараті.** Таке фільтрування складається з таких операцій: підготовка фільтраційного апарата, заливання сит водою (15 хв), перекачування затору в фільтраційний апарат (20 хв),

					Обґрунтування та вибір способів і режимів	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відстоювання затору (25 – 30 хв), пропускання кранів і повернення мутного сусла (10 хв), фільтрування першого сусла (90 хв), промивання дробини (120хв), вивантаження дробини (25 хв).

У старанно промитий фільтр – апарат щільно укладають фільтраційні сита й обполіскують його гарячою водою. Потім закривають крани фільтраційної батареї і перевіряють щільність закриття люка для дробини. Повітря, що залишилося після перекачування затору під ситами і у відвідних трубках, утруднює фільтрування. Тому для витіснення його знизу подають гарячу воду, яка заповнює трубки батареї, під ситовий простір і на 1 – 1,5 см покриває сита.

Вмикають розпушувач, затір залишають у спокої на 25 – 30 хв, для формування фільтруючого шару. При перекачуванні затору в під ситовий простір у трубки фільтраційної батареї потрапляють часточки дробини. Для їх видалення створюють вихровий рух. Мутне сусло, що витікає при пропусканні кранів і на початку фільтрування, насосом повертають у фільтраційний апарат. Коли з кранів потече прозоре сусло його направляють у сусловарильний апарат.

При безперервному способі воду подають через сегнетове колесо в такій кількості щоб над дробиною був невеликий шар води. Дробину промивають при повільному обертанні розпушувача до СР промивної води 0,5%. Для одержання сортового пива з підвищеною масовою часткою СР останні промивні води збирають у збірнику промивних вод, зберігають при температурі не нижче 70 °С, а потім використовують у процесі приготування заторів для менш концентрованого сусла. В разі використання періодичного способу дробину три рази заливають водою з періодичним вмиканням розпушувача на різній висоті шару дробини.

Для прискорення першої стадії фільтрування освітлене сусло з фільтраційного апарата можна декантувати. При сповільненні стікання першого сусла вмикають розпушувач на 1 – 2 обороти в нижньому положенні ножів. При подальшому сповільненні або зупинці фільтрування дробину розпушують, набирають гарячу воду, щоб її рівень був вищим за шар дробини, і фільтрування починають знову [9].

#### ***Фільтрування затору на фільтрпресі.***

Послідовність операцій при роботі на фільтрпресі:

- 1) наповнення фільтрпресу під надлишковим тиском 0,15 – 0,2 бар.
- 2) фільтрування. При цьому перші 10 хвилин тиск зростає, до постійного. Коли весь затір пройде через фільтр, всі камери мають заповнитися дробиною. Збір першого сусла близько 20 хвилин.
- 3) перше стиснення. При надлишковому тиску 0,5 – 0,6 бар проходить стиснення дробини і витискання таким чином залишків першого сусла. Це протягом 5 хв.
- 4) промивання дробини. Цей процес триває максимум 50 – 55 хв.
- 5) останнє стискання. Дробина ще раз пресується, тиск піднімають до надлишкового 0,7 бар. Завдяки цьому видаляється останній екстракт, і

					Обґрунтування та вибір способів і режимів	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

дробина осушується приблизно до 32% вмісту СР. Тривалість протягом 10 хв.

- б) вигрузка дробини. При розбиранні пакету фільтра дробина падає в жолоб і видаляється. Проводиться контроль на місткість залишків дробини. Процес триває 10 хв [9].

Загальний час використання фільтру складає 100 – 110 хв, що дає можливість пропускати варку за 2 години, тобто 12 варок за добу.

Щодо переваг і недоліків цих обох апаратів, то при фільтруванні на фільтрпресі збільшується вміст  $\beta$  – глюкану, що в подальшому погано відображаються на стійкості готового продукту, витрати води на миття рам і пластин також достатньо високі. А фільтрування на фільтр-апараті триває значно довше, витрати води теж значні для заливки сит, кількість дробини збільшується.

Подрібнення солоду різними типами обладнання позначається на показниках роботи та параметрах фільтраційного апарату. Для фільтрування затора застосовують два типи обладнання: фільтраційні апарати та заторні фільтри преси.

Сучасні фільтраційні апарати оснащені спеціальною програмою Super-Trend (фірма Syskron), яка забезпечує саморегулювання процесу за будь-яких відхилень при заданих параметрах [9].

З сучасних фільтраційних апаратів кільцевого перерізу підприємство Steinecker представляє апарат «Pegasus», який забезпечує підвищення технологічної ефективності процесу, зниження енерговитрат, технологічну гнучкість [ 17 ].

Заторні фільтр-преси нового покоління фірм Meuca (Бельгія) та Ziemann (Німеччина) набагато зручніші в обслуговуванні, у них суттєво знижено трудовитрати. Заторні фільтр-преси виробляють і інші підприємства - Nordop (Франція), Landaluce (Іспанія), відмінність у конструктивних особливостях. З появою більш досконалих "Pegasus" фільтр-преси більше не перевершують фільтраційні апарати.

*Для виробництва обираємо фільтр – апарат, керуючись тим, що подрібнення використовуємо в мокрому кондиційованому стані і таким фільтруванням можна отримати сусло кращої якості.*

**Кип'ятіння сусла з хмелем.** Отримане в процесі фільтрування сусло кип'ятять на протязі 1 – 2 години з додаванням хмелю чи хмелепродуктів. Метою кип'ятіння є стабілізація його складу та ароматизація хмелем, яке досягають упарюванням сусла до встановленої концентрації, екстрагуванням із хмелепродуктів ароматичних і гірких речовин, інактивація ферментів,

коагуляція білків та стерилізація сусла. Стерилізація – для забезпечення чистого бродіння і одержання стійкого продукту, яка досягається після 15 – хвилинного кип'ятіння, чому сприяє кисла реакція сусла. Кип'ятіння інактивує всі його ферменти. Процес ароматизації здійснюється завдяки розчиненню специфічних складових хмелю і хімічної взаємодії між цукрами та продуктами розкладу білків. Кип'ятіння сусла проводять в суслварильних апаратах, в

					Обґрунтування та вибір способів і режимів	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

яких створюються всі умови для інтенсивного кип'ятіння сусла. Кінцевим продуктом після стадії кип'ятіння є гаряче охмелене сусло [9,17].

### **Способи кип'ятіння сусла з хмелем**

Сусловарильні котли бувають таких типів:

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

За видом обігріву суловарильні котли розрізняють:

- з прямим обігрівом;
- з паровим обігрівом;
- з обігрівом гарячою водою [17].

### **Сусловарильний котел з паровим обігрівом**

Вода кипить при 100 °С і пар, який утворюється при цьому, має точну таку температуру. Але це лише за атмосферного тиску. Якщо в ємкості підвищити тиск, то вода кипить вже при більш високих температурах. В середині суловарильного котла через високий рівень сусла встановлюється температура кипіння вище 100 °С. Для рівня сусла 2,5м це означає, що сусло на дні котла знаходиться при надлишковому тиску 0,25 бар, тобто тиск пари тут 1,25 бара, що відповідає температурі кипіння 106 °С. Якщо суловарильний котел обігривається через дно, то на дні по всій поверхні утворюються бульбашки пари, які піднімаються вгору і викликають рух сусла, завдяки чому видаляються небажані летючі компоненти сусла. Пар підводиться в парову оболонку, яка знаходиться на зовнішній стінці котла, з надлишковим тиском від 2 до 3 бар (Т=133 °С до 143 °С). Пара віддає свою теплоту пароутворення суслу і конденсується, а сусло кипить [9,17].

Більш високий тиск, а отже і температура, створюють проблеми через підвищення граничної температури на дні котла: існує небезпека підгорання екстрактивних речовин сусла, що може вплинути на смак пива.

#### **Суловарильні котли з кип'ятінням при низькому надлишковому тиску**

Основна ідея кип'ятіння сусла при низькому надлишковому тиску полягає в тому, що ряд біохімічних процесів перетворення речовин проходить швидше, якщо тиск, а з ним і температура кипіння вище 100 °С [9,17].

Сусловарильні котли з кип'ятінням при низькому надлишковому тиску виготовляються як герметичні котли, які розраховані на максимальний надлишковий тиск 0,5 бар, і оснащуються необхідною для цього запобіжною арматурою на випадок перевищення тиску і створення вакууму. Обігрів сусла проводять за допомогою виносного чи внутрішнього кип'ятильника. Конденсатор вторинної пари розраховується відповідно на рівень тиску в котлі і може використовуватись більш висока температура вторинної пари [17].

Відфільтроване сусло кип'ятять з додаванням хмелепродуктів. Інтенсивність кип'ятіння багато у чому залежить від конструктивних

					Обґрунтування та вибір способів і режимів	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

особливостей сушваркових систем [ 9,10,19 ]. Існують сучасні сушваркові апарати із зовнішнім нагрівачем, їх переваги:

- ефективне використання внутрішнього простору;
- технологічна гнучкість сушваркової системи;
- проста організація миття;
- стійкість нагрівача до забруднень (пригорання суслу);
- можливість використання циркуляційного насоса для внесення хмелепродуктів;
- можливість застосування одного нагрівача для двох сушваркових апаратів.

Недоліки:

- потреба у виробничій площі;
- вищі інвестиційні витрати;
- підвищені експлуатаційні витрати.

Сучасні сушваркові апарати з внутрішнім нагрівачем, переваги:

- менша потреба у займаній виробничій площі;
- ощадливі гідродинамічні умови в трубах нагрівача;
- менші інвестиційні та експлуатаційні витрати.

Недоліки:

- нерівномірність нагріву суслу до температури кипіння;
- не стійкість нагрівача до забруднення;
- менше внутрішнього простору;
- менша технологічна гнучкість сушваркової системи;
- складна організація миття [ 9,10].

Виявлені проблеми усунуті у сучасних конструктивних розробках. На підприємстві Steinecker розроблено сушваркову систему Ecoterm. Відмінні риси системи:

- поєднання природної та примусової циркуляції суслу;
- гнучка система управління температурою пари, що гріє, і кратністю примусової циркуляції;
- подвійний відбивач суслу. Кип'ятіння в цій системі дозволяє краще зберегти азотисті фракції, знизити вміст диметилсульфіду.

Недолік: швидкість потоків у трубах внутрішнього нагрівача не однакова.

Підприємство Steinecker випустило новий сушварковий апарат системи Stromboli, у ньому усунуто нерівномірність руху суслу в трубах та підвищено технологічну ефективність.

- ефективне керування процесом кип'ятіння;
- Хороше збереження білкових фракцій;
- ефективне видалення небажаних ароматичних сполук;
- економія енергії, води та миючих засобів та зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

Також підприємство Steinecker розробило сушваркову установку Merlin на основі випарника тонкоплівкового типу. Її переваги:

					Обґрунтування та вибір способів і режимів	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- зниження витрати технологічної води та витрат енергії;
- скорочення витрати хмелепродуктів та тривалості бродіння сусла;
- зниження каламутності та покращення фільтрації пива;
- зниження втрат пари, що гріє;
- щадні умови для азотистих фракцій та максимальне випаровування небажаних ароматичних сполук;

- Зменшення кількості стічних вод.

Але система Stromboli у порівнянні з системою Merlin користується більшою популярністю за рахунок того, що забезпечує:

- більш високий коефіцієнт оборотності (до 14 варок);
- простіше в управлінні;
- дешевше[17].

Внесення хмелепродуктів до сусловарильного апарату механізоване та автоматизоване, але завантаження в дозуючі збірки здійснюють вручну.

Проблемою при виробництві пивного сусла є утворення у суслі ДМС – диметилсульфіду. Для усунення цієї проблеми стали застосовувати стріпінг – випаровування сусла для відгону з нього летких фракцій.

Стріпінг здійснюють у вакуумно-випарних системах Schoko та Ziemann за рахунок забезпечення розрядження [17].

До спеціальних систем для приготування пивного сусла належать конструкції комбінованого обладнання: двофункціональні варильні агрегати, багатофункціональний варильний блок «Інтеграл» - сфера застосування міні-броварні [17]. Перед зброджуванням із гарячого охмеленого сусла необхідно видалити значну частину зважених у ньому речовин. Освітлення сусла здійснюють у сепараторах чи гідроциклонних апаратах P3-ВГЧ, Calypso. Використовують також холодильні тарілки, перевагою є великі площі поверхні, недолік: займані площі і небезпека контамінації мікроорганізмами. З'явився новий тип відстійного апарату Clarisaver фірми Meura (Бельгія) – після освітлення, у ньому проводять випаровування сусла – стріпінг; розділений на зону освітлення та зону випаровування, оригінальна конструктивна особливість подачі сусла.

В останні роки йде активне переозброєння пивоварних заводів за рахунок встановлення нового обладнання з метою скоротити тривалість технологічних операцій та покращити якість сусла та пива.

Відфільтроване сусло та промивні води збирають у новий сусловарильний апарат із внутрішнім нагрівачем системи Stromboli (підприємства Steinecker, Німеччина).

Норму внесення хмелепродуктів у сусло визначають відповідно до «Технологічної інструкції щодо застосування у пивоварінні хмелю та продуктів його переробки» (ТІ 10-04-06-136-87), виходячи із встановленої в рецептурі норми внесення гірких речовин хмелю в гаряче сусло. Рекомендований режим внесення хмелю:

- перша порція (100% )гірких сортів хмелю через 10 хвилин після початку кипіння

					Обґрунтування та вибір способів і режимів	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

- друга порція (75%) ароматних сортів хмелю за 30 хвилин до кінця кипіння сусла

- третя порція (25%) ароматних сортів хмелю за 10-15 хвилин до кінця кипіння сусла

При використанні CO<sub>2</sub> – екстрактів хмелю, вся його кількість вноситься в сусло з першою порцією.

При кип'ятінні з хмелем сусло упарюється до потрібної щільності, одночасно відбувається його стерилізація, інактивування ферментів, коагуляція деякої частини розчинених білків, вилуговування та розчинення гірких та ароматичних речовин хмелю. При кип'ятінні внаслідок випаровування вологи підвищується вміст сухих речовин сусла.

Тривалість процесу кип'ятіння сусла із хмелем 1,5-2 години [15].

Інтенсивність випаровування 2-4%. Після закінчення кип'ятіння сусло має добре освітлюватися.

### **Освітлення і охолодження охмеленого сусла**

Охмелене сусло перекачують насосом гідроциклонний чан (Вірпул) для освітлення. Час перебування сусла у чані 15-20 хвилин. При охолодженні сусла осідають зважені білкові частинки і хмелеві смоли, випаровується вода. Сусло повинне охолоджуватися швидко (не більше ніж за 2 години). При більш тривалому охолодженні сусло темніє і виникає небезпека потрапляння до нього інфекції.

З гарячого охмеленого сусла виділяють зависи гарячого охмеленого сусла, які називають брухом. Вони складаються із крупних частинок розміром 30 – 80 мкм, які важчі, ніж сусло, і зазвичай легко і щільно осідають якщо дати їм час.

Метою є зниження температури, насичення його киснем повітря і осадження завислих часточок [9,10].

Зависи гарячого сусла слід видаляти, так як для подальшого виробництва пива вони не тільки безкорисні а і шкодять якості:

- ✓ перешкоджають освітленню сусла;
- ✓ «оклеюють» дріжджі;
- ✓ збільшують кількість білкового відстою, а з ним і втрати.
- ✓ містять жирні кислоти солоду;
- ✓ перешкоджає фільтруванню пива, якщо їх своєчасно не відокремити.

Кількість зависей гарячого сусла складає 6000 – 8000 мг/дм<sup>3</sup> після перекачки гарячого охмеленого сусла, і воно повинно зменшитися до 100мг/дм<sup>3</sup>. Але метою є повне їх видалення.

**Висновки:** кваліфікаційною роботою передбачено приготування затору для більшості асортименту одновідварним способом, оскільки його застосовують при переробці добре розчиненого солоду з високою оцукрюючою здатністю. При застосуванні цього способу зберігається активність ферментів і одержуємо сусло високої якості. Для світлого пива

					Обґрунтування та вибір способів і режимів	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Ірпінське 12% передбачено використання способу затирання з рисом, так як на затирання надходить 15% рисової січки (і солод світлий високої активності), що дає на виході високоекстрактивне сусло.

Для кип'ятіння сусла пропонується сусловарильний апарат системи **Stromboli**, у ньому усунуто нерівномірність руху сусла в трубах та підвищено технологічну ефективність за рахунок використання сусловаркової системи Ecoterm. Відмінні риси системи:

- поєднання природної та примусової циркуляції сусла;
- гнучка система управління температурою пари, що гріє, і кратністю примусової циркуляції;
- подвійний відбивач сусла. Кип'ятіння в цій системі дозволяє краще зберегти азотисті фракції, знизити вміст диметилсульфіду.

## 2.4 Опис апаратурно-технологічної схеми

Відповідно до апаратурно-технологічної схеми (креслення 1) солод і несолоджені матеріали подаються норією 1 на шнековий транспортер 2, а потім в бункери добового запасу 3, 4, 5, 6. Для очищення зернопродуктів від сторонніх домішок встановлюємо повітряно-ситовий сепаратор 7. Він забезпечує дещо менші втрати екстрактивних речовин, ніж полірувальні машини, які ще до недавнього часу використовувались у пивоварінні, крім того полірувальні машини дуже енергоємкі. Після повітряно-ситовий сепаратора зернопродукти потрапляють до магнітного сепаратора 8. Солод після очищення зважується і надходить в дробарку 12, а несолоджена сировина подрібнюється на пальцевому станку 13.

Подрібнені зернопродукти надходять у апарат 14, де змішуються з водою, а потім за допомогою насоса 15 у заторний апарат 16 для приготування затору. Перекачування рідкої й густої частини затору здійснюється з одного заторного апарата в інший відцентровим насосом 18. Приготовлена заторна маса насосом 18 із заторного апарата подається у фільтраційний апарат 20.

Отримана в результаті фільтрування дробина розвантажується у бункер для дробини 18 звідки поступає на реалізацію. Мутне сусло, одержане на початку фільтрування, насосом 15 повертають у фільтраційний апарат. Отримане сусло перекачується у збірник сусла 20. Із збірника сусло попередньо підігріте у пластинчастому теплообміннику 24 перекачується у сусловарильний апарат 22 куди із дозатора гранульованого хмелю 23 задається хміль. Вторинна пара, отримана в результаті кип'ятіння сусла поступає в енергозберігаючу колону 25. Нагріта у колоні вода подається відцентровим насосом у теплообмінник 21, де підігріває сусло. Гаряча вода із енергозберігаючого танка 25 потрапляє до пластинчастого теплообмінника 21, де відбувається підігрівання сусла із збірника 20. Після закінчення кип'ятіння, охмелене сусло, за допомогою насоса тангенційно направляють на освітлення в гідроциклонний апарат 27. Білковий брукх при цьому осаджується. Далі освітлене сусло подається насосом 26 у пластинчастий теплообмінник 28 для охолодження. Охоложене сусло відцентровим насосом подається на бродіння.

					Обґрунтування та вибір способів і режимів	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

#### 3.1 Характеристика проекрованої продукції

Пиво, що виготовляється на заводі повинно відповідати вимогам ДСТУ 3888-2015 з дотриманням санітарних норм і правил[2].

Таблиця 3.1 – Асортимент готової продукції

Сорт пива	Обсяг виробництва пива, за рік					
	Обсяг млн.дал	Відсоток від загальної кількості	Скляні пляшки		Кеги	
			Млн. дал	Відсоток від загальної кількості	Млн. дал	Відсоток від загальної кількості
Галицька корона	13	65	9,1	70	3,9	30
Ірпінське	6	30	1,5	30	4,5	70
Dunkel	1	5	0,05	5	0,95	95
Всього	20	100	10,65	-	9,35	-

Асортимент та обрані рецептури трьох проектованих сортів пива (Галицька Корона, Ірпінське та Dunkel) приведені в табл. 3.2

Таблиця 3.2 – Рецептура проектованих сортів пива

Сорт пива	Концентрація початкового сусла, %	Витрата зернопродуктів на 1 дал		Примітка
		%	кг	
Галицька Корона	11,0	Солод світлий — 85 Борошно ячмінне — 15	1,54 0,27	Світле
Ірпінське	12,0	Солод світлий — 90 Рисова січка — 10	1,90 0,10	Світле
Dunkel	14,5	Солод світлий — 50 Солод темний — 40 Солод карамельний — 10	1,23 0,98 0,25	Темне

Таблиця 3.3 – Фізико-хімічні показники пива[2]

Сорт пива	Масова частка СР у початковому суслі, % мас.	Масова частка спирту не менше, % об.	Кислотність, см <sup>3</sup> 1 моль/дм <sup>3</sup> р-ну NaOH на 100 см <sup>3</sup> пива	Колір см <sup>3</sup> 0,1 моль/дм <sup>3</sup> р-ну I <sub>2</sub> на 100 см <sup>3</sup> води	Масова частка CO <sub>2</sub> не менше, %	Стійкість пастеризованого пива, не менше, діб
Галицька Корона	11,0	2,8	1,3-2,8	0,4-1,8	0,30	30
Ірпінське	12,0	3,4	1,7-3,2	0,4-1,8	0,33	30
Dunkel	14,5	3,4	1,7-3,2	0,4-1,8	0,33	30

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

Таблиця 3.4 – Органолептичні показники якості пива [ 2]

Назва показника	Характеристика показника					
	фільтроване пиво			нефільтроване пиво: освітлене, неосвітлене		
	світле	світле	темне	світле	світле	темне
Зовнішній вигляд	Прозора піниста рідина, без осаду та сторонніх включень			Прозора піниста рідина, без сторонніх включень, не властивих продукту (допускається наявність дріжджового осаду та слабка опалесценція)		
Смак	Солодовий та хмельовий смак з гіркотою, що відповідає сорту пива	Солодовий смак присмною гіркотою, що відповідає сорту пива	Повний солодовий смак із яскраво вираженим карамельним смаком, приємною гіркотою, що відповідає сорту пива	Чистий смак зброженого солодового напою з хмельовою гіркотою та з присмаком дріжджів. Сторонній присмак не допускається		
Аромат	Аромат, що відповідає сорту пива, чистий, без сторонніх запахів та присмаку. Сторонні запахи не допускаються			Аромат зброженого солодового напою. Допускається слабкий дріжджовий аромат.		
Піноутворення	Пиво з масовою часткою сухих речовин у початковому суслі від 8% до 11,5% : висота піни, не менше, мм – 20,0; піностійкість, не менше, хв – 2,0 Пиво з масовою часткою сухих речовин у початковому суслі від 12% до 20,0% : висота піни, не менше, мм – 30,0; піностійкість, не менше, хв – 2,0					
<b>Примітка.</b> Додаткові вимоги до смаку й аромату пива встановлюються виробником у рецептурі на кожну назву						

Вміст токсичних елементів у пиві наведено у табл. 3.5. згідно ДСТУ 3888-15 [14].

Таблиця 3.5 - Вміст токсичних елементів у пиві

Назва токсичного елементу	Допустимі рівні, не більше, мг/кг	Метод випробовування
Ртуть	0,005	Згідно з ГОСТ 26927
Залізо	15,0	Згідно з ГОСТ 26928
Миш'як	0,2	Згідно з ГОСТ 26930
Мідь	5,0	Згідно з ГОСТ 26931
Свинець	0,3	Згідно з ГОСТ 26932
Кадмій	0,03	Згідно з ГОСТ 26933
Цинк	10,0	Згідно з ГОСТ 26934
N-нітрозаміни	0,003	Згідно з Нормативами №4228

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

### 3.2 Характеристика сировини

До основної сировини, що використовується при виробництві пива відносяться солод, ячмінь, рисова крупа, гранульований хміль, вода питна.

Солод повинен відповідати вимогам ДСТУ 4282:2004 [5].

Таблиця 3.6 – Основні фізико-хімічні показники якості сухого пивоварного солоду

Показник	Норми для солоду			
	Світлого			Темного
	Високої якості	1 класу	2 класу	
1	2	3	4	5
Просів крізь сито з розмірами отворів 2,2x20 мм, %, не більше	2,0	3,0	7,0	7,0
Масова частка сміттєвих домішок, %, не більше	не дозволено	0,3	0,5	0,3
Кількість зерен, %:				
борошнистих, не менше	90,0	85,0	80,0	90,0
склоподібних, не більше	2,0	4,0	8,0	5,0
темних, не більше	не дозволено		4,0	10,0
масова частка вологи, %, не менше	4,0	5,0	5,8	5,0
Масова частка екстракту в сухій речовині солоду тонкого помелу, %, не менше	80,0	78,5	76,0	74,0
Тривалість оцукрювання, хв., не більше	10	15	25	-
Масова частка білкових речовин в сухій речовині солоду, % не більше	10,5	11,0	11,5	-
Відношення масової частки розчинного білка до масової частки білкових речовин у сухій речовині солоду (число Кольбаха), %	39—41	37-41	-	-

Розчинний азот у солоді (на сухій основі), %	0,75-0,70	0,69-0,65	0,64-0,55	-
Лабораторне сусло:				
Колір, см <sup>3</sup> розчину йоду, концентрацією 0,1 моль/дм <sup>3</sup> на 100 см <sup>3</sup> води, не більше	0,18	0,23	0,40	0,41-1
або в одиницях ЕВС, не більше	3,2	4,0	6,6	8-20
Кислотність см <sup>3</sup> р-ну NaOH 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 (візуальна)	Прозоре	Прозоре	Дозволена незначна опалесценція	-
Кінцева ступінь зброджування, %	79-81	75-78	74-70	-
В'язкість, МПа/с при 20 °С	1,45-1,54	1,55-1,60	1,61-1,78	-

					Характеристика сировини		Арк.
							32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Ячмінь для пивоваріння повинен відповідати вимогам ДСТУ 3769-98 [1].

Таблиця 3.7 – Вимоги до зерна ячменю

Показники	Вимоги до зерна ячменю, яке використовують в 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
Мінеральна домішка	0,5	0,5
Вівсюг	Те саме	
Кукіль	0,3	0,3
Ріжки і сажка	0,1	0,1
Зернова домішка, %, не більше	2,0	5,0
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 кліщем I ступеня	

Рисова січка повинна відповідати вимогам 4965:2008 Рис. Технічні умови [4].

Таблиця 3.8 – Вимоги до рисової січки [4,21]

Найменування показника	Характеристика і норми для рисової крупи					
	Сорт Екстра	Вищий сорт	Перший сорт	Другий сорт	Третій сорт	Подрібнена
Колір	Білий	Білий з різними відтінками				
Запах	Характерний для рисової крупи, без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявий					
Смак	Характерний для рисової крупи, без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий					
Вологість, %, не більше	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5
Вміст сміттевої домішки, %, не більше	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,8

					Характеристика сировини	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10)[8].

Таблиця 3.9 – Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води			Методики визначення згідно з додатком 5
			водопровідної	з колодязів та каптажів джерел	фасованої, з пунктів розливу та бюветів	
1	2	3	4	5	6	7
<b>1. Органолептичні показники</b>						
1	Запах: при t 20 °С при t 60 °С	бали	≤ 2 ≤ 2	≤ 3 ≤ 3	≤ 0 (2) <sup>4</sup> ≤ 1 (2) <sup>4</sup>	пп. 2,31
2	Забарвленість	градуси	≤ 20 (35) <sup>1</sup>	≤ 35	≤ 10 (20) <sup>4</sup>	пп. 2,39
3	Каламутність	Нефелометрична одиниця каламутності (1 НОК = 0,58 мг/дм <sup>3</sup> )	≤ 1,0 (3,5) <sup>1</sup> ≤ 2,6 (3,5) <sup>1</sup> – для підземного вододжерела	≤ 3,5	≤ 0,5 (1,0) <sup>4</sup>	пп. 2,38
4	Смак та присмак	бали	≤ 2	≤ 3	≤ 0 (2) <sup>4</sup>	п. 2
<b>2. Фізико-хімічні показники</b>						
а) неорганічні компоненти						
5	Водневий показник	одиниці рН	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5 (≥ 4,5 <sup>4</sup> )	п. 28

6	Діоксид вуглецю	%	не визначається	не визначається	0,2-0,3 – для слабогазованої 0,31-0,4 – для середньогазованої 0,41-0,6 – для сильно газованої	п. 23
7	Залізо загальне	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,2 (1,0) <sup>1</sup>	≤ 1,0	≤ 0,2	пп. 3, 33, 64
8	Загальна жорсткість	мг-екв/ дм <sup>3</sup>	≤ 7,0 (10,0) <sup>1</sup>	≤ 10,0	≤ 7,0	п. 4
9	Загальна лужність	мг-екв/ дм <sup>3</sup>	не визначається	не визначається	≤ 6,5	п. 41
10	Йод	мкг/ дм <sup>3</sup>	не визначається	не визначається	≤ 50	п. 43
11	Кальцій	мг/дм <sup>3</sup>	не визначається	не визначається	≤ 130	п. 45
12	Магній	мг/дм <sup>3</sup>	не визначається	не визначається	≤ 80	п. 45
13	Марганець	мг/дм <sup>3</sup>	≤ € 0,05 (0,5) <sup>1</sup>	≤ € 0,5	≤ € 0,05	пп. 11,64
14	Мідь	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 1,0	не визначається	≤ 1,0	пп. 9,64
15	Поліфосфати (за РО43-)	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 3,5	не визначається	≤ 0,6 (3,5) <sup>4</sup>	п. 19
16	Сульфати	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 250 (500) <sup>1</sup>	≤ 500	≤ 250	п. 10

					Характеристика сировини	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

<i>Продовження таблиці 3.9</i>						
17	Сухий залишок	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 1000 (1500)1	≤ 1500	≤ 1000	п. 12
18	Хлор залишковий вільний	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,5	≤ 0,5	< 0,05	п. 14
19	Хлориди	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 250 (350)1	≤ 350	≤ 250	пп. 7,44
20	Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 1,0	не визначається	≤ 1,0	пп. 15,64
<b>б) органічні компоненти</b>						
21	Хлор залишковий зв'язаний	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 1,2	≤ 1,2	< 0,05	п. 14

Хміль ароматичний повинен відповідати вимогам ДСТУ 4098.1—2002.

*Таблиця 3.10 – Фізико-хімічні показники хмелю ароматичного спресованого*

Показники	Характеристика і норми
<b>Базисні норми</b>	
Колір	від світло-жовто-зеленого до золотисто-зеленого, зелений
Кондуктометричний показник гіркоти (масова частка α-кислоти), % у СР	3,5
Вологість, %, не більше	12,0

*Продовження таблиці 3.10*

<b>Обмежувальні норми</b>	
Колір	жовто-зелений, зеленувато-жовтий з коричневим відтінком
Кондуктометричний показник гіркоти, % у СР, не менше	2,5
Вміст золи, % у СР, не більше	13,0
Вміст вологи, %, не більше	12,0

Екстракт хмелю повинен відповідати вимогам ТУ 10-04-06-06-86 [ 4,7].

*Таблиця 3.11 – Фізико-хімічні показники екстракту хмелю*

Показники	Характеристика і норми
<b>Базисні норми</b>	
Зовнішній вигляд	густий сироп
Колір	від темно-зеленого до темно-зеленого з коричневим відтінком
Запах	хмельовий, при наявності запаху етилового спирту
Кондуктометричний показник гіркоти, %	12,0±0,3
<b>Обмежувальні норми</b>	
Кондуктометричний показник гіркоти, %, не менше	9,0

					Характеристика сировини	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

### 3.3 Характеристика основних і допоміжних матеріалів

Миючі засоби (лізоформ на лінію розливу, азотна кислота, каустик та інші) закупають у «Екохімі». Ферменти використовують переважно германського виробництва.

Кожен товар повинен мати сертифікат якості. При виборі постачальників їх оцінюють за складною системою, яка включає в себе ціновий фактор, якість продукції, її стабільність, надійність виробника, тобто виконання умов контракту. Така оцінка складається на основі річної співпраці і впливає на вибір постачальника при подальшому укладанні угод.

ДСТУ допоміжних матеріалів:

4965:2008 Рис. Технічні умови.

ГОСТ 6292-93 вимоги до рисової січки.

ДСТУ 3888-99 Органолептичні показники.

ДСТУ 4282:2004. Основні фізико-хімічні показники якості сухого пивоварного солоду.

ДСТУ 3769-98 Вимоги до зерна ячменю.

ГОСТ 2874-82 Вода питна.

ГОСТ 2874-82 Хміль ароматичний.

ДСТУ 4623–2006 вимоги до білого цукру.

ТУ 10-04-06-06-86 Екстракт хмелю.

ТУ У 18.295 – 95 Етикетки і кольєретка з харчовими речовинами для пляшок. Технічні умови.

ТУ У 18.351 – 96 Пляшки полімерні марки ПЕТФ для безалкогольних напоїв, пива, мінеральних вод, сиропів і слабоалкогольних напоїв.

					Характеристика основних та допоміжних матеріалів	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

## 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ [19,21]

### 4.1 Вихідні дані до технологічних розрахунків

Пиво, що виготовляється на заводі повинно відповідати вимогам ДСТУ 3888-2015 [2] з дотриманням санітарних норм і правил.

Асортимент і рецептура подано у табл. 3.1 і 3.2

Таблиця 4.1- Асортимент

Сорт пива	Обсяг виробництва пива, за рік					
	Обсяг млн.дал	Відсоток від загальної кількості	Скляні пляшки		Кеги	
			Млн. дал	Відсоток від загальної кількості	Млн. дал	Відсоток від загальної кількості
Галицька Корона	13	65	9,1	70	3,9	30
Ірпінське	6	30	1,5	30	4,5	70
Dunkel	1	5	0,05	5	0,95	95
Всього	20	100	10,65	-	9,35	-

### 4.2 Продуктові розрахунки[19,21]

Таблиця 4.2 – Втрати на стадіях виробництва пива

Втрати	Пиво з масовою часткою початкового сусла, %		
	Галицька Корона 11%	«Ірпінське» 12 %	«Dunkel» 14 %
Екстракту з пивною дробиною, % від маси зернопродуктів	1,7	2,2 2,2	2,2
Екстракту з хмелевою дробиною, шламом під час сепарування, стискування під час охолодження, на замочування трубопроводів, % від об'єму гарячого сусла	5,8	6,3	5,8
У цеху бродіння, % від об'єму бродіння сусла	2,5	2,2	2,3
Під час доброджування та фільтрування, % від об'єму молодого пива	2,3	2,4	2,6
В тому числі під час фільтрування	1,1	1,1	1,1
Під час розливу, % від об'єму фільтрованого пива		1,1	
У пляшки (з вирахуванням поверненого пива)	2,5	2,5	2,5
Розлив у кеги (так само як у пляшки)	0,5	-	0,5
Загальні видимі з рідкою фазою (від гарячого сусла до товарного пива)	12,0	12,8	12,8
Загальні дійсні з рідкою фазою (від сусла у варильному цеху, приведеного до 20°C)	8,3	9,2 9,2	9,2
Під час пастеризації пива в пляшках, % від об'єму пастеризованого пива	2,2	2,2	2,2

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

Розрахунок продуктів для виробництва пива складається з визначення витрат сировини, об'єму напівпродуктів і відходів виробництва на одиницю готової продукції.

Дані для розрахунку – екстрактивність сировини, втрати екстракту у варильному цеху та втрати з рідкою фазою – беремо з урахуванням сучасної технології, чинних нормативів і досягнень підприємств галузі.

Витрати зернопродуктів у виробничих умовах враховують на автоматичних вагах за фактичною вологістю. Тому нормативну екстрактивність, подану у відсотках на суху речовину, слід перерахувати на повітряно-суху речовину.

Проектна потужність пивзаводу 20 млн. дал пива на рік, з яких:

У розрахунках виходу сусла у варильному цеху враховуємо, що об'єм сусла у процесі охолодження зменшується на 4%.

Вихід товарного пива визначають за формулою:

$$V_T = (V_B \cdot V_{\text{Б}} \cdot V_{\text{Д}} \cdot V_{\text{Р}} / 100 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100) \cdot 100,$$

де  $V_B, V_{\text{Б}}, V_{\text{Д}}, V_{\text{Р}}$  — вихід напівпродуктів з рідкою фазою в цехах відповідно у варильному, бродіння, доброджування і розливу.

Витрати сировини, кг, на 1 дал пива розраховуємо за формулою:

$$N = (e \cdot d \cdot 96 \cdot 10) / (E - V_{\text{Трп}}) \cdot V_T,$$

$e$  — масова частка сухої речовини у початковому суслі, %;

$d$  — відносна густина сусла;

$E$  — екстрактивність зернопродуктів у перерахунку на ПСР, %;

$V_{\text{Трп}}$  — втрати екстракту в дробині, %;

$V_T$  — вихід товарного пива, %.

Розрахунки для обраних сортів наведено нище.

**Галицька Корона - пиво** з початковою концентрацією сусла 11 % готується з застосуванням 85 % солоду і 15 % несолодженої сировини (ячмінного борошна), тобто в 100 кг вихідної сировини знаходиться 85 кг світлого солоду і 15 кг ячмінного борошна. Під час полірування солоду втрати становлять 0,1 %, або  $85 \cdot 0,001 = 0,085$  кг. На подрібнення солоду поступає  $85 - 0,085 = 84,915$  кг. При вологості солоду 5 % і ячмінного борошна 15 % кількість сухих речовин в заторі:

в солоді —  $84,915(1 - 0,05) = 80,67$  кг;

в ячмінному борошні —  $15(1 - 0,15) = 12,75$  кг.

Всього сухих речовин в сировині  $80,67 + 12,75 = 93,42$  кг.

Приймаємо із дод. 4 екстрактивність солоду 78 %, а ячмінного борошна — 72 % від маси сухих речовин. Тоді, вміст екстрактивних речовин в сировині:

у солоді —  $80,67 \cdot 0,78 = 62,92$  кг;

у ячмінному борошні —  $12,75 \cdot 0,72 = 9,18$  кг.

Всього екстрактивних речовин міститься:  $62,92 + 9,18 = 72,1$  кг.

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

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

$$72,1(1 - 0,0175) = 70,84 \text{ кг.}$$

Кількість сухих речовин, що залишається в дробині:  $93,42 - 70,84 = 22,58$  кг.

**Ірпінське** з початковою концентрацією сусла 12 % готується із 90 % світлого солоду і 10 % рисової січки з вологістю 15 % і екстрактивністю 85 %.

В 100 кг зернопродуктів міститься 90 кг світлого солоду і 10 кг рисової січки. При поліровці солоду втрати складають 0,1 % від його маси, тобто  $90 \cdot 0,001 = 0,09$  кг. На подрібнення солоду поступає  $90 - 0,09 = 89,91$  кг.

Сухих речовин в зернопродуктах, які поступають на подрібнення, міститься:

у солоді —  $89,91(1 - 0,05) = 85,42$  кг;

у рисовій січці —  $10(1 - 0,15) = 8,5$  кг.

Всього:  $85,42 + 8,5 = 93,92$  кг.

Відповідно вміст екстрактивних речовин в сировині:

у солоді —  $85,42 \cdot 0,78 = 66,63$  кг;

у рисовій січці —  $8,5 \cdot 0,85 = 7,225$  кг.

Всього:  $66,63 + 7,225 = 73,855$  кг.

Втрати екстракту в дробині — 2,214 % від маси екстрактивних речовин сировини, що затирається. Отже, в сусло перейде екстрактивних речовин  $73,855 \cdot (1 - 0,02214) = 72,22$  кг. В дробині залишиться сухих речовин

$$93,92 - 72,22 = 21,7 \text{ кг.}$$

**Dunkel** з початковою концентрацією сусла 14,5 % готується із: солод світлий — 50 %, темний солод — 40 %, карамельний солод — 10 %. При поліруванні солоду втрати становлять 0,1 % від його маси, або  $(50 + 40) \cdot 0,001 = 0,09$  кг.

Карамельний солод не полірується. Після полірування солод подається на подрібнення:

світлого солоду —  $50 - 0,05 = 49,95$  кг;

темного солоду —  $40 - 0,05 = 39,96$  кг.

При вологості світлого солоду 5 %, темного солоду 5 % і карамельного солоду 6 % кількість СР:

у світлому солоді —  $49,95(1 - 0,05) = 47,45$  кг

у темному солоді —  $39,96(1 - 0,05) = 37,96$  кг;

у карамельному солоді —  $10(1 - 0,06) = 9,4$  кг.

Всього кількість СР в сировині, яка поступає на подрібнення, буде  $47,45 + 37,96 + 9,4 = 94,81$  кг.

При екстрактивності світлого солоду 78 %, темного 74 % і карамельного 72 % від маси СР на затирання надходить:

зі світлим солодом —  $47,45 \cdot 0,78 = 37$  кг;

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

з темним солодом —  $37,96 \cdot 0,74 = 28,09$  кг;

з карамельним солодом —  $9,4 \cdot 0,72 = 6,77$  кг.

Всього в сировині міститься  $37+28,09+6,77 = 71,86$  кг.

Екстрактивних речовин (при втраті в дробині 2,2 %) в сусло переходить  $71,86 \cdot (1 - 0,022) = 70,28$  кг. В дробині залишається сухих речовин:  $94,81 - 70,28 = 24,53$  кг.

**Визначення проміжних продуктів.** Вихідними даними для розрахунку кількості проміжних продуктів є величини початкової концентрації сусла і об'ємних втрат по стадіям виробництва пива.

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

Галицька Корона — 70,84 кг;

Ірпінське — 72,22 кг;

Dunkel — 70,28 кг.

При встановленій концентрації сусла м 11 %, Львівського світлого 12 % і Dunkel 14,5 % із отриманої кількості екстрактивних речовин отримують сусла:

Галицька Корона —  $70,84 \cdot 100 / 11 = 644$  кг;

Ірпінське —  $72,22 \cdot 100 / 12 = 601,83$  кг;

Dunkel —  $70,28 \cdot 100 / 14,5 = 484,69$  кг.

Об'єм сусла при 20 °С (при відносній густині сусла Галицька Корона - 1,0442, Світлого - 1,0483 і Dunkel — 1,059):

Галицька Корона —  $644 / 1,0442 = 616,74$  дм<sup>3</sup>;

Ірпінське —  $601,83 / 1,0483 = 574,1$  дм<sup>3</sup>;

Dunkel —  $484,69 / 1,059 = 457,69$  дм<sup>3</sup>.

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

Галицька Корона —  $616,74 \cdot 1,04 = 641,41$  дм<sup>3</sup>;

Ірпінське —  $574,1 \cdot 1,04 = 597,07$  дм<sup>3</sup>;

Dunkel —  $457,69 \cdot 1,04 = 476,00$  дм<sup>3</sup>.

*Холодне сусло.* Втрати сусла у відстої при сепаруванні, на змочування трубопроводів приймають відповідно з нормами технологічних втрат для Галицька Корона — 5,8 %, для Ірпінського — 6,3 % і для Dunkel — 6,0 % від об'єму гарячого сусла, приведеного до об'єму при 20°.

Таким чином, об'єм холодного сусла:

Галицька Корона —  $616,74(1 - 0,058) = 580,97$  дм<sup>3</sup>;

Ірпінське —  $597,07(1 - 0,063) = 559,45$  дм<sup>3</sup>;

Dunkel —  $457,69(1 - 0,06) = 430,23$  дм<sup>3</sup>.

*Фільтроване пиво.* Витрати у бродильному цеху і цеху фільтрації складає до об'єму пива: Галицька Корона — 2,3 %, Ірпінського — 2,4 % і Dunkel — 2,6 %. За таких втрат кількість фільтрованого пива:

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

Галицька Корона —  $580,97(1 - 0,023) = 567,61 \text{ дм}^3$ ;  
 Ірпінське —  $559,45(1 - 0,024) = 546,02 \text{ дм}^3$ ;  
 Dunkel —  $430,23(1 - 0,026) = 419,04 \text{ дм}^3$ .

*Товарне пиво.* Втрати товарного пива до об'єму відфільтрованого пива при розливі у пляшки складають для всіх найменувань пива 2,5 %, при розливі у кеги — 0,5 %. За умови, що пиво *Галицька Корона* розливається в пляшки — 4,55 млн. дал, в кеги — 1,95 млн. дал, що в процентному співвідношенні складає від загальної кількості *Галицька Корона* пива 6,5 млн. дал відповідно 70 % і 30 %. В цьому випадку середньозведені втрати *Галицька Корона* пива складають:

$$70 \cdot 0,025 + 30 \cdot 0,005 = 1,9 \%$$

Отже, кількість товарного пива буде:

Галицька Корона  $567,61(1 - 0,019) = 556,83 \text{ дм}^3$ ;  
 Ірпінське  $546,02(1 - 0,025) = 532,37 \text{ дм}^3$ ;  
 Dunkel  $419,04(1 - 0,025) = 408,56 \text{ дм}^3$ .

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

Галицька Корона —  $641,41 - 556,83 = 84,58 \text{ дм}^3$ ;  
 Ірпінське —  $597,07 - 532,37 = 64,7 \text{ дм}^3$ ;  
 Dunkel —  $476,00 - 408,56 = 67,44 \text{ дм}^3$ .

або у % до об'єму гарячого сусла:

Галицька Корона —  $84,58 \cdot 100 / 641,41 = 13,19 \%$ ;  
 Ірпінське —  $64,7 \cdot 100 / 597,07 = 10,83 \%$ ;  
 Dunkel —  $67,44 \cdot 100 / 408,56 = 16,43 \%$ .

### 4.3 Розрахунки основних і допоміжних матеріалів [ 19,20,21]

*Хміль та хмелепродукти.* Норму хмелю в грамах на 1 дал товарного пива розраховують за формулою

$$H_{\text{п}} = \frac{G_{\text{с}} \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(\alpha + 1)(100 - W)(100 - \text{Втр})} \text{ г/дал}, \quad (3.1)$$

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

*Галицька Корона.*  $G_{\text{с}}$  становить 0,72, вміст  $\alpha$ -кислоти — 5,5 %. Втрати по рідкій фазі від гарячого сусла до товарного пива — 13,19 %, вологість гранульованого хмелю — 12 %.

$$H_{\text{п}} = \frac{0,72 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(5,5 + 1)(100 - 12)(100 - 13,19)} = 14,5 \text{ г/дал.}$$

*Ірпінське.*  $G_{\text{с}}$  становить 0,99, вміст  $\alpha$ -кислоти — 5,5 %. Втрати по рідкій

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

фазі від гарячого сусла до товарного пива — 10,83 %, вологість гранульованого хмелю — 12 %.

$$H_{\text{п}} = \frac{0,99 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(5,5 + 1)(100 - 12)(100 - 10,83)} = 19,41 \text{ г/дал.}$$

$$1,33 \cdot 10^6 / (3,5 + 1) \cdot (100 - 13) \cdot (100 - 15) = 39,96 \text{ г;}$$

*Dunkel.* Г<sub>c</sub> становить 0,57, вміст α-кислоти — 5,5 %. Втрати по рідкій фазі від гарячого сусла до товарного пива — 16,72 %, вологість гранульованого хмелю — 12 %.

$$H_{\text{п}} = \frac{0,57 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(5,5 + 1)(100 - 12)(100 - 16,43)} = 11,92 \text{ г/дал.}$$

*Витрати ферментних препаратів* у разі заміни 15% і більше солоду несолодженим ячменем визначають за спеціальними інструкціями залежно від активності використовуваного препарату.

Приклад. Для виробництва 11 %-го світлого пива використовують 80 % ячмінного світлого солоду, 20 % ячмінного борошна і амілолітичний ФП з активністю 100 амілазних одиниць/г. На 1 т зернопродуктів необхідно 10 тис. амілазних одиниць, а на 1 дал пива

$$\frac{1,87 \cdot 10000}{1000 \cdot 100} = 0,187 \text{ г,}$$

де — 1,87 витрата зернопродуктів на виробництво 1 дал 11 %-го світлого пива 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 зернової сировини .

### Визначення кількості відходів

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

$$\text{Галицька Корона} — 22,58 \cdot 7,14 = 161,22 \text{ кг;}$$

$$\text{Ірпінське} — 21,7 \cdot 7,14 = 154,9 \text{ кг;}$$

$$\text{Dunkel} — 24,53 \cdot 7,14 = 175,14 \text{ кг.}$$

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

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

Половину надлишкових дріжджів використовують як засівні, а інша — є

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

відходом. Кількість дріжджів, яка йде на відходи, визначають множенням кількості товарного пива в  $\text{дм}^3$  на 0,01:

$$\text{Галицька Корона} — 556,83 \cdot 0,01 = 5,57 \text{ дм}^3;$$

$$\text{Ірпінське} — 532,37 \cdot 0,01 = 5,32 \text{ дм}^3;$$

$$\text{Dunkel} — 408,56 \cdot 0,01 = 4,09 \text{ дм}^3.$$

*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. В бродильне відділення поступило холодного сусла пива:

$$\text{Галицька Корона} — 580,97 \cdot 1,0442 = 606,65 \text{ кг};$$

$$\text{Ірпінське} — 559,45 \cdot 1,0483 = 586,47 \text{ кг};$$

$$\text{Dunkel} — 485,35 \cdot 1,059 = 513,99 \text{ кг}.$$

В ньому міститься екстрактивних речовин:

$$\text{Галицька Корона} — 606,65 \cdot 0,11 = 66,73 \text{ кг};$$

$$\text{Ірпінське} — 586,47 \cdot 0,12 = 70,38 \text{ кг};$$

$$\text{Dunkel} — 513,99 \cdot 0,145 = 74,53 \text{ кг}.$$

За дійсного степеня зброджування Галицька Корона пива утворюється діоксиду вуглецю 51,4 %, Львівського світлого — 55 % і Dunkel — 47,5 % (за нормами технологічного проектування):

$$\text{Галицька Корона} — 66,73 \cdot 0,514 \cdot 176/342 = 17,65 \text{ кг};$$

$$\text{Ірпінське} — 70,38 \cdot 0,55 \cdot 176/342 = 19,92 \text{ кг};$$

$$\text{Dunkel} — 74,53 \cdot 0,475 \cdot 176/342 = 18,22 \text{ кг}.$$

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

$$\text{Галицька Корона} — 606,65 \cdot 0,0035 = 2,12 \text{ кг};$$

$$\text{Ірпінське} — 586,47 \cdot 0,0035 = 2,05 \text{ кг};$$

$$\text{Dunkel} — 513,99 \cdot 0,0035 = 1,8 \text{ кг}.$$

Виділяється в атмосферу така кількість діоксиду вуглецю по сортам пива:

$$\text{Галицька Корона} — 17,65 - 2,12 = 15,53 \text{ кг};$$

$$\text{Ірпінське} — 19,92 - 2,05 = 17,87 \text{ кг};$$

$$\text{Dunkel} — 18,22 - 1,8 = 16,42 \text{ кг}.$$

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

$$\text{Галицька Корона} — 15,53 \cdot 1,832 = 28,45 \text{ м}^3;$$

$$\text{Ірпінське} — 17,87 \cdot 1,832 = 32,74 \text{ м}^3;$$

$$\text{Dunkel} — 16,42 \cdot 1,832 = 30,08 \text{ м}^3.$$

Кількість утилізованого діоксиду вуглецю, який виділяється при головному бродінні на 1 дал пива,:

					Технологічні розрахунки	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Галицька Корона —  $15530/55,683 = 278,9$  г;

Ірпінське —  $17870/43,452 = 411,26$  г;

Dunkel —  $16420/42,676 = 384,76$  г.

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

*Таблиця 4.5 – Зведена таблиця розрахунку продуктів*

Найменування продукту	Галицька Корона			Ірпінське пиво			Dunkel			На річний випуск 20 млн. дал
	на 100 кг зернової сировини	на 1 дал пива	на 13 млн. дал	на 100 кг зернової сировини	на 1 дал пива	на 6,0 млн. дал	на 100 кг зернової сировини	на 1 дал пива	на 1 млн. дал	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Зернова сировина, кг:</b>										
світлий солод	85	1,54	2002000 0	90	1,9	11 400 000	50	1,23	1 230 000	15 710 000
темний солод	–	–	–	–	–	-	40	0,98	980 000	490 000
карамельний солод	–	–	–	–	–	-	10	0,25	250 000	125 000
ячмінне борошно	15	0,27	3510000	–	–	-	–	–		1 755 000
рисова січка	–	–	–	10	0,1	600 000	–	–		300 000
<b>Всього, кг</b>	100	1,81	2353000 0	100	2,0	12 000 000	100	2,46	2 460 000	18 995 000
<b>Інші види сировини, г:</b>						0				
Гранульований хміль	–	14,5	1885000 00	–	19,41	116 460 000	–	11,92	11 920 000	158 440 000
Молочна кислота 100 %-в	0,08	–	1882400	0,08	–	-	0,08	–		1 519 600
Ферментні препарати	–	0,187	2431000	–	–	-	–	–		1 215 500
Проміжні продукти, дм <sup>3</sup> :										
гаряче сусло	641,40	11,52	1497440 88	597,07	11,22	67 320 000	476,00	11,65	11 650 000	114 343 342

Технологічні розрахунки

Арк.

44

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
холодне сусло	580,97	10,43	135635832	559,45	10,51	63 060 000	430,23	10,53	10 530 000	104 609 122
фільтроване пиво	567,61	10,19	132516746	546,02	10,26	61 560 000	419,04	10,26	10 260 000	102 155 830
товарне пиво	556,83	10,00	130000000	532,37	10,00	60 000 000	408,56	10,00	10 млн	100 000 000

Таблиця 4.6 – Зведена таблиця розрахунку відходів виробництва

Найменування продукту	Галицька Корона			Ірпінське пиво			Dunkel			На Річний випуск 20 млн.дал
	на 100 кг зернов ої сировини	на 1 дал пива	на 13 млн. дал	на 100 кг зернової сировини	на 1 дал пива	на 6,0 млн. дал	на 100 кг зернов ої сировини	на 1 дал пива	на 1 млн. дал	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Відходи:										
пивна дробина, кг	161,22	2,92	37935066	154,9	3,10	18 600 000	1,75	0,04	40 000	56575066
білковий відстій, кг	1,75	0,03	411776	1,75	0,04	240 000	4,09	0,10	100 000	751776
надлишко ві дріжджі, дм <sup>3</sup>	5,57	0,10	1310622	5,32	0,11	660 000	16,42	0,40	400 000	2370622
діоксид вуглецю, кг	15,53	0,28	3654210	17,87	0,36	2 160 000	0,09	0,0022	2 200	5816410
відходи від полірування, кг	0,085	0,0015	20000	0,09	0,0018	10 800	1,75	0,04	40 000	70800

Таблиця 4.7 - Нормативні витрати допоміжних матеріалів на виробництво пива

Операція	Матеріал	Одиниця виміру	Норма
1	2	3	4
Дезинфекція обладнання і комунікацій (приготування антиформіну)	хлорне вапно	кг/тис. дал	1,6
	сода кальцинована технічна	кг/тис. дал	3,6
Очистка повітря	антимікробне фільтрувальне голкопробивне полотно	м <sup>3</sup> /млн. дал	1,2

Річний обсяг виробництва пива 20,0 млн. дал.

Тоді необхідна кількість допоміжних матеріалів складе:

- хлорне вапно  
 $1,6 \cdot 20000 = 32000$  кг;
- сода кальцинована технічна  
 $3,6 \cdot 20000 = 72000$  кг;
- антимікробне фільтрувальне іглопробивне полотно  
 $1,2 \cdot 20000 = 24$  м<sup>3</sup>

### Розрахунок допоміжних матеріалів

**Пляшки.** Приймаємо, що в пляшки місткістю 0,5 дм<sup>3</sup> розливають пива Галицька Корона - 70 %, Ірпінського — 25 % і Dunkel — 5 %.

Необхідна кількість пляшок визначають за формулами:

$$N_{\text{пл.заг}} = Q \cdot 100 / (V(100 - K_6)) \text{ шт.}; \quad (3.2)$$

$$N_{\text{пл.нов}} = Q \cdot (K_n + K_6) / (100V) \text{ шт.}; \quad (3.3)$$

$$N_{\text{пл.об}} = Q / (Vn) \text{ шт.}, \quad (3.4)$$

де  $N_{\text{пл.заг}}$ ,  $N_{\text{пл.нов}}$ ,  $N_{\text{пл.об}}$  — необхідна кількість пляшок відповідно загальна, нових і зворотних, шт.;  $Q$  — річний випуск продукції в пляшках, дм<sup>3</sup>;  $V=0,5$  — місткість пляшки, дм<sup>3</sup>;  $K_6=3,09$  — бій пляшок при зберіганні, митті і розливі, %;

$K_n=5$  — кількість пляшок, які не повертаються від населення, %;

$n=40$  — кількість обертів пляшок в рік.

За умови, що 7 млн. дал пива розливають в пляшки місткістю 0,5 дм<sup>3</sup> і 3 млн.

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

дал пива

в кеги. Отже, кількість потрібна кількість пляшок місткістю 0,5 дм<sup>3</sup>:

$$N_{\text{пл.заг}} = 70000000 \cdot 100 / 0,5(100 - 3,09) = 144,46 \text{ млн. пляшок};$$

$$N_{\text{пл.нов}} = 70000000 \cdot (5 + 3,09) / (100 \cdot 0,5) = 11,33 \text{ млн. пляшок};$$

$$N_{\text{пл.об}} = 70000000 / (0,5 \cdot 40) = 3,5 \text{ млн. пляшок.}$$

**Ящики.** В стандартні ящики укладають по 20 пляшок місткістю 0,5 дм<sup>3</sup>.

Для укладання всієї продукції з урахуванням 2 % зносу необхідно ящиків пляшок

$$144,46 / (20 \cdot 0,98) = 7,37 \text{ млн. ящиків.}$$

Враховують, що 90 % ящиків є оборотними, нових ящиків потрібно

$$7,37(100 - 90) / 100 = 0,737 \text{ млн. шт.}$$

Загальна потреба в ящиках при 40 оборотах на рік

$$144,46 / (40 \cdot 20) = 0,18 \text{ млн. шт. або 180 тис. шт.}$$

**Кронен-корки і етикетки для пляшкової і кегової продукції.** За нормами витрат на 1 дал пива необхідно 104,5 % кронен-пробки і 103 % етикеток від Кількості пляшок готової продукції і в середньому 20,9 етикеток, що необхідно на річний випуск продукції:

$$\text{кронен-корок} — 144,46 \cdot 1,045 = 150,96 \text{ млн. шт.};$$

$$\text{етикеток} — 144,46 \cdot 1,03 = 148,79 \text{ млн. шт.}$$

Для кегової продукції необхідно 2 етикетки на 10 дал. пива, тобто

$$0,3 \cdot 2 / 10 = 0,06 \text{ млн. шт.}$$

**Миття пляшок.** В середньому луку витрачається із розрахунку 1000-1100 кг на 1 млн. пляшок продукції. На річний випуск продукції необхідно луку

$$1,4446 \cdot 1100 = 1589,06 \text{ кг.}$$

**Кеги.** Розливають 1,95 млн. дал пива на рік.

Для кегів місткістю 5 дал необхідно кегів

$$1,95 / 5 = 0,39 \text{ млн. кегів.}$$

Виходячи з того, що 90 % кегів є оборотними, необхідно додатково нових кегів місткістю 5 дал

$$1,95(100 - 90) / 100 = 0,195 \text{ млн. кегів.}$$

Потреба в оборотних кегах при 40 обертах кожного кега на рік

$$1,95 / 40 = 0,04875 \text{ млн. кегів} = 48,75 \text{ тис. кегів.}$$

**Клей декстрин для наклейки етикеток на пляшки.**

На наклеювання етикеток на пляшки місткістю 0,5 дм<sup>3</sup> витрачають 5,5 г на 1 дал пива.

На річний випуск пива в пляшках місткістю 0,5 дм<sup>3</sup> необхідно декстрину

$$144,46 \cdot 0,275 / 1000 = 38500 \text{ кг.}$$

Виходячи із того, що на 1000 пляшок витрачається 0,275 кг клею, і враховуючи норму витрати етикеток на бочкову продукцію по 2 шт. на 10 дал, витрата клею

$$140 \cdot 2 \cdot 0,275 / (10 \cdot 1000) = 7700 \text{ кг.}$$

					Технологічні розрахунки	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Розрахунки виробничих площ та приміщень

### Склад світлого солоду і ячменю

Річні витрати світлого солоду складають 70310000 т, тоді двохмісячний запас зерно продуктів буде становити:  $(70310 \times 2) / 11,33 = 12411,3$  т.

При складанні мішків в штабеля висотою в 5 мішків, окремого навантаження на  $1\text{ м}^2$  площі 1200 кг площа склада з урахуванням 50% площі, необхідної для обслуговування і проїзд, становитиме:

$$12411300 \cdot 1,5 / 1200 = 15514,12 \text{ м}^2.$$

Річні витрати ячменю складають 2970 т, тоді двохмісячний запас буде становити:  $(2970 \cdot 2) / 11,33 = 524,27$  т.

$$524270 \cdot 1,5 / 1200 = 655,34 \text{ м}^2.$$

### Склад карамельного солоду і рисової січки

Площу складу розраховують в перерахунку на 2-х місячний запас для зберігання сировини в мішках.

Річні витрати карамельного солоду - 867,2 т,

а рисової січки 990 т, тому двохмісячний запас становитиме:

$$\text{карамельного солоду} \quad (867,2 \cdot 2) / 11,33 = 153,1 \text{ т}$$

$$\text{рисової січки} \quad (990 \cdot 2) / 11,33 = 174,75 \text{ т}$$

При складанні мішків в штабеля висота в 5 мішків, окремого навантаження на  $1\text{ м}^2$  площі 1200 кг площа склада з урахуванням 50% площі, необхідний для обслуговування і проїзд:  $153100 \cdot 1,5 / 1200 = 191,4 \text{ м}^2$ ;

$$174750 \cdot 1,5 / 1200 = 218,44 \text{ м}^2$$

**Склад хмелю** Склад хмелю повинен вміщувати річний запас хмелю для виробництва пива. Маса хмелю становить:

$$M = 179300 + 62800 + 136000 = 378100 \text{ кг.}$$

При складуванні по 400 кг хмелю на  $1 \text{ м}^2$  площі складу і з розрахунком 50% вільної площі для проходів і проїздів необхідно мати площу складу

					Технологічні розрахунки	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5. РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ [ 19,21 ]

Потужність заводу  $Q_{\text{заводу}} = 20000000$  дал/рік.

Річна витрата зернопродуктів розраховується виходячи з таблиці продуктів – на 1 дал товарного пива витрачається максимально 1,90 кг зернової сировини.

Отже, отримаємо по середньому пиву:

$$G_{\text{річне}} = Q * 1,90 \quad (5.1)$$

$$G_{\text{річне}} = 20000000 * 1,90 = 38\,000\,000 \text{ т.}$$

Добова витрата зернопродуктів розраховується виходячи з таких міркувань: випуск продукції в найбільш напружений квартал приймається рівним 30 % від річного, а за один місяць – 10 %. При роботі варильного відділення 28,5 діб в місяць (так як 1,5 доби в місяць відводиться для дезінфекції і профілактичного ремонту апаратів і трубопроводів) добова витрата зернопродуктів складає:

$$G_{\text{доб}} = \frac{G_{\text{річ}} \cdot 0,1}{28,5} = \frac{38000000 \cdot 0,1}{28,5} = 140,5 \text{ т} \quad (5.2)$$

За добою переробкою зернопродуктів, користуючись таблицею, підбираємо варильний агрегат.

Таблиця 5.1 – Характеристика варильних агрегатів пивоварних заводів

Варильні агрегати	Кількість варінь за добу	Добова кількість переробки зернопродуктів у разі засипу на 1 затор, т				
		0,5	1,0	1,5	3,0	5,5
Двоапаратний	2,0	1,0	2,0	-	-	-
Чотириапаратний	3,6	-	-	-	10,8	19,8
	4,0	-	4,0	6,0	-	-
Шестиапаратний	6,0	-	6,0	9,0	18,0	33,0

Частка річного об'єму продукції заводу, що виробляється у найнапруженіший квартал – 0,3 т;

Тривалість роботи заводу у неремонтний місяць працює – 28,5 діб.

**Загальна річна потреба у зернопродуктах для світлого пива:**

$$G = \text{Вз.п.} \cdot Q$$

для 11%-го пива:  $G = 1,84 \cdot 10000000/1000 = 18400 \text{ т}$

для 12%-го пива:  $G = 2,038 \cdot 6000000/1000 = 12228 \text{ т}$

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

для 14,5%-го пива:  
Всього: 40316 т

$$G = 2,422 \cdot 4000000 / 1000 = 9688 \text{ т}$$

**Добова витрата зернопродуктів** в найбільш напружений період року складає:

$$Q_d = (18400 + 12228 + 9688) \cdot 0,3 / (28,5 \cdot 3) = 140,5 \text{ т/добу}$$

Так, як відома кількість варок за добу  $n=11$ , то ми можемо знайти величину одночасного засипу.

$$n = Q_d / Q \quad Q = Q_d / n = 140,5 / 11 = 11,9 \text{ т}$$

**Норія** для подачі солоду працює щодня протягом 4,5 год ( в денній зміні). тоді її потужність повинна дорівнювати:  $141,0 / 4,5 = 31,4 \text{ т/год}$ . Згідно цих даних: норія НГЦ-I 100, продуктивністю 100 т/год по важкому зерну, або  $100 \cdot (0,53/0,76) = 70,6 \text{ т/год}$  солоду.

Приймаємо до встановлення норії НЦГ-100 з потужністю 70 т/год по «важкому» зерну

Таблиця 5.2 - Характеристика норії

Тип норії 1	
Продуктивність по пшениці ( $\rho=0,75 \text{ т/м}^3$ , $W=17 \%$ ), т/год	70
Висота норії не більше, м	45
Діаметр барабанної головки, мм	300
Довжина барабанної головки і башмака, мм	150
Ширина стрічки, мм	125
Швидкість руху стрічки, м/с	1,2
Крок ковшів, мм	210
Розміри поперечного перерізу труб норії, мм	197×197

**Ваги автоматичні** для зважування солоду повинні мати таку ж потужність як і норія. Обираємо ваги марки ДН-500 продуктивністю 20-60 т/год.

Габаритні розміри: 1500x1700x1850.

Характеристика автоматичних вагів подана у табл. 5.3

Таблиця 5.3 - Характеристика автоматичних вагів

Марка вагів	ДН-500
Величина порції зважування, кг	150-200
Продуктивність, т/год	20-60
Об'єм ковша, м <sup>3</sup>	0,44
Потужність, кВт	1,2
Габаритні розміри, мм	1500x1700x185
Маса, кг	155

Бункер для солоду. Бункер повинен вміщувати добовий запас солоду.  
Обираємо бункер циліндричної конструкції.

$D$  – діаметр бункера, м;

$H$  – висота циліндричної частини бункера, м;

$h$  – висота конусної частини бункера, м.

Приймаємо, що  $D = 7$  м,  $H = 9$  м, а  $h = 3$  м.

*Бункери виробничого запасу зернопродуктів* мають поміщати їх добовий запас, тобто 141, 5 т. Об'єм добового запасу солоду розраховуємо за формулою:

$$V_{\text{доб. солоду}} = \frac{G_{\text{доб}}}{0,53} \cdot 1,1 \quad (5.3)$$

$$V_{\text{доб. солоду}} = \frac{141,5}{0,53} \cdot 1,1 = 293,67 \text{ м}^3,$$

де 0,53 - об'ємна маса товарного солоду.

Об'єм добового запасу ячменю розраховуємо за формулою:

$$V_{\text{доб. ячменю}} = \frac{G_{\text{доб}} \cdot 0,3}{0,65} \cdot 1,1 \quad (5.4)$$

$$V_{\text{доб. ячменю}} = \frac{141,5 \cdot 0,3}{0,65} \cdot 1,1 = 65,31 \text{ м}^3,$$

де 0,65 - об'ємна маса відсортованого ячменю.

Обираємо 2 бункера для солоду об'ємом по 80 м<sup>3</sup>. Бункери проектуємо квадратного січення із пірамідальним днищем.

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

Висота пірамідальної частини:

$$h_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \text{tg} 30^\circ \cdot 2 = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 0,5775 \cdot 2 = 0,82 \text{ м},$$

Висота прямокутної частини:

$$h = \frac{V}{a^2} - \frac{1}{3} \cdot h_1 = 5 - 0,27 = 4,73 \text{ м},$$

де  $V$  - це об'єм бункера для солоду, 80 м<sup>3</sup>.

Геометричні розміри бункера для ячменю при  $a = 1,8$  м і  $\alpha = 36^\circ$  будуть наступні:

Висота пірамідальної частини:

$$h_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \text{tg} 36^\circ \cdot 1,8 = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 0,7265 \cdot 1,8 = 0,92 \text{ м},$$

Висота прямокутної частини:

$$h = \frac{V}{a^2} - \frac{1}{3} \cdot h_1 = 4,68 - 0,31 = 4,37 \text{ м}, \text{ де } V_{\text{я}} - \text{це об'єм добового}$$

запасу ячменю, м<sup>3</sup>.

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

*Повітряно-ситовий сепаратор* розраховуємо, виходячи з того, що на одну варку потрібно 11 т зернопродуктів. Отже, його продуктивність повинна бути  $11/1,5 = 5$  т/год. Обираємо апарат ЗСМ-5.

Характеристика повітряно-ситового сепаратора подано у табл. 5.5

*Таблиця 5.5 - Характеристика повітряно-ситового сепаратора*

Марка	ЗСМ-5
Продуктивність, т/год	5.0
Сумарна потужність електродвигуна, кВт	2,5
Габаритні розміри, мм	
довжина	1700
ширина	1100
висота	1100
Маса, кг	500

**Магнітний сепаратор.** В зерні яке поступає на виробництво містяться металічні предмети: гвіздки, болти, куски металів.

Для звільнення від цих домішок вибираємо, електромагнітний барабанний сепаратор продуктивністю 9,1т/год. Габаритні розміри 1220 x 620

Обираємо апарат ДМН-9

*Таблиця 5.6 - Технічні дані магнітного сепаратора*

Продуктивність кг/год	9100
Діаметр барабана, мм	250
Потрібна потужність, кВт	
для котушок	0,20
для привода машини	0,4
Габаритні розміри, мм	
довжина	1220
ширина	620

**Збірник промивних вод**, отриманих при промиванні дробини , повинен мати місткість з розрахунку  $2,4 \text{ м}^3$  на 1 т зерно продуктів, що надходять на варку:  $2,4 * 12,9 = 30,96 \text{ м}^3$ .

Збірник являє собою горизонтальний циліндр, який має змієвик для обігріву. Якщо прийняти, що діаметр збірника рівний 3 м, довжина його буде:

$$L = V * 4 / (\pi * D) = 30,96 * 4 / (3,14 * 9) = 4,4 \text{ м}$$

При добовій потребі 141,0 т/год обираємо один чотирьохапаратний агрегат при кількості варінь за добу 11, у разі засипу на один затор 12,0 т.

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

Обираємо *транспортер* з плоскою стрічкою потужністю – 75т/год, при швидкості стрічки 3 м/с.

$$\text{Ширина стрічки } B = \sqrt{Q_i / 160 * V\gamma} = \sqrt{75/160 * 3 * 0.63} = 0.5 \text{ м}$$

Обираємо **транспортер** з плоскою стрічкою потужністю – 75 т/год, при швидкості стрічки 3 м/с.

$$\text{Ширина стрічки } B = \sqrt{Q_i / 160 * V\gamma} = \sqrt{75/160 * 3 * 0.63} = 0.5 \text{ м}$$

Технічні характеристики дробарок Millstar System Lenz для подрібнення солоду представлені в табл. 5.7, а їх зовнішній вигляд та габаритні розміри — на рис. 5.1.

Таблиця 5.7. - Технічні характеристики дробарок Millstar System Lenz

Назва характеристики	Тип дробарки									
	ML-5		ML-10		ML-16			ML-20	ML-40	
Засип, т	2	3	4	5	6	7	8	10	>>10	
Продуктивність помелу, т/год	5		10		16			20	40	
Встановлена потужність, кВт	23,5		43		62			73	98	
Місткість бункера, м <sup>3</sup> повна робоча	5		10		16			20	40	
	4		8		13			16	32	
Маса, кг	3000		4000		5750			6750	10000	
Габаритні розміри, мм										
D	1200		1600		1850			2000	2600	
H	4760		5250		5475			5550	5700	
H1	1500		1000		1000			1000	900	
H2	600		800		925			1000	1300	
H3	2660		3450		3550			3550	3500	
H4	830		1110		1110			1110	2100	
H5	1400		1600		2000			2000	3800	

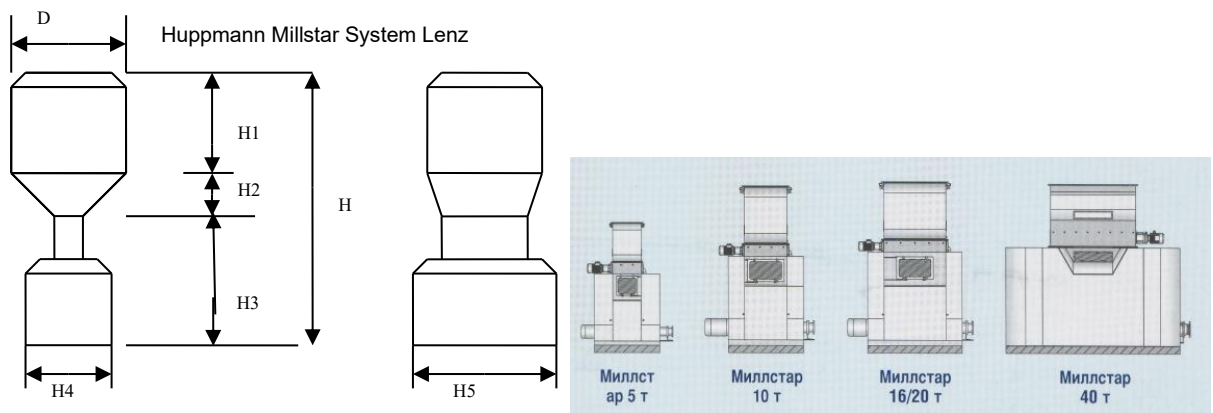


Рисунок 5.1. Зовнішній вигляд дробарок Millstar System Lenz

Вибираємо дробарку мокрого подрібнення Millstar System Lenz для

					Розрахунки та підбір технологічного обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

подрібнення солоду з бункером 1300 м, діаметром – 10 м. на 40 т. Hurrmann ML-40

### Підбір апаратів для варки сусла

Технічні характеристики суслотварильного апарату Wort Kettle Tank (Steinecker) наведені у табл.5.8

Таблиця 5.8. - Технічні характеристики суслотварильного апарату Wort Kettle Tank (Steinecker)

Назва характеристики	Тип суслотварильного апарату					
	WKT-D5000-V62,9	WKT-D5500-V68	WKT-D5900-V77,7	WKT-D6300-V87,4	WKT-D6600-V97	WKT-D6900-V107
Засип, т	6	7	8	9	10	11-12
Місткість, м <sup>3</sup> повна робоча	62,9	68	77,7	86,6	97,4	107,1
	43,5	49	56	64	70	76
Площа повноти нагріву, м <sup>2</sup> бокова днища перколятора	12	14,4	18	19,3	24,7	28,1
	11,2	13,4	14,7	6,7	20,1	22,3
	12,5	13	13,4	13,8	14,3	14,6
Робочий тиск пари у сорочці, мПа	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Маса, кг	8200	9750	11150	12300	13600	14270
Габаритні розміри, мм						
Засип, т	6	7	8	9	10	11-12
D	4600	5000	5500	5900	6300	6600
D	650	675	700	725	750	775
<i>Продовження таблиці 5.8</i>						
H	5550	5800	5775	5925	5775	6000
H1	2000	2000	1800	1800	1500	1600
H2	1100	1200	1200	1200	1200	1200
H3	1150	1250	1375	1475	1575	1650
H4 Min	1500	1500	1500	1500	1500	1500

Технічні характеристики фільтраційних апаратів Lauter Tun наведені в табл. 5.9.

Таблиця 5.9 - Технічні характеристики фільтраційних апаратів Lauter Tun

Назва характеристики	Тип фільтраційного апарату						
	LT-D5600	LT-D5600	LT-D6600	LT-D7100	LT-D7500	LT-D8000	LT-D8800
Засип, т	5	6	7	8	9	10	11-12
Місткість, м <sup>3</sup> повна робоча	34,5	41,4	47,6	54,4	61,2	68	75
	25	30	35	40	45	50	55
Площа фільтрації, м <sup>2</sup>	24,6	29,2	34,1	39,5	44,1	50,2	54,1
Частота обертання розрихлювального механізму, об/хв: при промиванні дробини, при вивантаженні дробини	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	6	6	6	6	6	6	6
Встановлена потужність, кВт	20,1	20,1	22,2	24	25,2	26,4	27,5
Габаритні розміри, мм							
D	5600	5600	6100	6600	7100	7500	8000
D	650	650	675	700	725	750	775
H	4300	4300	4575	4750	4675	5075	5250
H1	500	500	500	500	500	500	500
<i>Продовження Таблиці 5.9</i>							
H2	1100	1100	1200	1200	1200	1200	1200
H3	1400	1400	1525	1650	1775	1875	2000
H4 Min	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000

**Заторний насос.** Для перекачування затору використовують насоси типу ФГ – центробіжні, одноступінчасті. Згідно встановленого режиму затирання заторна маса із заторного котла повинна перекачуватися протягом 20 хв. З кожної тони затираємих матеріалів отримують 3-3,5 м<sup>3</sup> заторної маси. Об'єм заторної маси із 12,9 т зерно продуктів рівний  $12,9 * 3,5 = 45,15 \text{ м}^3$ .

					Розрахунки та підбір технологічного обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Розраховуємо потужність насоса:

$$P = 40316 * 60 / 20 = 120938 \text{ м}^3/\text{год.}$$

### **Сусловий насос.**

Згідно прийнятого режиму варки перекачування охмеленого сусла із сусло варильного апарата триває 30 хв.

З одної варки отримуємо сусла  $12900 * 620 / 100 = 79980 \text{ дм}^3$ . Розраховуємо продуктивність насоса:  $P = 79980 * 60 / 30 = 159960 \text{ дм}^3/\text{год.}$

Приймаємо до установки насос марки ФГ-144/10,5 з подачею  $75,6-220 \text{ м}^3/\text{год}$  і напором 12,7-8 м. вод.ст. (0,13-0,08Мпа).

Потужність електродвигуна 10кВт, частота обертання  $n=960 \text{ об/хв.}$

Маса насосу 475кг.

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

Розрахункова подача насоса буде

$$40316 * 0,1 * 60 / 10 = 24189,6 \text{ дм}^3/\text{год.}$$

Приймаємо насос типу 4к-18 з подачею  $80 \text{ м}^3/\text{год.}$

Повний напір 24м.вод.ст. (0,24Мпа). Потужність електродвигуна 7,5 кВт, частота обертів  $n=2900 \text{ об/хв.}$  Маса насоса 133кг.

### **Насос для видалення дробини.**

Розрахуємо скільки дробини утвориться з однієї варки:

$$172 * 12900 / 100 = 22188 \text{ кг.}$$

Для зручності перекачування дробина розводиться водою ( $4-5 \text{ дм}^3$  на 1 кг), тоді об'єм розведеної дробини буде становити:  $22188 * 4 = 88752 \text{ дм}^3$ .

Відкачка дробини із фільтраційного апарата триває 15хв,

тому продуктивність насоса становить:  $P = 88752 * 60 / 15 = 355008 \text{ м}^3/\text{год.}$

Приймаємо до установки насос марки ФГ-144/10,5 з подачею  $75,6-220 \text{ м}^3/\text{год}$  і напором 12,7-8 м. вод.ст. (0,13-0,08Мпа).

Потужність електродвигуна 10кВт, частота обертання  $n=960 \text{ об/хв.}$

Маса насосу 475кг.

Технічні характеристики бункерів дробини Barley Corn Tank наведені в табл. 5.10.

					Розрахунки та підбір технологічного обладнання	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.10. - Технічні характеристики бункерів дробини Barley Corn Tank

Назва характеристики	Тип бункера дробини								
	ВСТ- V3,3	ВСТ- V4,9	ВСТ- V6,6	ВСТ- V8,2	ВСТ- V9,9	ВСТ- V11, 5	ВСТ- V13, 2	ВСТ- V14, 8	ВСТ- V16,5
Засип, т	2	3	4	5	6	7	8	9	10- 11
Місткість бункера, м <sup>3</sup> повна робоча									
	3,3 2,8	4,9 4,2	6,6 5,6	8,2 7	9,9 8,4	11,5 9,8	13,2 11,2	14,8 12,6	16,5 14
Встановлена потужність, кВт	0,6	1	1,5	2	2,6	3,2	3,7	4,3	5
Габаритні розміри, мм									
H	2450	2500	2600	2700	2800	2900	3000	3050	3100
H1	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400
H2	750	800	900	1000	1100	1200	1300	1350	1400
H3	1500	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2700	2800
H4	1300	1800	2150	2400	2500	2650	2750	3000	3150

#### Гідроциклонний апарат.

Апарат представляє собою великий закритий резервуар з плоским, трохи нахиленим дном. Гаряче сусло на протязі 15-20хв насосом тангенційно зі швидкістю 20-25м/с вводять в апарат через сопло діаметром 40-80мм, яке розташоване вище днища на 0,5-1м з нахилом 10-20°. При такому направленні сусла у апарат відбувається рух з утворенням воронки і випадання на дно конусоподібного осаду. Осадження частинок триває на протязі 20-40хв після випуску всього сусла у апарат.

$$V=(6*3,0)/0,9=20 \text{ м}^3, 0,9 - \text{коєфіцієнт заповнення.}$$

За цими даними підбираємо гідроциклонний апарат РЗ-ВГЧ-16 продуктивністю 79200 дал/добу, повний об'єм – 130м<sup>3</sup>.  
Діаметр – 5700мм; висота – 5000мм.

#### Пластинчастий теплообмінний апарат.

Для охолодження суслатприймаємо до установки пластинчастий охолоджувач АОГ-М продуктивністю 6000 дм<sup>3</sup>/год.

Габаритні розміри 1590x700x1330, маса 520кг.

В табл. 5.11 представлено специфікацію підбраного обладнання

					Розрахунки та підбір технологічного обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Таблиця 5.11 – Специфікація обладнання

№	Найменування і марка	К-сть	Технічна характеристика	Потужність електро-двигуна
1	Норія НЦГ- 100	1	Продуктивність 100т/год, висота не більше 60 м, габаритні розміри: ширина стрічки 300мм, шаг ковшів 180мм, маса головки 526кг, башмака 500кг.	8,2
2	Ваги автоматичні ДН-500	2	Продуктивність 20-60т/год, величина порції 250-500кг, габаритні розміри 1500х1700х1850; маса 860кг	5
3	Шнек	2	Продуктивність 12т/год, діаметр гвинта 400мм, шаг гвинта 120мм, частота обертання 75об/хв..	1
4	Бункер для солоду	3	Габаритні розміри в плані діаметр 3м, висота циліндричної частини 6м, висота конусної частини 3м.	-
5	Стрічковий транспортер КЛП-400	1	Довжина транспортера 11м, ширина стрічки 400мм, відстань між центрами барабану 10м, маса 500кг	1,1
6	Електромагнітний сепаратор ДНМ-6	2	Продуктивність 18т/год, габаритні розміри: довжина 2000мм, ширина-1000мм	0,9
7	Повітряно-ситовий сепаратор СП-20	2	Продуктивність 20т/год, габаритні розміри 2800х2800х2700 мм, маса 1600 кг	1,1
8	Дробарка мокрого помелу Hurrmann ML-16	1	Продуктивність 15т/год, необхідна площа установки 2,5-3,9м <sup>2</sup> , загальна висота дробарки 8м	
9	Заторний апарат	2	Місткість 33м <sup>3</sup> , площа поверхні нагріву 20,8м <sup>2</sup> , діаметр 4800мм, висота циліндричної частини 1212мм, кришки – 2500мм, сферичного днища – 1060мм, маса апарата 19500 кг, робоча маса 42000кг	7,5
10	Сушловарильний апарат Wort Kettle Tank (Steinecker)	1	Місткість 107,1м <sup>3</sup> , площа поверхні нагріву 47,2м <sup>2</sup> , діаметр 5200мм, висота циліндричної частини 967мм, кришки – 2690, сферичного днища – 1870мм, маса апарата 20000, робоча маса 458000 кг.	7,5
11	Фільтраційний апарат LT-D8800	1	Місткість 37,5 м <sup>3</sup> , площа поверхні фільтрації 541м <sup>2</sup> , діаметр 8000мм, висота циліндричної частини 2800мм, кришки – 1800, маса апарата – 13720 кг, робоча маса – 46500 кг.	27,5
12	Гідроциклонний апарат РЗ-ВГЧ-16	1	Продуктивність 792 м <sup>3</sup> /год, повний об'єм -62,5м <sup>3</sup> . Діаметр – 5700мм, висота – 2500мм	7

					Розрахунки та підбір технологічного обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

## 6. ЕНЕРГЕТИЧНІ РОЗРАХУНКИ

### 6.1 Розрахунок витрати пари, води та електроенергії на технологічні потреби

#### 6.1.1 Витрати пари [19,21].

Кількість варок за добу – 11; кількість робочих днів в рік – 323; вологість зерна солоду  $w = 5\%$  мас.; питома теплоємність сухих речовин солода  $c_o = 1,423$  кДж/(кг·К); питома теплоємність води  $c_g = 4,1868$  кДж/(кг·К); початкова температура затору  $t_{zn} = 45^\circ\text{C}$ ; температура солода, що поступає на затирання  $t_c = 10^\circ\text{C}$ ; вихідна температура води, що поступає на підігрів перед затиранням  $= 12^\circ\text{C}$ ; спосіб затирання – настійний і одновідварковий з кип'ятінням густої частки; падіння температури заторної маси під час пауз на  $2^\circ\text{C}$ .

Теплотехнічні розрахунки заторного апарату.

Питома теплоємність кДж/ (кг · К) солода:

$$c_c = [c_o(100 - \omega) + c_g\omega]/100. \quad (6.1)$$

де  $c_o$  – питома теплоємність сухих речовин зерна, кДж/ (кг · К);  $c_o = 1,423$  кДж/ (кг · К);

$c_g$  – питома теплоємність води, кДж/ (кг · К);  $c_g = 4,1868$  кДж/ (кг · К);  
 $\omega$  – вологість зерна, % масс.

$$C_c = \frac{1,423 \times (100 - 5) + 4,1868 \times 5}{100} = 1,56 \text{ кДж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$$

Питома теплоємність кДж/ (кг · К) заторної маси:

$$c_z = \frac{M_c c_c + W_g c_g}{G_z}.$$

де  $W_g$  – маса заторної води, кг ( $W_g = \rho_g V_g$ ;  $\rho_g$  – густина води, кг/м<sup>3</sup>);

$G_z$  – вихідна маса затора, кг ( $G_z = M_c + W_g$ ).

$$c_z = \frac{(3055 \times 1,56) + (1000 \times 11,21 \times 4,1868)}{(3055 + 11210)} = 3,624 \text{ кДж} / (\text{кг} \cdot \text{К}).$$

Необхідна температура ( $^\circ\text{C}$ ) води, що подається на затирання:

$$t_{вз} = \frac{(M_c \times c_c + W_g \times c_g) \times t_{zn} - M_c c_c t_c}{W_g c_g}, \quad (6.2)$$

де  $t_{zn}$  – початкова температура затора,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_c$  – температура солода, що поступає на затирання,  $^\circ\text{C}$ .

$$t_{вз} = \frac{\{(3055 \times 1,56) + (1000 \times 11,21 \times 4,1868)\} \times 45 - (3055 \times 1,56 \times 10)}{(1000 \times 11,21 \times 4,1868)} = 48,55 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Витрати теплоти на підігрів води для приготування затору:

$$Q_g = W_g c_g (t_{вз} - t_{ви}), \quad (6.3)$$

де  $t_{ви}$  – вихідна температура води, що поступає на підігрів,  $^\circ\text{C}$ .

					<b>Енергетичні розрахунки</b>	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

$$Q_6 = (1000 \times 11,21 \times 4,1868) \times (48,5 - 12) = 1713092 \text{ кДж.}$$

Витрата теплоти (кДж) на нагрівання затору:

$$Q_{нз} = G_3 c_3 (t_{зк} - t_{зн}), \quad (6.4)$$

де  $G_3$  - маса затора, що нагрівається, кг;

$c_3$  - питома теплоємність заторної маси, кДж/(кг·К);

$t_{зк}, t_{зн}$  - відповідно кінцева та початкова температура заторної маси, °С.

Затирання проводиться настійним способом від температури 52°С до 72°С:

$$Q_{нз} = (3055 + 11210) \times 3,62 \times (72 - 52) = 1032786 \text{ кДж.}$$

При одновідварковому способі затирання з кип'ятінням густої частини:

$$Q_{нз} = (3055 + 11210) \times 3,62 \times (52 - 45) = 361475,1 \text{ кДж.}$$

Витрата теплоти на нагрівання 1-го відварювання затора:

$$Q_{нз1} = q G_3 c_3 (t_{кип} - t_{зн1}), \quad (6.5)$$

де  $q$  - частина затору, що відварюється, мас. доля; 20% від загальної кількості,  $q=0,2$ ;

$t_{зн1}$  - початкова температура відварюваної частини заторної маси, °С;

$t_{кип}$  - температура кип'ятіння відварюваної частини заторної маси, °С,  $t_{кип} = 100$  °С.

$$Q_{нз1} = 0,2 \times (3055 + 11210) \times 3,62 \times (100 - 52) = 495737,28 \text{ кДж.}$$

Маса (кг) води, що випарюється при 1-ій відварці затору:

$$W_u = qiG_3, \quad (6.6)$$

де  $i$  - частина, що випаровується рідкої фази відварюваного затору, мас. частка; при відварці випарюють біля 2% води,  $i=0,02$ .

$$W_u = 0,2 \times 0,02 \times (3055 + 11210) = 57,06 \text{ кг.}$$

Витрати теплоти (кДж) на кип'ятіння відварюваної частини затору:

$$Q_{кз1} = W_u r, \quad (6.7)$$

де  $r$  - питома теплота пароутворення, кДж / кг, для температури 100 °С - 2256,8.

$$Q_{кз1} = 57,06 \times 2256,8 = 128773 \text{ кДж.}$$

Витрати теплоти (кДж) на 1-у відварку:

$$Q_1 = \frac{Q_{нз1} + Q_{кз1}}{n}, \quad (6.8)$$

де  $n$  - ККД заторного апарату; втрати теплової енергії не перевищують 5%, то  $n=0,95$ .

$$Q_1 = \frac{(495737,28 + 128773)}{0,95} = 657379,24 \text{ кДж.}$$

Температура (°С) суміші затора після з'єднання та перемішування відвареної та невідвареної частин після 1-ої відварки:

					<b>Енергетичні розрахунки</b>	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

$$t_{см} = \frac{(1-q)G_3 t_{зк2} + (qG_3 - W_u) t_{кип}}{G_3 - W_u}, \quad (6.9)$$

де  $(1 - q)G_3$  - маса невідвареної частини затору, кг;

$qG_3$  - маса відвареної частини затору, кг;

$t_{зк2}$  - температура невідвареної частини заторної маси перед змішуванням, °С.

$$t_{см} = \frac{\{(1-0,2) \times (3055 + 11210) \times 45 + [0,2(3055 + 11210) - 57,06] \times 100\}}{[(3055 + 11210) - 57,06]} = 55,8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Витрата теплоти на нагрівання 2-го відварювання затора при  $t_{зк2} = t_{см}$ :

$$Q_{нз2} = qG_3 c_3 (t_{кип} - t_{зк2}) = 0,2 \times (3055 + 11210) \times 3,62 \times (100 - 55,8) = 456491,41 \text{ кДж}.$$

Маса води, що випарюється при 2-ій відварці:

$$W_u = 0,7 \times 0,02 \times (3055 + 11210) = 199,71 \text{ кг}.$$

Витрата теплоти на кип'ятіння відвареної частини затору:

$$Q_{кз2} = W_u r = 199,71 \times 2256,8 = 450705,52 \text{ кДж}.$$

Тоді на витрата теплоти на 2-у відварку:

$$Q_1 = \frac{(Q_{нз2} + Q_{кз2})}{n} = \frac{(456491,41 + 450705,52)}{0,95} = 954944,13 \text{ кДж}.$$

Температура суміші затора після з'єднання та перемішування відвареної та невідвареної частин після 2-ої відварки, °С:

$$t_{см} = \frac{(1 - q)G_{зк3} + (qG_3 - W_u)t_{кип}}{G_3 - W_u} = \frac{\{(1 - 0,2) \times (3055 + 11210) \times 63 + [0,2 \times (3055 + 11210) - 57,06] \times 100\}}{[(3055 + 11210) - 57,06]} = 70,28$$

Продуктивність варильного устаткування по гарячому суслу за одну варку  $V_{2c} = 190$  гл/варка.

### Теплотехнічні розрахунки [ 14,19]

Загальна кількість води, що випаровується (кг):

$$W = G_c \times \left(1 - \frac{E_n}{E_k}\right), \quad (6.10)$$

де  $E_n$  - початкова концентрація сухих речовин у суслі, 11%;

$E_k$  - кінцева концентрація сухих речовин у суслі, 13%.

$$W = 21000 \times \left(1 - \frac{11}{13}\right) = 3231 \text{ кг}.$$

Тоді за 1 год. Буде випаровуватись (кг):

$$W_1 = W \left(\frac{1}{\tau}\right), \quad (6.11)$$

де  $\tau$  - час кип'ятіння сусла.  $W_1 = 3231 \times \left(\frac{1}{1,5}\right) = 2154 \text{ кг}.$

					<b>Енергетичні розрахунки</b>	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Вміст вологи в початковому суслі:

$$W_H = 100 - E_H, \quad (6.11)$$
$$W_H = 100 - 11 = 89 \%$$

Питома теплоємність (кДж/(кг·К)) сусла:

$$C_c = \frac{c_o \times (100 - W_H)}{100} + \frac{c_w \times W_H}{100}, \quad (6.12)$$

де  $c_o$  - питома теплоємність сухих речовин сусла, 1,42 кДж/(кг·К);

$c_w$  - питома теплоємність води, 4,1868 кДж/(кг·К).

$$C_c = \frac{1,42 \times (100 - 89)}{100} + \frac{4,19 \times 89}{100} = 3,88 \text{ кДж/(кг·К)}.$$

Визначимо годинну витрату (кг/год) пари, що гріє, з урахуванням ККД апарату:

$$D = \frac{G_c c_c (t_k - t_H) + W_1 (I_w - c_w t_k)}{\eta (I_p - I_k)}, \quad (6.13)$$
$$D = \frac{21000 \times 3,88 \times (100 - 71) + 2154 \times (2674,5 - 4,1868 \times 100)}{0,95 \times (2731,5 - 419)} = 3287 \text{ кг/ч}.$$

де  $t_k$  - кінцева температура нагрівання затору, 100°C;

$t_H$  - початкова температура затору, 71°C;

$I_w$  - питома ентальпія вторинної пари, 2674,5 кДж/(кг·К);

$\eta$  - ККД апарата, 0,95;

$I_p$  - питома ентальпія грійочої пари, 2731,5 кДж/(кг·К);

$I_k$  - питома ентальпія кінцевої пари, 419 кДж/(кг·К).

Теплове навантаження (Вт) на поверхню теплопередачі:

$$Q = \frac{D \times (I_p - I_k)}{3,6}, \quad (6.14)$$
$$Q = \frac{3287 \times (2731,5 - 419)}{3,6} = 2111000 \text{ Вт}.$$

Температура пари, що гріє, і киплячого сусла протягом всього часу кип'ятіння залишається незмінною:

$$\Delta t = t_p - t_k, \quad (6.15)$$

где  $t_p$  - температура пари, що гріє, 138,2°C.

$$\Delta t = 138,2 - 100 = 38,2^\circ\text{C}.$$

Температура стінки визначається:

$$t_{ст} = \frac{t_p - (\gamma \times \Delta t)}{\alpha}, \quad (6.16)$$
$$t_{ст} = \frac{138,2 - (1860 \times 38,2)}{5800} = 126^\circ\text{C}.$$

де  $\gamma$  - коефіцієнт теплопередачі, 1860 Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$\alpha$  - коефіцієнт тепловіддачі, 5800 Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Коефіцієнт теплопередачі від пари, що гріє, дорівнює:  $\alpha_1 = 18490$  Вт/(м<sup>2</sup>·К)

Для похилої стінки апарата коефіцієнт тепловіддачі Вт/(м<sup>2</sup>·К) обчислюють зі значенням кута нахилу  $\varphi = 45^\circ$ :

$$\alpha_{1накл} = \alpha_1 \times \sqrt[4]{\sin \varphi}, \quad (6.17)$$

					<b>Енергетичні розрахунки</b>	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

$$\alpha_{1\text{накл}} = 18490 \times \sqrt[4]{\sin 45^\circ \text{C}} = 17760 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_2 \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  від поверхні парової сорочки до киплячого сусла:

$$\alpha_2 = 3,25 \times q_{\text{уд}}^{0,75}, \quad (6.18)$$

де  $q_{\text{уд}}$  - питома тепла нагрузка,  $63805 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .

$$\alpha_2 = 3,25 \times 63805^{0,75} = 13050 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнт теплопередачі ( $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ) від гріючої пари до стінки с врахуванням втрат теплоти за рахунок осаду, що утворився на внутрішній поверхні апарату:

$$K = \eta_0 \times \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{1\text{накл}}} + \frac{\delta}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_2}\right)}, \quad (6.19)$$

де:  $\eta_0$  - коефіцієнт, що враховує осад, утворений при кип'ятінні сусла внутрішній поверхні апарату, 0,8;

$\delta$ -товщина листової сталі, 0,012 м;

$\lambda_{\text{ст}}$  - коефіцієнт теплопровідності для сталі ст3,  $46,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$$K = 0,8 \times \frac{1}{\frac{1}{17760} + \frac{0,012}{46,5} + \frac{1}{13050}} = 2046 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Витрата тепла кип'ятіння сусла з хмелем[5]. Зі 100 кг зернопродуктів виходить 621,58 кг гарячого сусла. У процесі варіння випаровується близько 4 % води від об'єму сусла та промивних вод, що надходять у суслотварковий котел.

Таким чином, загальна кількість сусла та промивних вод, що піддаються кип'ятінню, становитиме:

$$V_{\text{гс+пр.вод}} = \frac{V_{\text{гс}} \cdot 100}{100 - 4}, \text{ дм}^3, \quad (6.20)$$

$$V_{\text{гс+пр.вод}} = \frac{621,58 \cdot 100}{100 - 4} = 647,48 \text{ дм}^3.$$

При масі одиниці об'єму сусла при  $62^\circ \text{C}$ , що дорівнює  $1,038 \text{ кг}/\text{м}^3$ , відповідної масової частки сухих речовин, що дорівнює 9,5 % і питомої теплоємності сусла  $3,88 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$  витрата тепла для підігріву його до кипіння дорівнюватиме:

$$Q'_c = V_{\text{гс+пр.вод}} \cdot 1,038 \cdot 3,88 \cdot (100 - 62), \text{ кДж}, \quad (6.21)$$

$$Q'_c = 647,48 \cdot 1,038 \cdot 3,88 \cdot (100 - 62) = 99092,1 \text{ кДж}.$$

Для підігріву сусла з 3000 кг зернопродуктів до кипіння тепла потрібно:

$$Q''_c = Q'_c \cdot (3000/100), \text{ кДж}, \quad (6.22)$$

$$Q''_c = 99092,1 \cdot (3000/100) = 2972763 \text{ кДж}.$$

У процесі кипіння випаровується води:

$$V_{\text{води}} = V_{\text{гс+пр.вод}} - V_{\text{гс}}, \text{ дм}^3, \quad (6.23)$$

$$V_{\text{води}} = 647,48 - 621,58 = 25,9 \text{ дм}^3.$$

					<b>Енергетичні розрахунки</b>	Арк.
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Тоді витрати тепла для випарювання води складуть:

$$Q'_B = V_{\text{води}} \cdot 2259,2, \text{ кДж}, \quad (6.24)$$

$$Q'_B = 25,9 \cdot 2259,2 = 58513,28 \text{ кДж}.$$

Для випарювання води із сусла одного варіння тепла потрібно:

$$Q''_B = Q'_B \cdot (3000/100), \text{ кДж}, \quad (6.25)$$

$$Q''_B = 58513,28 \cdot (3000/100) = 1755398,4 \text{ кДж}.$$

Витрата тепла на варіння сусла при ККД котла 0,95 становитиме:

$$Q''' = \frac{Q'_B + Q''_B}{0,95}, \text{ кДж}, \quad (6.26)$$

$$Q''' = \frac{2972763 + 1755398,4}{0,95} = 4977012 \text{ кДж}.$$

Витрата тепла на підігрів води для заливки сит фільтраційного апарату. При площі фільтрації 18,3 м<sup>2</sup> та висоті підситового простору 0,03 м води для заливання сит потрібно: 18,3 · 0,03 = 0,55 м<sup>3</sup>, або 550 кг, а тепла для підігріву води до 80 °С: 4,1868 · 550 · (80-12) = 156586,32 кДж.

Витрата тепла на підігрів води для вилуговування пивної дробини. Для вилуговування дробини витрачається 4 дм<sup>3</sup> води, підігрітої до 80 °С, на 1 кг зернопродуктів, що затираються. Витрата тепла для підігріву води на вилуговування дробини з одного варіння складе:

$$4,1868 \cdot 3000 \cdot 4 \cdot (80 - 12) = 3416428,8 \text{ кДж}.$$

В таблиці 6.1 зведено дані про сумарну витрату тепла при приготуванні сусла одного варіння.

Таблиця 6.1 – Сумарні витрати тепла при приготуванні сусла однієї варки

Технологічна операція	Витрати тепла, кДж
Витрата теплоти на підігрів води для приготування затору	1713092
Витрата теплоти на нагрівання затору (настійний спосіб)	1032786
На підігрів води для заливки сит	156586,32
На підігрів води для вилуговування дробини	341628,8
Витрата тепла на варіння сусла з хмелем	4977012
Всього	8221105,1

При ентальпії пари 2716 кДж/кг, тиску 0,245 МПа та охолодженні конденсату до 100 °С витрата пари на варіння становитиме:

$$Q_B = \frac{Q_{\text{сум}}}{2716 - 4,1868 \cdot 100}, \text{ кг}, \quad (6.27)$$

$$Q_B = \frac{8221105,1}{2716 - 4,1868 \cdot 100} = 3578,56 \text{ кг}.$$

На 100 кг зернопродуктів, що затираються, витрата пари складе:

$$Q_{100\text{кг}} = Q_B \cdot (100/3000), \text{ кг}, \quad (6.28)$$

$$Q_{100\text{кг}} = 3578,56 \cdot (100/3000) = 119,28 \text{ кг}.$$

Добова витрата пари при 6 варках на добу становитиме:

$$Q_{\text{сут}} = Q_B \cdot 10, \text{ кг}, \quad (6.29)$$

$$Q_{\text{сут}} = 3578,56 \cdot 6 = 21471,36 \text{ кг.}$$

### Розрахунок витрат води

*Витрата гарячої води* [17,19]. У технологічному процесі гаряча вода витрачається для затирання зернопродуктів, для заливки сит фільтраційного апарату, для вилуговування пивної та хмелевої дробини, для миття обладнання варочного відділення та станції охолодження, для промивання суслопроводу.

Витрата гарячої води на затирання зернопродуктів визначимо для приготування пивного сусла пива «Галицька Корона». Співвідношення між об'ємом води та внесеним насипом має забезпечити концентрацію першого сусла 11-12 %. При затиранні зі 100 кг зернопродуктів у сусло переходить 74,59 кг екстрактивних речовин. Для отримання сусла заданої концентрації води потрібно:

$$V_{\text{води}} = \frac{E_c \cdot (100 - 12)}{12}, \text{ дм}^3, \quad (6.30)$$

$$V_{\text{води}} = \frac{74,59 \cdot (100 - 12)}{12} = 547 \text{ дм}^3.$$

З урахуванням випаровування деякої кількості води при кип'ятінні відварок на 1 т зернопродуктів кількості води приймаємо 4 м<sup>3</sup>. При приготуванні 6 варок на добу під час переробки  $6 \cdot 3 = 18$  т максимальної кількості зернопродуктів на добу, води на головну затоку потрібно:  $4 \cdot 18 = 72$  м<sup>3</sup>.

Витрата води для заливки сит фільтраційного апарату визначається за обсягом підситового простору. У фільтраційному апараті ВФЧ-3 площа фільтрації  $S_f = 58,3$  м<sup>2</sup>, а висота підситового простору  $h_{\text{пп}} = 0,03$  м.

При цьому добова витрата води для заливки сит складе:

$$V_{\text{в.з.с}} = 58,3 \cdot 0,03 \cdot 10 = 17,5 \text{ м}^3. \quad (6.31)$$

Витрата води на вилуговування пивної дробини приймаємо рівною кількістю, що витрачається на затоку, тобто. 72 м<sup>3</sup>. Витрата води для вилуговування хмелевої дробини вважаємо рівним 0,5 м<sup>3</sup> на 1 т зернопродуктів. Відповідно до продуктового розрахунку середньозваженої кількості зернопродуктів, що затираються, для прийнятого асортименту пива на добу складе:

$$Q_{\text{доб.з}} = \frac{Q_{\text{год.з}}}{323 \cdot 1000} \cdot \frac{T}{\text{доб}} \quad (6.32)$$

де  $Q_{\text{річ.з}}$  – річна кількість зернопродуктів (за рецептурою), кг;

					<b>Енергетичні розрахунки</b>	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

323 – кількість днів роботи варильного цеха.

$$Q_{\text{доб.з}} = \frac{18\,995\,000}{323 \cdot 1000} = 58,81 \text{ т/доб.}$$

Для вилуговування хмелевої дробини, одержуваної протягом доби, води знадобиться:

$$Q_{\text{в.вд}} = Q_{\text{доб}} \cdot 0,5 = 58,81 \cdot 0,5 = 29,40 \text{ м}^3. \quad (6.33)$$

Витрата гарячої води для миття обладнання варочного цеху [6] визначається з умов 5-хвилинної промивки кожного апарату після кожного затору (всього заторів 11) з годинною витратою води 2,5 м<sup>3</sup> на 1 т зернопродуктів, що переробляються.

У варильному цеху промиванні піддається 6 апаратів (солододробарка, заторний апарат, фільтраційний апарат, збірка промивних вод, сушловарковий апарат, гідроциклонний апарат).

Для їх промивки потрібно за добу води:

$$V_{\text{в.пр.ап}} = 2,5 \cdot 11 \cdot 11 \cdot (5/60) = 126,0 \text{ м}^3. \quad (6.34)$$

Витрата води для промивки сушлопровода приймемо з умови, що сушлопровод промивається після кожного варіння протягом 10 хв.

З витратою води 2,5 м<sup>3</sup>/год на 1т зернопродуктів:

$$V_{\text{в.сулопров}} = 2,5 \cdot (10/60) \cdot 58 = 24,16 \text{ м}^3. \quad (6.35)$$

Добову витрату води на інші потреби приймаємо 0,4 м<sup>3</sup> на 1 т зернопродуктів, що затираються, тобто.  $30 \cdot 0,4 = 12 \text{ м}^3$ .

Добову витрату води на інші потреби приймаємо 0,4 м<sup>3</sup> на 1 т зернопродуктів, що затираються, тобто. У таблиці 6.2 зведені дані про витрату гарячої води на технологічні операції.

Максимальна годинна витрата води приймається 15% від добової витрати:

$$V_{\text{в.мах.ч}} = V_{\text{в.сут}} \cdot 0,15, \text{ м}^3, \quad (6.36)$$

де  $V_{\text{в.доб.г}}$  – добові витрати гарячої води на технологічні потреби, м<sup>3</sup>.

$$V_{\text{в.доб.г}} = 357,06 \cdot 0,15 = 53,56 \text{ м}^3.$$

					<b>Енергетичні розрахунки</b>	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

Зведені дані про добову витрату гарячої води наведено у табл. 6.2  
Таблиця 6.2 – Зведені дані про добову витрату гарячої води

Технологічна операція	Температура, °С	Витрати води, м <sup>3</sup> /доб
Затирання зернопродуктів	60	72,0
Заливка сит фільтраційного апарату	80	17,5
Вилужування пивної дробини	80	72,0
Вилуговування хмелевої дробини	80	29,40
Миття обладнання варильного відділення	60	126,5
Промивання супроводу	60	24,16
Інші потреби	60	15,0
<b>ВСЬОГО</b>		<b>357,06</b>

Місткість бака для підігріву води приймається на 2-годинну витрату. При коефіцієнті заповнення 0,9 вона дорівнюватиме:

$$V_{\text{бака}} = \frac{V_{\text{в.мах.ч}} \cdot 2}{0,9}, \text{ м}^3, \quad (6.37)$$

$$V_{\text{бака}} = \frac{53,56 \cdot 2}{0,9} = 119,8 \text{ м}^3.$$

Приймаємо 2 баки прямокутного перерізу з розмірами 4200×3800×3600 мм та місткістю 60 м<sup>3</sup> кожен.

**Витрати холодної води.** Холодна вода йде на розведення пивної та хмелевої дробини перед перекачуванням її до роздавального бункеру, охолодження сусла у водяній секції охолоджувача, миття технологічного обладнання та підлог у виробничих приміщеннях.

Витрати води для розведення пивної дробини. Добову витрату води розраховують із умови, що за нормами проектування на видалення пивної дробини витрачається 4 м<sup>3</sup> на 1 т продуктів, що затираються, тобто.:

$$V_{\text{в.разб.п.дроб}} = 4 \cdot Q_{\text{сут.з}}, \text{ м}^3, \quad (6.38)$$

$$V_{\text{в.разб.п.дроб}} = 4 \cdot 58 = 232 \text{ м}^3.$$

Витрата води на розведення хмелевої дробини приймається з розрахунку 1 м<sup>3</sup> на 1т продуктів, що затираються, тобто.:

$$V_{\text{в.разб.хм.дроб}} = 1 \cdot Q_{\text{сут.з}}, \text{ м}^3, \quad (6.39)$$

$$V_{\text{в.разб.хм.дроб}} = 1 \cdot 58 = 58 \text{ м}^3.$$

Витрати води на охолодження гарячого сусла. Витрати гарячого сусла, отриманого з 100 кг зернопродуктів складає:

«Галицька Корона» = 641,4 дм<sup>3</sup>

«Ірпінське» = 597,07 дм<sup>3</sup>

«Dunkel» = 476,0 дм<sup>3</sup>

					<b>Енергетичні розрахунки</b>	Арк.
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Витрата холодної води для миття обладнання варочного цеху визначається з умов 5-хвилинного промивання кожного з 6 апаратів після кожного затора з годинною витратою води 2,5 м<sup>3</sup> на 1 т зернопродуктів, що переробляються.:

$$V_{\text{об.в.ц}} = 2,5 \cdot 6 \cdot (5/60) \cdot 8 = 10,0 \text{ м}^3. \quad (6.40)$$

Витрата води на миття обладнання відділення охолодження приймають з умов 5-хвилинного промивання одного апарату після охолодження сусла кожного варіння при витраті 2,5 м<sup>3</sup>/год:

$$V_{\text{об.о.охл}} = 2,5 \cdot 6 \cdot (5/60) \cdot 4 = 5,0 \text{ м}^3. \quad (6.40)$$

При розрахунку витрати води для миття суглобів враховують, що їх промивають 10 хв після кожного варіння (2,5 м<sup>3</sup>/год на 1 т зернопродуктів):

$$V_{\text{с.пр}} = 2,5 \cdot (10/60) \cdot Q_{\text{сут.з}}, \text{ м}^3, \quad (6.41)$$

$$V_{\text{с.пр}} = 2,5 \cdot (10/60) \cdot 58 = 24,16 \text{ м}^3.$$

Витрата води на інші потреби приймаємо що дорівнює 5 м<sup>3</sup> на добу на 1 т зернопродуктів, или 5 · 58 = 290 м<sup>3</sup>.

В таблиці 6.3 наведено дані про добові витрати холодної води на технологічні операції

Таблиця 6.3 – Зведені дані про добову витрату холодної води

Технологічна операція	Витрати води, м <sup>3</sup> /доб
Розведення пивної дробини	232,0
Розведення хмелевої дробини	58,0
Охолодження горячого сусла	471,83
Миття обладнання варильного цеху	10,0
Миття обладнання відділення охолодження	5,0
Промивання супроводу	24,16
Інші потреби	290,0
<b>ВСЬОГО</b>	<b>1090,99</b>

Витрата води [14] на миття підлог приймається рівним 2 дм<sup>3</sup> на 1 м<sup>2</sup> підлоги після кожної зміни роботи. Максимальна годинна витрата холодної води приймається 12 % від добової без урахування води, що витрачається на миття підлог, що становить:

$$V_{\text{пол}} = V_{\text{общ.х.в}} \cdot 0,12, \text{ м}^3, \quad (6.42)$$

$$V_{\text{пол}} = 1090,99 \cdot 0,12 = 130,92 \text{ м}^3.$$

Відповідно до норм технологічного проектування витрата води на 1 т зернопродуктів, включаючи миття підлоги, за вирахуванням повторно

використовуваної, не повинна перевищувати 57 м<sup>3</sup>. Кількість повторно використуваної води приймається рівним 70% витрати води на охолодження

сусла, тобто.:

$$\begin{aligned} V_{\text{повт}} &= V_{\text{вгс}} \cdot 0,7, \text{ м}^3, \\ V_{\text{повт}} &= 1090 \cdot 0,7 = 763,00 \text{ м}^3. \end{aligned} \quad (6.43)$$

Добова витрата гарячої та холодної води складає:

$$\begin{aligned} V_{\text{сут}} &= V_{\text{х.в.сут}} + V_{\text{общ.г.в}} - V_{\text{повт}}, \text{ м}^3, \\ V_{\text{сут}} &= 357,06 + 1090,99 - 763,00 = 685,05 \text{ м}^3. \end{aligned} \quad (6.44)$$

### **Розрахунок потреб холоду**

У варильному відділенні холод витрачається на охолодження сусла до температури бродіння. *Отже, витрати холоду на охолодження сусла складають :*

У пластинчатому теплообміннику сусло охолоджується відповідною водою до 10<sup>0</sup>С. Кількість сусла, що охолоджується за добу становить 1093662,6 л , середня концентрація початкового сусла дорівнює:

$$11 \times 0,7 + 13 \times 0,2 + 13 \times 0,1 = 11,6 \text{ (\%)}$$

Питому теплоємність сусла визначають, як середньозважену величину питомих теплоємностей сухих речовин сусла  $C_o = 1,42 \text{ кДж/кг} \times \text{К}$  і води  $C_v = 4,1868 \text{ кДж/кг} \times \text{К}$ .

*При охолодженні сусла повинно відводитися тепла:*

$$1093662,6 \times 1,046 \times 3,87 \times (30-6) = 106252030 \text{ кДж}$$

### **Розрахунок необхідної кількості електроенергії**

За нормами технологічного проектування питома витрата електроенергії на 1000 дал пива дорівнює 445 кВт\*год, тоді добова витрата електроенергії складає:  $445 \times 54794,5 = 24383330$  (кВт\*год/добу, де 54794,5 – добова кількість пива, млн. дал.

Максимальну погодинну витрати електроенергії приймають у розмірі 12% від добової:  $24383330 \times 0,12 = 2925999,6$  (кВт\*год/год)

					Енергетичні розрахунки	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7. ТЕХНОХІМІЧНИЙ І МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА ТА ЙОГО МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАПЕЗПЕЧЕННЯ

На пивзаводі є виробнича та експериментальна лабораторії, які здійснюють усі функції внутрішньо-технологічного контролю. Структура і штат виробничої лабораторії встановлюється у відповідності до об'єму та специфіки виробництва. Виробнича лабораторія забезпечена матеріально-технічною базою та нормативно-технічною документацією (НТД), необхідними для проведення випробувань продукції, засоби НТД за діапазонами точності відповідають відповідним інструкціям, паспортам та свідоцтвам та знаходяться у справному стані. Затверджені графіки повірок приладів є в наявності і виконуються достеменно [ 9,10,17].

Виробнича лабораторія дає змогу своєчасно виявити відхилення у технологічному процесі та виправити їх, сприяючи виготовленню високоякісного кінцевого продукту виробництва [ 10, 17].

Метрологічне забезпечення будь-яких вимірювань передбачає встановлення і застосування наукових та організаційних норм і правил, а також розроблення, виготовлення і застосування технічних засобів, необхідних для досягнення єдності та потрібної точності вимірювань.

На даний момент серед вітчизняних підприємств спостерігається тенденція щодо впровадження в практику міжнародних і європейських стандартів (<http://www.iso.org>), засобів сертифікації і випробувань, сучасного вимірювального обладнання, передових методів менеджменту якості (<http://www.certsystems.kiev.ua/uk/iso-14001/sistemiekologichnogo-keruvannya-za-iso-14001.html>) тощо.

Основними завданнями метрологічного забезпечення є:

- установа одиниць фізичних величин;
- формування системи державних еталонів одиниць фізичних величин і забезпечення її функціонування для відтворення одиниць з найвищою в Україні точністю;
- розроблення методів і засобів передавання розмірів одиниць фізичних величин від еталонів зразковим і робочим засобам вимірювань; розроблення науково-методичних, правових та організаційних основ, норм і правил, які необхідні для досягнення єдності та потрібної точності вимірювань;
- проведення державних випробувань, повірки, калібрування та метрологічної атестації засобів вимірювань; сертифікація засобів вимірювань;
- виконання робіт із забезпечення єдності і потрібної точності вимірювань для потреб оборони; розроблення та атестація методик виконання вимірювань;
- створення та атестація стандартних зразків складу і властивостей речовин і матеріалів; розроблення та забезпечення функціонування системи стандартних довідкових даних про фізичні константи і властивості речовин та матеріалів; проведення експертизи та атестації даних про властивості речовин і матеріалів.

					Технохімічний і мікробіологічний контроль виробництва	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Схема технохімічного контролю виробництва наведений в табл. 7.1

Таблиця 7.1 – Схема технохімічного і мікробіологічного контролю

виробництва пива

№	Об'єкт контролю	Місце відбору проби	Контрольований показник, одиниця виміру	Метод і частота контролю	Нормативний документ	Відповідальний за проведення аналізу
1	2	3	4	5	6	7
1	Солод	Склад солоду	Органолептичні показники Кількість мучнистих зерен Скловидність Масова частка вологи  В лабораторному суслі: Масова частка екстракту в СР солоду тонкого помелу Тривалість оцукрення Прозорість Забарвленість Кислотність Амінний азот В'язкість  Тривалість фільтрації  Різниця масових часток екстракту в сухій речовині солоду тонкого та грубого помелів	Органолептично Зріз на ферінатомі Висушування в СЕШ-3  Візуально Фотокалориметр рН-метр Мідний метод В'язкозиметр Освальда Кожна партія при надходженні В разі необхідності	ДСТУ4282:2004  Правила користування рН-метром, ДСТУ4282:2004	Інженер-хімік
2	Ячмінь	Склад сировини	Вологість Крупність Вміст білку Зараженість шкідниками  Масова доля смітної або зернової домішки.	Висушування Апарат Фогеля Метод Кельдаля Метод Брудной Або метод розколювання зерен Візуально Кожна партія у прийманні	ГОСТ-3769	Інженер-хімік
3	Рисова січка	Склад сировини	Колір, смак, запах Вологість Екстрактивність  Масова доля смітної домішки	Органолептично Висушування в СЕШ-3 Метод дослідного затирання з солодового витяжкою Візуально	ГОСТ 6292-93	Інженер-хімік

## Продовження табл. 7.1

4	Гранули хмелю	Склад сировини	Органолептичні показники Масова частка вологи Масова частка $\alpha$ -кислот	Органолептично Висушування наважки в СЕШ Кондуктометричний метод Кожна партія при надходженні або, якщо якість гарантована	ТУ У054537-52-001-99	Технік-хімік
5	Питна вода	Відділення водо підготовки	Органолептичні показники Загальна жорсткість рН Загальна лужність	Органолептично Комплексометричний метод РН-метр Титрування 2 рази на тиждень або в разі необхідності	ГОСТ 4151-72 Правила користування рН-метром	Ведучий інженер-хімік
6	Кислота молочна	Склад сировини	Прозорість Кислотність Масова частка молочної кислоти	Візуально Титрування 1 раз у півріччя і в разі необхідності	ГОСТ 490-79	Інженер-хімік
7	Ферментні препарати	Склад сировини	Питома вага	Кожна партія при надходженні або рідше, якщо якість гарантована	НД заводу-постачальника	Інженер-хімік
8	Вода виробництва пива	Водопідготовка, збірник холодної води	Загальна жорсткість рН Загальна лужність Вміст вільного залишкового хлору	Комплексометричний метод РН-метр Титрування 2 рази на тиждень та в разі необхідності	ГОСТ 4151-72 Правила користування рН-метром Інструкція технохімічного контролю ГОСТ 18190-72	Інженер-хімік
9	Затір	Варильне відділення	Температура затирання	У кожному заторі. Термометр ТС-4, межа вимірювання 1-100 °С 40-45 50-52 62-63 70-72 75	50-77 °С (залежно від способу затирання)	Інженер-хімік
			Повнота оцукрювання	У кожному заторі . Йодокрохмальна проба	Повне оцукрювання	Інженер-хімік
10	Загальний екстракт дробини	Фільтрпрес	Концентрація сухих речовин, %	Пікно-метричний метод	1,5-2,0	Технолог

Закінчення табл. 7.1

11	Вимивний екстракт	Фільтраційний апарат	Концентрація сухих речовин, %	Пікнометричний метод	0,5-0,8	Технолог
12	Охмелене сусло	Варильне відділення		Сахарометр Йодна проба Колориметричне титрування рН-метр В'язкозиметр Освальда	Інструкція технохімічного контролю	Інженер-хімік
			Кислотність, у моль 1н р-ну NaOH на 100 см <sup>3</sup> пив.	Титруванням	0,9-1,2	Технолог
13	Гаряче сусло	Варильне відділення	Освітлення, якість зависів гарячого сусла	Візуально, кожна варка	Повна прозорість	Інженер-хімік
14	Сусло	Суслорильний апарат	Концентрація екстрактивних речовин, %	Цукроміром	11	Оператор процесу
15	СП		Концентрація миючих та дезречовин	1 раз на тиждень	Інструкція по визначенню концентрації речовин фірми-постачальника	Інженер-хімік

Метрологічне забезпечення на підприємстві вказане в таб. 7.2

Таблиця 7.2 – Метрологічне забезпечення на підприємстві

№ п/п	Стадії контролю	Найменування заходів вимірювання	Межі вимірювання
1	Вологість солоду	Терези 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
2	Екстрактивність солю	Цукромір Термометр ртутний ТЛ-4 згідно з ГОСТ 28498	
3	Подрібнення солоду	Сита лабораторні із сіткою металевою згідно з ГОСТ 6613	0,25-2 мм
4	рН забору	рН-метр	0-14
5	рН сусла	рН-метр	0-14
6	Масова частка сухої речовин в суслі	Пікнометр ПЖ2-50 згідно з ГОСТ 22524 Цукромір	0-30
7	Кислотність у 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	
8	Колір сусла	Фотоелектроколориметр Спектрофотометр	0-100

					Технохімічний і мікробіологічний контроль виробництва	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



працівниками у галузі охорони праці[16,18].

Перелік шкідливих і небезпечних виробничих чинників в умовах виробництва пива надано в формі табл. 8.1 .

Таблиця 8.1- Перелік шкідливих і небезпечних виробничих чинників

Шкідливі і небезпечні виробничі чинники	Джерела їх виникнення
Шум	Вентиляційна система, технологічне обладнання
Електрична напруга (380, 220 В)	Щит управління, електроприводи
Вибухо-пожежонебезпека - категорія В	Цех по виробленню пива
Вибухо-пожежонебезпека - категорія В	Цех по виробленню пива
Запиленість зернопродуктами	Ділянка дроблення

### Промислова санітарія

В цеху по виробленню пива шкідлива речовина – пилюка зерна .

Таблиця 8.2 - Характеристика шкідливих речовин, які зустрічаються на даному виробництві.

Шкідливі речовини	Токсичність	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас безпеки
Пилюка зерна	Впливає на органи дихання	4	3

### Вентиляція

В приміщенні цеху передбачена система вентиляції і опалювання.

Вентиляція - природна і штучна. Механічна вентиляція - загальнообмінна,

припливно-витяжна, місцева і аварійна. Вид опалювання – центральний.

### Шум

До джерел шуму на ділянки по виробленню пива відносяться вентиляційні

установки, електродвигуни, насоси, технологічне обладнання.

Допустимий рівень звукового тиску на робочому місці у приміщенні наданий в таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 - Допустимі рівні звукового тиску та звуку

Види трудової діяльності, приміщення, робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах зі середнегеометричними частотами, Гц	Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБА
Крайні частоти в октавних смугах, Гц	22 45	45 90
Виконання всіх видів робіт в виробничих приміщеннях	107	95

На цій стадії передбачена місцева вентиляція. Готування затору здійснюють шляхом подачі кондиційованої води температурою 40 - 45°C протягом 20 – 30 хвилин. Підіймають температуру до 50 - 52°C (білкова пауза). Потім температуру затору підвищують до 65°C та витримують при цій температурі 10-30 хвилин (мальтозна пауза). Передбачено теплоізоляція наріжної поверхні. Затор переміщують і продовжують нагрівання до 70 - 72°C.

#### Електробезпека.

У відділенні діють такі фактори небезпеки:

- висока температура;
- сирість.

Тому клас електробезпеки приміщення згідно з ПЕУ – приміщення особливо небезпечне. В такому приміщенні необхідно виконувати захисне заземлення електроустановок. Оскільки світильники знаходяться на висоті 2,5 м від підлоги, то можна застосовувати напругу 220 В.

Щити включення апаратів захищенні металевими коробками, на підлозі біля щита повинен бути діелектричний килимок.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі проаналізовано і обґрунтовано сучасні способи технології пивного сусла та передбачено вивчення та удосконалення процесів кип'ятіння сусла. Для досягнення якісних показників сусла та скорочення енерговитрат кваліфікаційною роботою передбачено використання суслотварильного апарату системи Stromboli (Німеччина) із внутрішнім нагрівачем та подвійним відбивним екраном.

Проведено продуктивний розрахунок виробництва продуктивністю 20 млн. дал пива в рік і за його результатами підібрано обладнання варильного цеху: варильний агрегат на 12 т засипу з 11 циклами за добу, обладнання подрібки зернопродуктів.

### У кваліфікаційній роботі прийнято такі технологічні рішення:

- В даній кваліфікаційній роботі передбачено виробництво наступних сортів пива: «Галицька Корона » 11 %, «Ірпінське» 12 % , «Dinkel» 14,5 %, що виготовляються із солоду світлого , несолодженого ячменя, карамельного солоду, та з використанням рисової січки (Ірпінське).
- Транспортування зернопродуктів із сховища відбувається механічним транспортом (норія, стрічковий транспортер).
- Подрібнення солоду відбувається на дробарці кондиційованого подрібнення (вона дає змогу збільшити еластичність оболонок зернопродуктів, зростає вихід і кінцева ступінь зброджування, швидше досягається повнота оцукрювання, незначно збільшуються витрати на обслуговування у порівнянні з використанням інших дробарок), а для подрібнення несолодженої сировини використовується валкова дробарка.
- Пропонується використання одновідварного способу затирання, оскільки його застосовують при переробці добре розчиненого солоду з високою оцукрюючою здатністю. При застосуванні цього способу зберігається активність ферментів і одержуємо сусло високої якості. Для світлого пива «Ірпінське» слід використовувати так званий перший варіант затирання з рисом .
- Фільтрування затору відбувається на фільтраційному апараті, у якому дробина є фільтруючим матеріалом.
- При кип'ятінні сусла з хмелем пропонується використовувати суслотварильний апарат з внутрішнім кип'ятильником - це дає змогу скоротити тривалість кип'ятіння; а наявність в апараті Stromboli системи регулювання площею поверхні нагрівання забезпечує рівномірну подачу тепла, що виключає закипання сусла, а інтенсивність його циркуляції - утворення застійних зон, забезпечуючи високу гомогенність сусла;
- Хміль буде пропонується використовувати гранульований;
- Для економії енергії, використовується вторинна пара для підігріву сусла перед кип'ятінням з хмелем, завдяки енергозберігаючій установці.

										Арк.
										80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 3769-98 Ячмінь. Технологічні вимоги. [Чинний від 1999-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 1998. 11 с.
2. ДСТУ 3888-15 Пиво. Загальні технічні умови. [Чинний від 2015-11-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 14 с.
3. ДСТУ 4621: 2006 Кислота молочна харчова. Загальні технічні умови. [Чинний від 2008-03-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 10 с.
4. ДСТУ 4965:2008 Рис. Технічні умови. [Чинний від 2013-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2013. 19 с.
5. ДСТУ 4282:2004 Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови. [Чинний від 2004-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. 14 с.
6. ДСТУ 7028:2009 Гранули хмелю. Технічні умови. [Чинний від 2011-07-01]. Київ: Держстандарт України, 2009. 22 с.
7. ДСТУ 7067:2009 Хміль. Технічні умови. [Чинний від 2011-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 16 с.
8. ДСанПіН 2.2.4-171-10 Вода питна. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. [Чинний від 2010-12-05]. Зареєстровано в міністерстві юстиції України 1 липня 2010 р. за № 452/17747. (Державні санітарні правила і норми).
9. Домарецький В.А. Технологія солоду і пива: підруч. Київ: ІНКОС, 2004. 544 с.
10. Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства: підручник / 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.
11. Інтенсифікація використання хмелю у технології високогустинного пивоваріння з цукровмісними заміниками солоду / А.Є. Мелетьєв, О.І. Дерій, К.О. Додонова, І.М. Бабич // Пиво та пивоваріння. 2012. №4. с. 45-47.
12. Курсове і дипломне проектування: методичні рекомендації щодо складання принципів і апаратурно-технологічних схем та умовно-графічних зображень в апаратурно-технологічних схемах для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності «Технології продуктів бродіння і виноробства» за ОКР «бакалавр», «спеціаліст», «магістр» / уклад. П.Л. Шиян, В.Л. Прибильський, А.М. Куц та ін. Київ: НУХТ, 2012. 67 с. (№ 8116)
13. Ляшенко Н.І. Біохімія хмеля и хмелепродуктів/ Н.І. Ляшенко. Житомир: Полісся, 2002. 388 с.
14. Мелетьєв А. Є., Тодосійчук С. Р., Кошова В. М. Технохімічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв : підручник / за ред. А. Є. Мелетьєва. Вінниця : Нова Книга, 2007. 392 с.
15. Мелетьєв, А.Є. Технологія продуктів бродіння і напоїв: укр.-рос. тлумач. словник / А.Є. Мелетьєв. Київ: НУХТ, 2011. 192 с.
16. Методичні рекомендації до виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» дипломного проекту, магістерської роботи для студентів спеціальності 7.05170112, 8.05170112 «Технології харчування»

					<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

- денної та заочної форм навчання [Електронний ресурс] / уклад. В. С. Гуць, О. А. Коваль. Київ : НУХТ, 2014. 67 с. ( № 55.17) .
17. Нарцисс Л. Краткий курс пивоварения / пер. с нем. Санкт П.: Профессия, 2007. 640 с.
  18. Основи охорони праці: підруч. / М.П. Купчик, М.П. Гандзюк, І.Ф. Степанець та ін.// Під ред. М.П. Купчик, М.П. Гандзюк. К.: Основа, 2000. 416 с.
  19. Проектування підприємств галузі [Електронний ресурс]: метод. рекомендації до вивчення дисципліни та для підготовки до практичних занять для студентів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 181 «Харчові технології» спеціалізації «Харчові технології та інженерія» денної і заочної форм навчання / уклад. З.М. Романова, М.В. Карпутіна, А.М. Куц, Н.Я. Гречко Київ: НУХТ, 2016. 49 с.
  20. Романова, З.М. Проектування підприємств галузі: конспект лекцій для студентів спеціальності 6.091700 «Технологія бродильних виробництв і виноробства» денної та заочної форм навчання/ З.М. Романова, М.В. Карпутіна. Київ : НУХТ, 2009. 62 с.
  21. Технологія солоду, пива та безалкогольних напоїв у задачах і прикладах : навч. посібник / А.Є. Мелетьєв, В.А. Домарецький, С.Р. Тодосійчук та ін. // під ред. А. Є. Мелетьєва. Київ : НУХТ, 2009. 256 с.
  22. ДСТУ 4623:2006. Цукор білий. Технічні умови(Національний стандарт України). [Чинний від 2007-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. 14 с.
  23. Для пива - Ферменти в Україні - ТОВ "НІКА ІВ" / "НИКА ІV" LLC (nika-iv.com)
  24. Обладнання пивоварного виробництва. URL: [Глава 6с - Сторінка 6 \(studfile.net\)](#) (дата звернення 22.11.2022).

					Список використаної літератури	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Додаток А

### Схема виробництва пивного сусла

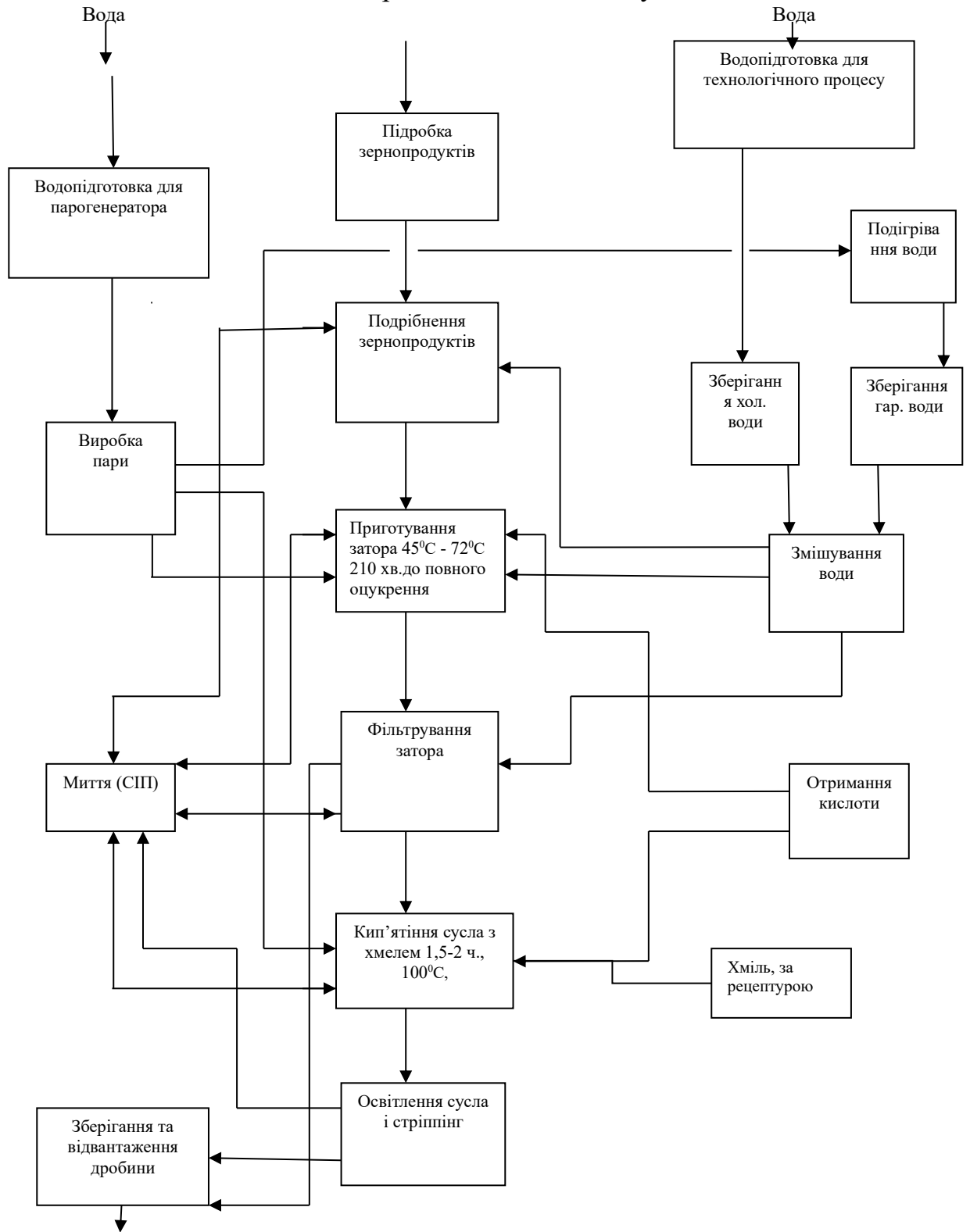


Рисунок А.1 - Технологічна схема виробництва пивного сусла

Додаток Б  
(довідковий)

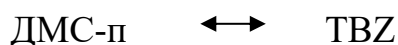
ДМС і попередники диметилсульфіда (ДМС-п)

Диметилсульфід – органічна сполука, найпростіший представник класу тіоефірів. Рухлива летюча рідина з неприємним запахом. Хімічна формула  $\text{CH}_3\text{SCH}_3$ .

Інтерес до цього показника пов'язаний з тим, що в процесі кип'ятіння сусла з хмелем попередники диметилсульфіду (ДМС-п) переходять у ДМС-диметилсульфід, який при певних концентраціях (більше  $69 \text{ мкг/дм}^3$  при пороговій концентрації  $100\text{-}120$ )  $\text{мкг/дм}^3$  по Meilgaard, 1975) надає пиву запаху та присмаку варених овочів (капустяний, кукурудзи). Той факт, що саме останнім часом стали звертати увагу на вміст попередників диметилсульфіду в солоді, пояснюється тим, що при прискорених технологіях отримання охмеленого сусла ці сполуки не встигають пройти перетворення на ДМС і вийти з сусла.

Солод містить такі попередники диметилсульфіду (ДМС-п) як S-метилметіонін (СММ) – вітамін U та диметилсульфоксид (ДМСО), проте першорядне значення має S-метилметіонін.

На вміст ДМС впливає сорт ячменю. Також вміст цих речовин впливають кліматичні умови. Перетворення S-метилметіоніну ДМС відбувається в процесі сушіння солоду, при цьому велике значення має температура відсушування. Підвищення температури відсушування з  $80$  до  $850\text{C}$  призводить до зниження концентрації ДМС в солоді приблизно на  $40\%$ . При температурі відсушування понад  $850\text{C}$  (поряд із зменшенням ДМС-п) спостерігається збільшення вмісту в солоді тіобарбітурової кислоти (табл. №8), яка надає пиву небажаного присмаку солоду, тобто. при відсушуванні залежно від температури можуть спостерігатися такі процеси[13]:



Таблиця Б.1 – Допустимі концентрації ДМС, його попередника ДМС-п і тіобарбітурової кислоти в суслі і пиві [ Мелед.]

Продукт	Допустимий вміст компонентів		
	ДМС-п, мг/кг	ДМС, мкгдм <sup>3</sup>	TBZ, мкг/дм <sup>3</sup>
Солод	5	-	-
Сусло	-	130	45
Пиво	-	50-60	-

## Перелік скорочень

СанПіН	- санітарні правила и норми
ДСТУ	- державний стандарт України
ТІ	- технічна інструкція
кг	- кілограмм
хв.	- хвилини
с.	- секунд
кВт	- кіловат
БГКП	- бактерії групи кишкової палички
кДж	- Кілоджоулів
°С	- градус Цельсія
В	- вольт
дм <sup>3</sup>	- кубічний дециметр
т/доб	- тонн за добу
м <sup>3</sup>	- кубічний метр
м <sup>3</sup> /доб	- кубічний метр за добу
дал/доб	- дал за добу
кг/год	- кілограм за годину
МПа	- мега Паскалі
м <sup>3</sup> /год	- кубічний метр за годину
дм <sup>3</sup> /доб	- кубічний дециметр за добу
т	- тонна
ТВЗ, мкг/дм <sup>3</sup>	- тіобарбітурова кислота
ДМС	- димтилсульфід