

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

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

«До захисту в ЕК»

Директор ННІХТ

_____ О.В. Кочубей-Литвиненко
(підпис)

« » лютого 2021 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри БПБВ

_____ А.М. Куц
(підпис)

« » лютого 2021 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 15 млн дал пива
на рік з впровадженням інноваційних технологій приготування сусла**

Виконав: здобувач 5 курсу,
групи ЗТБ-5-1

Тарнак Олександр Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

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

(підпис)

Рецензент Салюк А.І.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі
немає запозичень із праць
інших авторів без відповідних
посилань
Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2021 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

_____ А.М. Куц

20 вересня 2020 року

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

_____ Тарнак Олександр Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект варильного відділення пивзаводу потужністю 15 млн дал пива на рік з впровадженням інноваційних технологій приготування сусла

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

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 28 жовтня 2020 року № 882-КС

2. Строк подання студентом роботи 31 січня 2021 року.

3. Вихідні дані до роботи _____

1. Норми технологічного проектування.

2. Матеріали, зібрані під час переддипломної практики.

3. Сировина для виробництва пива: солод світлий (87 %), солод темний (30 %), солод карамельний (10 %), ячмінне борошно (13 %), рисова січка (10 %)

4. Передбачити приготування трьох видів пива: «Поліське світле» (11 %), «Радомишльське світле» (12 %) і «Радомишльське темне» (13 %) з використанням інноваційних технологій приготування пивного сусла

4. Зміст пояснювальної записки. Титульний аркуш. Завдання на проектування. Анотація. Зміст. Вступ. 1. Структура підприємства та режими його роботи. 2. Вибір і обґрунтування способів та режимів. 3. Характеристика проектованої продукції, сировини, основних і допоміжних матеріалів. 4. Технологічні розрахунки. 5. Розрахунки та підбір технологічного обладнання. 6. Розрахунки площ складських приміщень. 7. Технохімічний і мікробіологічний контроль виробництва та його метрологічне забезпечення. 8. Заходи щодо забезпечення умов промсанітарії. 9. Інженерні системи та енергетичне господарство. 10. Заходи щодо енерго- та

ресурсозбереження. 11. Будівельна частина. 12. Екологічна частина. 13. Безпека життєдіяльності. Загальні висновки. Список використаної літератури

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

Апаратурно-технологічна схема – 1 аркуш

Плани і розрізи – 2 аркуші

Демонстраційний плакат – 1 аркуш

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____ 20 вересня 2020 року _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Структура підприємства та режими його роботи	01.10.20-02.11.20	
2.	Вибір і обґрунтування способів та режимів		
3.	Характеристика проектованої продукції, сировини, основних і допоміжних матеріалів		
4.	Технологічні розрахунки	03.11.20-14.11.20	
5.	Розрахунки та підбір технологічного обладнання		
6.	Розрахунки площ складських приміщень.		
1-а атестація		15.11.20	
7.	Викреслювання апаратурно-технологічної схеми	16.11.20-21.12.20	
8.	Оформлення креслень з планів та розрізів і погодження їх з консультантом		
9.	Технологічний і мікробіологічний контроль виробництва	22.12.20-15.01.21	
10.	Заходи щодо забезпечення умов промсанітарії		
11.	Інженерні системи та енергетичне господарство		
12.	Заходи щодо енерго- та ресурсозбереження		
13.	Будівельна частина	16.01.21-23.01.21	
14.	Екологічна частина		
15.	Безпека життєдіяльності		
16.	Науково-дослідна робота (за наявності)		
17.	Оформлення пояснювальної записки	24.01.21-30.01.21	
2-а атестація		31.01.21	
18.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	01.02.21-04.02.21	
19.	Попередній розгляд проекту на кафедрі		
20.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	05.02.21-07.02.21	
21.	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувач _____ **О.В. Тарнак**

Керівник роботи _____ **Ю.В. Булій**

АНОТАЦІЯ

Темою кваліфікаційної роботи є «Проект варильного відділення пивоварного заводу потужністю 15 млн. дал пива на рік з впровадженням інноваційних технологій приготування сусла».

Мета кваліфікаційної роботи – використати сучасні інноваційні способи приготування пивного сусла, які дозволяють забезпечити максимальне переведення у водний розчин екстрактивних речовин солоду і несолодженої сировини, обрати оптимальні режими процесів затирання зернопродуктів, фільтрування заторів, кип'ятіння сусла з хмелем, освітлення та охолодження сусла для отримання сусла високої якості з вмістом ДМС, що не перевищує 60 мкг/дм³, а також впровадити ресурсо- та енергозберігаючі способи з метою зменшення витрати гострої гріючої пари.

Для вирішення поставленої задачі в роботі прийняті наступні технологічні заходи і технічні рішення. Для затирання солоду і несолодженої сировини обрано одновідварний спосіб з витримкою оптимальних для дії ферментних препаратів температурних пауз і рН 5,1...5,2 додаванням розчину молочної кислоти. Спосіб виключає можливість попадання в затір кисню повітря. Для інтенсифікації процесу кип'ятіння і зменшення терміну кип'ятіння обрано динамічний спосіб за низького надлишкового тиску і температури 104-106 °С у сучасному сусловарильному апараті з внутрішнім кип'ятильником. Спосіб дозволяє інтенсифікувати видалення небажаних ароматичних речовин, зменшити вміст ДМС до нормативних значень (не більше 60 мкг/дм³) і скоротити час кип'ятіння від 90 до 60 хв. Включення в технологічну схему енергоощадної установки дозволяє підігрівати сусло, яке надходить у сусловарильний апарат, до температури 95-96 °С завдяки використанню вторинної пари цього апарату і зменшити енерговитрати у варильному відділенні на 30 %.

В кваліфікаційній роботі приведені розрахунки продуктів і обладнання, розроблена схема технохімічного і мікробіологічного контролю технологічних процесів приготування сусла.

В роботі передбачено приготування наступних сортів пива: «Поліське світле» (11%), «Радомишльське світле» (12 %) та «Радомишльське темне» (13 %).

Пояснювальна записка включає 87 сторінок; графічний матеріал включає апаратурно-технологічну схему, плани та розрізи варильного відділення і демонстраційний плакат (всього 4 листи формату А1).

Ключові слова: солод, затирання, сусло, хміль, фільтрування, кип'ятіння, енергоощадна установка, інтенсифікація процесів.

					АНОТАЦІЯ	Арк.
Зм.Зм	Арк.	№ докум.№	ПідписПі	Дата		4

SUMMARY

The topic of the qualification work is "The project of the brewing department of the brewery with a capacity of 15 million dal of beer per year with the introduction of innovative technologies for brewing wort."

The purpose of the qualification work is to use modern innovative methods of brewing wort, which allow to ensure maximum transfer into the aqueous solution of extractives of malt and unsweetened raw materials, to choose the optimal modes of mashing of grain products, filtering jams, boiling wort with hops, lighting and cooling high-quality wort with a VHI content not exceeding $60 \mu\text{g} / \text{dm}^3$, as well as to introduce resource- and energy-saving methods in order to reduce the consumption of hot heating steam.

To solve this problem, the following technological measures and technical solutions have been taken. For mashing malt and unsweetened raw materials, a single-boiled method was selected with exposure to optimal for the action of enzyme preparations temperature pauses and pH 5.1... 5.2 by adding a solution of lactic acid. The method eliminates the possibility of getting into the mash of oxygen air. To intensify the boiling process and reduce the boiling time, a dynamic method at low overpressure and a temperature of 104-106 °C in a modern wort brewer with an internal boiler was chosen. The method allows to intensify the removal of unwanted aromatic substances, to reduce the content of DMS to the normative values (not more than 50 mg/dm^3) and to reduce the boiling time from 90 to 60 minutes. Inclusion in the technological scheme of the energy-saving installation allows to heat the wort which arrives in the wort-making device, to temperature of 95-96 °C thanks to use of secondary steam of this device and to reduce power consumption in cooking department by 30 %.

In the qualification work the calculations of products and equipment are given, the scheme of technochemical and microbiological control of technological processes of wort preparation is developed.

The work provides for the preparation of the following beers: "Polissya light" (11%), "Radomyshil light" (12 %) and "Radomyshil dark" (13 %).

The explanatory note includes 87 pages; graphic material includes hardware-technological scheme, plans and sections of the cooking compartment and a demonstration poster (only 4 sheets of A1 format).

Key words: malt, unsweetened raw materials, mashing, wort, hops, filtration, boiling, energy-saving installation, process intensification.

					АНОТАЦІЯ	Арк.
						5
Зм.Зм	Арк.	№ докум.№	ПідписПі	Дата		

АННОТАЦИЯ

Темой квалификационной работы является «Проект варочного отделения пивоваренного завода мощностью 15 млн. дал пива в год с использованием инновационных технологий приготовления сусла».

Цель квалификационной работы - использовать современные инновационные способы приготовления пивного сусла, позволяющие обеспечить максимальный переход в водный раствор экстрактивных веществ солода и несоложенного сырья, избрать оптимальные режимы для проведения процессов затирания зернопродуктов, фильтрации заторов, кипячения сусла с хмелем, его осветления и охлаждения для получения сусла высокого качества с содержанием ДМС, не превышающего 60 мкг/дм³, а также внедрить ресурсо- и энергосберегающие способы с целью уменьшения расхода греющего пара.

Для решения поставленной задачи в работе приняты следующие технологические мероприятия и технические решения. Для затирания солода и несоложенного сырья избран одноотварочный способ с выдержкой оптимальных для действия ферментных препаратов температурных пауз и pH 5,1-5,2 добавлением раствора молочной кислоты. Способ исключает возможность попадания в затор кислорода воздуха. Для интенсификации процесса кипячения и уменьшения времени кипячения избран динамический способ кипячения при низком избыточном давлении и температуре 104-106 °С в современном сусловарочном аппарате с внутренним кипятильником. Способ позволяет интенсифицировать выделение нежелательных ароматических веществ, уменьшить содержание ДМС до нормативных значений (не более 50 мкг/дм³) и сократить время кипячения от 90 до 60 мин. Включение в технологическую схему энергосберегающей установки позволяет подогревать сусло, которое поступает в сусловарочный аппарат, до температуры 95-96 °С путем использования вторичного пара сусловарочного аппарата и уменьшить энергозатраты в варочном отделении на 30 %.

В квалификационной работе приведены расчеты продуктов и оборудования, разработана схема теххимического и микробиологического контроля технологических процессов приготовления сусла.

В работе предусмотрено приготовление следующих сортов пива: «Полесское светлое» (11%), «Радомышльское светлое» (12 %) и «Радомышльское темное» (13 %).

Пояснительная записка включает 87 страниц; графический материал включает аппаратурно-технологическую схему, планы, разрезы варочного отделения и демонстрационный плакат (всего 4 листа формата А1).

Ключевые слова: солод, несоложенного сырья, затирание, сусло, хмель, фильтрование, кипячение, энергосберегающая установка, интенсификация процессов.

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

ЗМІСТ

ВСТУП

1 СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ	9
2 ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	11
2.1 Обґрунтування асортименту проектованої продукції.....	11
2.2 Принципова технологічна схема виробництв	12
2.3 Аналіз і обґрунтування способів та режимів	13
2.3 Опис апаратурно-технологічної схеми	38
3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	39
3.1 Характеристика проектованої продукції	39
3.2 Характеристика сировини	39
3.3 Характеристика основних і допоміжних матеріалів	45
4 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	47
4.1 Вихідні дані до технологічних розрахунків	47
4.2 Продуктові розрахунки.....	49
4.3 Розрахунки витрат основних і допоміжних матеріалів.....	51
5 РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	56
6 РОЗРАХУНКИ ПЛОЩ СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ	64
7 ТЕХНОХІМІЧНИЙ І МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА ТА ЙОГО МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	66
8 ЗАХОДИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УМОВ ПРОМСАНІТАРІЇ.....	69
9 ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО	70
9.1 Водопостачання та водовідведення.....	70
9.2 Розрахунки витрат пару.....	71
9.3 Розрахунки витрат холоду	73
9.4 Розрахунки витрат електроенергії.....	73
10. ЗАХОДИ ЩОДО ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ	75
11. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА.....	77
12. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	80
13. ОХОРОНА ПРАЦІ	81
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	86

					Проект варильного відділення пивзаводу потужністю 15 млн дал пива на рік з впровадженням інноваційних технологій приготування суслу							
Змн.	ист	№ докум.		Дата								
Розроб.		Тарнак О.В.			Зміст				Літ.	Арк.	Акр ⁸⁵ нів	
Перевір.		Булій Ю.В.									6	
Реценз.									НУХТ,НІХТ ЗТБ-5-1, 2021			
Н. Контр.												
Затверд.		Куц А.М.										

ВСТУП

Технологія приготування пивного суслу поєднує цілий комплекс складних біохімічних, мікробіологічних та фізико-хімічних процесів, від ефективності проведення яких залежить якість пивного суслу, відповідність показників готового пива вимогам ДСТУ 3888-15 та собівартість готового пива. Максимальне переведення екстрактивних речовин солоду і несолодженої сировини у розчин, інтенсифікація процесів затирання зернопродуктів, фільтрування заторів, кип'ятіння суслу з хмелем, освітлення та охолодження пивного суслу при мінімальних енерговитратах є актуальною задачею у пивоварінні.

Для вирішення поставленої задачі під час виконання кваліфікаційної роботи був проведений літературний пошук відомих ефективних технологій, використаний практичний досвід передових вітчизняних і зарубіжних підприємств, а також результати наукових досліджень, направлені на інтенсифікацію вищевказаних технологічних процесів, впроваджені заходи щодо ресурсо- та енергозбереження.

Згідно обраної технологічної схеми транспортування солоду і несолодженої сировини відбувається механічним способом (за допомогою норії та шнекового транспортеру). Для подрібнення зернопродуктів установлена дробарка мокрого помелу. Її використання дозволяє забезпечити цілісність оболонки, які в подальшому слугують фільтрувальним шаром у фільтраційному апараті. Для затирання солоду і несолодженої сировини (ячменю та рисової січки) обрано одновідварний спосіб. Підкислення заторів до рН 5,1...5,2 здійснюється додаванням розчину молочної кислоти. Приготування заторів проводять в сучасних заторних апаратах, оснащених ефективними мішалками. Робота мішалки дозволяє забезпечити рівномірне перемішування заторів і підвищити потужність заторних апаратів на 20 %. Для запобігання потраплянню кисню повітря в заторний апарат перекачка заторів відбувається знизу через впускний клапан. Фільтрування заторів відбувається в сучасному автоматизованому фільтраційному апараті «Ziemann». Кип'ятіння суслу з хмелем проводять у сусловарильному апараті «Steinecker» з подвійним відбивним екраном. Для інтенсифікації процесу обрано динамічний спосіб кип'ятіння за низького надлишкового тиску і температури 104-106 °С. Спосіб дозволяє інтенсифікувати процеси коагуляції білків, випаровування надлишкової води, інактивації ферментів, а головне - видалення небажаних ароматичних речовин і ДМС і зменшити концентрацію ДМС в пивному суслі до нормативної, що не перевищує 60 мкг/дм³). При цьому скорочується час кип'ятіння суслу від 90 до 60 хв. З метою зменшення енерговитрат в технологічній схемі передбачено включення енергоощадної установки. Скорочення часу кип'ятіння на 30 хв. та використання теплоти вторинної пари для попереднього нагріву суслу, яке надходить у сусловарильний апарат, разом дозволяють заощадити до 30 % всіх енерговитрат у варильному відділенні. Освітлення суслу відбувається у гідроциклонному апараті «Вірпул», охолодження до початкової температури бродіння - у двосекційному пластинчастому теплообміннику.

Пояснювальна записка включає 87 стор. друкованого тексту; графічна частина складається із 4 аркушів формату А1 (апаратурно-технологічна схема, плани, розрізи і демонстаційний плакат).

					ВСТУП	Арк.
Зм.Зм	Арк.А	№ докум.	Підпис	Дата		8

1 СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ

Структура підприємства

За структурою підприємство включає головний виробничий корпус і допоміжні відділення.

Головний виробничий корпус включає:

- відділення зберігання сировини;
- варильне відділення;
- відділення ферментації;
- відділення СІР;
- фільтраційне відділення;
- цехи розливу в скляні та ПЕТ- пляшки.

Допоміжні відділення підприємства:

- холодильно-компресорне відділення;
- цех рекуперації діоксиду вуглецю;
- відділення АСУТП;
- відділення водопідготовки
- слюсарний цех;
- електротехнічний цех;
- насосна станція.

Основна задача приймального відділення – здійснювати вхідний контроль якості вихідної сировини, підтримання оптимальних умов для зберігання солоду і несолоджених матеріалів та забезпечення виробництва сировиною.

Працівники відділення прийомки і очистки сировини отримують сировину зі складу, подрібнюють її на дробарках та передають помел у варильне відділення.

У варильному відділенні відбувається приготуванням пивного сусла для подальшої передачі його на зброджування в цех ферментації. Складські приміщення повинні мати площі, що забезпечують зберігання необхідної кількості сировини і допоміжних матеріалів для виробництва готового пива.

Склад готової продукції має площі, необхідні для зберігання готової продукції в тарі, ємкості для готової продукції, а також склад допоміжних і пакувальних матеріалів.

Режими роботи цехів та відділень

На підприємстві передбачено 2-змінний режим роботи варильного відділення:

- 1) перша зміна - з 7⁰⁰ до 19⁰⁰ год.
- 2) Друга зміна - з 19⁰⁰ до 7⁰⁰ год.

Звичайний робочий тиждень не перевищує 48 годин. Тривалість обідньої перерви - 45 хвилин і дві 20-хвилинні перерви на відпочинок в різних половинах доби.

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

Виробнича потужність варильного відділення становить 15,0 млн дал на рік.

Режими роботи цехів і відділень наведені у таблиці 1.1.

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

Таблиця 1.1 — Режими роботи цехів та відділень

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

2 ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ

2.1. Асортимент і характеристика проекрованої продукції

Світлі, напівтемні і темні сорти пива відрізняються своїми органолептичними і фізико-хімічними показниками, які залежать від рецептури та обраних технологічних режимів. Для виробництва високоякісного пива важливо забезпечити виробництво якісною сировиною, обрати ефективну технологію приготування суслу, встановити сучасне обладнання, забезпечити контроль технологічних режимів на кожній стадії приготування суслу, вхідний контроль сировини, технохімічний і мікробіологічний контроль напівпродуктів і готової продукції, а також здійснювати процеси в автоматизованому режимі.

Для виконання кваліфікаційної роботи було передбачено виробництво трьох сортів пива, які набувають популярності в нашій країні. Обрані сорти пива мають незвичайний смак та аромат. Для їх виробництва використовують солод і несолоджені матеріали (ячмінь і рисову січку).

В даній кваліфікаційній роботі передбачається приготування двох світлих і одного темного сортів пива:

- пиво «Поліське світле» (11 % сухих речовин у суслі) – для приготування використовують 87 % світлого ячмінного солоду і 13 % ячмінного борошна;
- пиво «Радомишльське світле» (12 % сухих речовин у суслі) – для приготування використовують світлий ячмінний солод (90 %) і рисову січку (10 %);
- пиво «Радомишльське темне» (13 % сухих речовин у суслі) – для приготування використовують 60 % світлого, 30 % темного і 10 % карамельного солоду.

Асортимент проекрованої продукції наведено в табл. 2.1

Таблиця 2.1 – Рецептура проектованих сортів пива

Сорт пива	Сировина					
	Солод світлий, %	Солод темний, %	Солод карамельний, %	Ячмінне борошно, %	Рисова січка, %	Норма гіркоти хмелю, г/дал
Поліське світле (11,0 %)	87	-	-	13	-	0,72
Радомишльське світле (12,0 %)	90	-	-	-	10	0,72
Радомишльське темне (13,0 %)	60	30	10	-	-	0,85

2.2 Принципова технологічна схема

Принципова технологічна схема приготування пивного суслу наведена на рис.1.1.

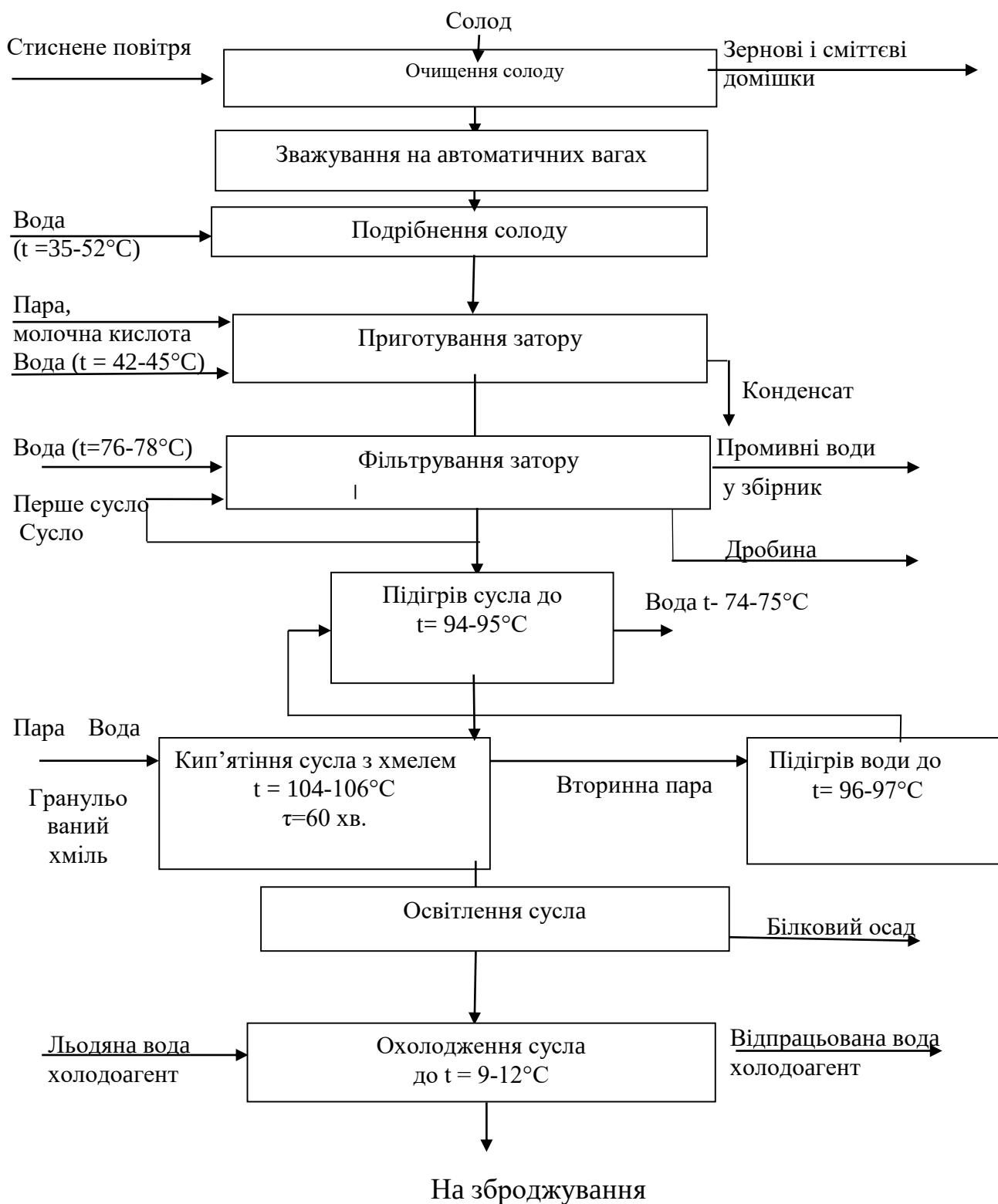


Рис. 1.1 Технологічна схема приготування пивного суслу

					ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

2.3. Аналіз і обґрунтування способів та режимів

Розвиток пивоваріння не стоїть на місці. За останні часи з'явилися нові сорти пива, які ще вчора важко було уявити. В умовах сьогодення основна увага на ринку виробництва пива зосереджена на невеликих крафтових пивоварнях, але і потужні заводи не перестають радувати споживачів новинками.

Вагомим процесом під час приготування пива є перетворення нерозчинних компонентів солоду та його замінників (ячмінь, пшениця, рис, кукурудза, сорго та інші зернові культури) у розчинний екстракт в результаті ферментативних реакцій. Приготування пивного сусла складається з п'яти основних технологічних стадій:

- підготовка сировини (очищення, сортування, подрібнення солоду і несолодженої сировини);
- переведення екстрактивних речовин зернопродуктів (крохмаль, білки, тощо) у розчин, тобто сусло, під час приготування затору (затирання);
- фільтрування затору (відокремлення сусла від дробини);
- кондиціювання (охмелення) сусла кип'ятінням його з хмелем або хмелевими препаратами;
- освітлення і охолодження сусла.

2.3.1. Транспортування зернопродуктів

Транспортування солоду і зернопродуктів із зерносховища здійснюється за допомогою двох видів транспортних засобів:

- механічний (норії, стрічкові або шнекові транспортери);
- пневматичні, за допомогою яких сипучий матеріал переміщується повздовж трубопроводів потоком повітря.

В кваліфікаційній роботі для транспортування зернопродуктів використовується механічний транспорт.

Розрізняють наступні механічні транспортні засоби:

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

Норії. Для транспортування зернопродуктів застосовується норія, яка працює наступним чином: стрічка з наповненими ячменем ковшами рухається з максимальною швидкістю 4 м/с (з солодом – 2,5 м/с). Ківш зачерпує транспортований матеріал з жолобу і піднімає його вгору, спорожняючи при повороті навколо верхнього ролика. Через розвантажувальний пристрій сипкий матеріал вивантажується із ковша. Для транспортування солоду застосовують ланцюгові елеватори або стрічкові елеватори з ґратчастим приводом, який виключає сповзання стрічки через налипання вологого матеріалу.

Переваги норії полягають в тому, що це найбільш рентабельний транспортний засіб (у зв'язку з невеликим енергоспоживанням), і саме тому норії отримали широке поширення. Норії легко обслуговувати, вони безпечні в експлуатації і потребують мінімального догляду та ремонту.

					ВИБІР ТА ОБґРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

До недоліків роботи норії можна віднести те, що нижня частина норії (черевик) повністю не спорожняється. Це особливо негативно позначається, коли одним і тим же підйомником піднімають різні види сипних матеріалів. Крім того, якщо відбувається збій в електропостачанні, то норія під вагою наповнених ковшів починає рухатись в протилежну сторону. У зв'язку з цим встановлюють спеціальний блокуючий пристрій.

Найбільш розповсюдженим засобом для горизонтального транспортування солоду і несолодженої сировини є *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 роботи є 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 не відбувається. Крім того, краї шнеку з часом гостро заточуються і можуть пошкоджувати зернопродукти.

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.

2.3.2. Подрібнення зернопродуктів

Перед подрібненням солод і його замітники необхідно очистити від пилу, органічних і неорганічних домішок. Для цього в технологічній схемі використовується повітряно-ситовий і магнітний сепаратори.

Для того, щоб дія ферментів була більш ефективною при затиранні, солод подрібнюють. Чим більша ступінь подрібнення, тим більша площа дії ферментів і тим ефективніше відбувається гдроліз полісахаридів і декстринів.

Сухі оболонки сировини легко руйнуються, тому ефективність фільтрування заторів через дрібні частинки оболонок зменшується.

Перед подрібненням солод зволожують, завдяки чому зернові оболонки стають м'якшими, краще відокремлюються від ядра, утворюючи ефективний фільтрувальний шар у фільтраційному апараті під час фільтрування заторів.

Подрібнення зернопродуктів буває:

- сухе;
- кондиційоване;
- мокре.

Метою подрібнення солоду є створення найсприятливіших умов для дії води й ферментів на фракції помелу, а також прискорення фізичних і хімічних процесів, чим забезпечується швидке розчинення речовин та ферментативне перетворення нерозчинних сполук у розчинні – повне переведення екстракту зернопродуктів у сусло.

					ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Солод подрібнюють у дробарках. За характером процесу розрізняють:

- дробарки сухого подрібнення;
- дробарки мокрого подрібнення;
- дробарки кондиційованого подрібнення.

Сухе подрібнення. На пивоварних підприємствах використовують дробарки сухого подрібнення. В таких дробарках сухий солод подрібнюється між попарно розташованими вальцями. За кількістю вальців розрізняють дробарки:

- шестивальцеві;
- п'ятивальцеві;
- чотирьохвальцеві.

При сухому подрібненні солоду бажано використовувати чотири- та шести вальцові дробарки, за допомогою яких можливо отримати помел оптимального фракційного складу. Але при таких способах подрібнення солоду дробарку необхідно обладнувати високоефективною системою аспірації. Нарізку рифлів для сухого подрібнення солоду проводять частіше, ніж при мокрому, за спеціальними програмами, які розробляють на машинобудівних заводах за допомогою комп'ютерів.

Кондиційоване подрібнення. При кондиційованому сухому подрібненні солод зволожують за 1-2 хв. до початку подрібнення насиченою парою або водою за температури 30-35 °С. Зволоження солоду підвищує вологість в оболонках:

- на 1,2-1,5 % при обробці паром;
- на 2,0-2,5 % при використанні теплої води, тоді коли вологість в середині зерна підвищується тільки на 0,3-0,5 %.

Переваги даного методу полягають в тому, що:

- оболонки стають значно еластичнішими і краще зберігаються цілими;
- об'єм оболонок збільшується на 10-20 %, тому утворюється більш пухкий фільтруючий шар і досягається підвищена швидкість фільтрування заторів;
- підвищується вихід і кінцевий ступінь зброджування;
- швидше досягається повнота оцукрювання, що визначається за йодною пробою при затиранні.

Недоліком способу кондиційованого подрібнення є збільшені витрати теплої води або пари і необхідність більш частішої очистки дробарки.

Мокре подрібнення. М'які оболонки під час подрібнення солоду навіть у сприятливих умовах в тій чи іншій мірі пошкоджуються і не можуть під час фільтрації заторів повністю виконувати свою фільтруючу функцію. Але якщо солод перед подрібненням замочити, то оболонки, а також серцевина зерна поглинають вологу і стають еластичними. Тоді оболонки легко відділяються від зерна, не пошкоджуються і у фільтраційному апараті краще забезпечують більш швидке фільтрування, а серцевина зерна подрібнюється тонше і тому при затиранні підвищується ефективність дії ферментів.

Дробарка мокрого подрібнення складається з корпусу, над яким встановлений бункер з конічним днищем. В цьому бункері здійснюється зволоження солоду. Найважливішою частиною дробарки для мокрого помелу є пара дробильних вальців з вузьким зазором між ними (0,45 мм). Над вальцями

					ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

знаходиться розподільний валик. Подрібнений солод за допомогою шнека подається до насосу для перекачки в заторний апарат. Складна система зрошувальних і розпилювальних форсунок забезпечує рівномірне замочування солоду та ефективне промивання сослододробарки.

Під час подрібнення солоду в мокрому стані в двовальцевій дробарці оболонки зерна залишаються не пошкодженими, завдяки чому покращуються умови для фільтрування заторів, підвищується вихід екстрактивних речовин солоду і зменшується вимивання гірких дубильних речовин і кремнієвої кислоти із самих оболонок, що в подальшому призводить до підвищення якості пивного суслу і товарного пива.

Дробарка мокрого подрібнення працює наступним чином.

Замочування. Зважений на вагах солод транспортують до солодового бункеру, розташованого над дробаркою, і далі його замочують водою з температурою від 30 до 50 °С. Одночасно солод набухає, його об'єм збільшується на 30-45 %, і ферменти солоду повільно активуються. Вода проходить через шар солоду і збирається у конусному днищі бункера; перші порції води можуть бути випущені, тому що містять небажані розчинні речовини. Через 10 хв. за допомогою регулюючого валика солод починає надходити до високопродуктивної двохвальцевої дробарки. Дробарка мокрого подрібнення не потребує додаткового обслуговування. Після закінчення подрібнення всі конструктивні елементи дробарки інтенсивно миються залишками води, яка приєднується до затору.

У даній кваліфікаційній роботі застосовується дробарка мокрого подрібнення світлого, темного і карамельного солоду.

Вибір способу подрібнення.

Для подрібнення використовуємо дробарку мокрого подрібнення нового покоління, яка має наступні переваги в порівнянні з дробарками кондиційованого і сухого подрібнення:

- відпадає необхідність мати таке допоміжне обладнання, як бункер для подрібненого солоду, конвеєр для транспортування солоду, передзаторний апарат і додатковий насос для транспортування затору;
- завдяки автоматизованому програмованому режиму роботи дробарки забезпечується стабільний ступінь подрібнення при зміні показників солоду;
- тривалість подрібнення одноразового засипу зменшується в два рази;
- зменшуються енерговитрати на подрібнення;
- оскільки така дробарка може виконувати одночасно декілька процесів, то займана дробаркою виробнича площа зменшується;
- під час подрібнення зернопродуктів не відбувається пилоутворення;
- оболонки зерна зберігаються цілісними, завдяки чому покращується ефективність фільтрування заторів, збільшується інтенсивність процесу;
- завдяки спеціальній камері змішувача дробарки забезпечується ефективне перемішування подрібненого солоду з водою. Суміш утворюється без комків, що в подальшому сприяє рівномірному оцукрюванню затору;

					ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

- можливість автоматизованої корекції рН заторів в спеціальній камері змішувача дробарки;
- завдяки герметичній конструкції установки можливо впровадити сучасну концепцію «безкисневої» технології подрібнення солоду;
- завдяки більш простому конструктивному пристрою покращуються умови для технічного обслуговування дробарки;
- зменшуються енерговитрати на подрібнення солоду.

Зважування засипу. Кількість засипу необхідно точно зважувати для кожної варки та точно реєструвати. Такий контроль є важливим для внутрішнього виробничого контролю. Ефективність використання сировини знаходять:

- шляхом розрахунку виходу екстракту у варильному відділенні;
- шляхом розрахунку витрати кількості солоду та несолоджених матеріалів на 1 Гл готового пива.

Контроль кількості засипу здійснюють за допомогою автоматичних вагів. В технологічній схемі використовуємо автоматичні ваги з днищем і шиберам, дія якого відбувається завдяки дії електронного тензодатчика.

Затирання. Затирання є одним із найважливіших процесів для приготування пивного сусла. Помел змішується з водою (затирається), при цьому екстрактивні речовини солоду переходять у розчин.

Головною задачею затирання є переведення у розчин якомога більшої кількості екстрактивних речовин для приготування сусла заданого складу.

Основні процеси, які відбуваються під час затирання:

- 1) дифузія (перехід) екстрактивних речовин у розчин;
- 2) ферментативний гідроліз полісахаридів і високомолекулярних декстринів;
- 3) хімічна взаємодія між розчинними речовинами затору;
- 4) ефективна дія гідролітичних ферментів в оптимальних умовах;
- 5) зниження активної кислотності (рН) заторів.

Метою затирання є максимальний вихід екстракту в результаті гідролізу крохмалю і високомолекулярних декстринів без залишку. При цьому утворюються і інші екстрактивні сполуки. Основна кількість екстракту утворюється при затиранні перш за все завдяки дії ферментів при оптимальних для них температурах. Під час змішування подрібненого солоду чи суміші подрібненого солоду та несолоджених матеріалів із водою розчиняються часточки речовин, які здатні переходити у розчин без участі ферментів, і набухають речовини, що знаходяться в колоїдному стані. При цьому із солоду вилучається 15-20 % речовин, у тому числі 7,5-10 % - цукрів, 2,5-4 % - білків і продуктів їх гідролізу та пентозанів, у тому числі 1-1,5 % - ксилоли й арабінози, 0,3-0,5 % - пектину, 0,4 % - дубильних і гірких речовин та майже усіх неорганічних речовин.

З економічних міркувань більшість нерозчинних сполук намагаються перевести в розчинні, щоб отримати якомога більше екстракту. Від інтенсивності процесу затирання залежить потужність варильного цеху. Крім виходу екстракту велике значення має його якість. Присутність певних сполук (наприклад, дубильних речовин оболонки) дуже небажані, тоді як інші сполуки (наприклад, редукуючі цукри або продукти гідролізу білків) є необхідними для проведення наступних процесів (наприклад, амінокислоти для живлення дріжджів).

					ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Властивості ферментів. Найважливіша властивість ферментів - їх активність при розщепленні субстратів, яка залежить від різних факторів. Активність ферментів зростає із збільшенням температури і досягає оптимальної для кожного ферменту величини при оптимальній температурі. За більш високих температур відбувається інактивація гідролітичних ферментів. Інактивація ферментів відбувається тим інтенсивніше, чим більше перевищення температури за оптимальну. Рівень активності, характерний для фермента при певній температурі, не залишається незмінним. Якщо при більш низьких температурах активність з часом майже повністю зберігається, то при більш високих температурах вона швидко падає.

Оскільки структура ферментів змінюється також залежно від величини рН, то існує залежність ступеню активності ферментів від рН. Ця активність досягає оптимальної величини при певній, специфічній для кожного ферменту величині рН, і знижується при більш низькій або більш високій величині рН. Загалом, вплив рН на активність амілолітичних ферментів менший за вплив температури.

Для пивоварного виробництва серед різноманітних процесів розщеплення речовин мають значення насамперед такі: гідроліз крохмалю; розщеплення β -глюкану (гумі-речовин); розщеплення білкових речовин; перетворення жирних кислот, а також ряд інших процесів розщеплення.

Розщеплення крохмалю. Найважливішими складовими частинами пива є спирт і вуглекислий газ, які утворюються під час бродіння із цукрів. Тому попередньо необхідно гідролізувати крохмаль до мальтози; разом з мальтозою і мальтотриозою утворюються проміжні продукти розщеплення - декстрини, що не зброджуються. Крохмаль повинен бути без залишку розщеплений до цукрів і декстринів, які знебарвлюються йодом. Залишки нерозщепленого крохмалю викликають в пиві клейстерне помутніння.

Гідроліз крохмалю відбувається в три стадії: клейстеризація, розрідження, оцукрювання.

1. Клейстеризація.

В теплому водному розчині в молекулах крохмалю в великій кількості накопичується вода. Через це відбувається збільшення об'єму молекул на 50 %, що приводить до набухання і подальшого розриву твердих зерен крохмалю. При цьому утворюється в'язкий розчин, в'язкість якого залежить від кількості води, що поглинається, і відрізняється для різних видів зернових культур. Наприклад, крохмаль зерен рису більш твердіший і набухає значно сильніше, ніж в солоді. Процес, при якому розщеплення речовин не відбувається, називається клейстеризацією. Так як клейстеризований крохмаль не містить твердих крохмальних зерен, то ферменти, що містяться в рідині (в заторі), можуть на нього впливати безпосередньо. Розщеплення ж неклеїстеризованого крохмалю триває багато діб.

Під клейстеризацією розуміють набухання і розрив оболонки зерен крохмалю в теплому водному розчині. Вивільнені молекули крохмалю в цьому в'язкому розчині краще піддаються дії амілолітичних ферментів.

Температури клейстеризації різні для кожного виду зернових: крохмаль солоду і ячменю клейстеризується в присутності амілаз при 60 °С, рисовий крохмаль - при 80-85 °С.

1. Розрідження.

Довгі ланцюжки крохмалю, що складаються з глюкозних залишків (амілози і амілопектину), дуже швидко розриваються в зв'язках α -1,4 і α -1,6 амілазою на короткі ланцюжки. Тому дуже швидко зменшується в'язкість клейстеризованого затору. Під розрідженням розуміють зниження в'язкості клейстеризованого крохмалю α -амілазою.

1. Опукрювання.

α -амілаза розриває ланцюжки амілази і амілопектину, головним чином, на декстрини з 7-12 глюкозними залишками. Від кінцевих груп утворених ланцюжків β -амілаза відщеплює подвійні групи (мальтозу). Цей процес триває довше, ніж поділ більш довгих ланцюжків α -амілазою. Через різні довжини ланцюжків крім мальтози утворюються й інші цукри - глюкоза і мальтотріоза. У всіх випадках розщеплення речовин зупиняється на 2-3 глюкозних залишках перед 1,6-з'єднаннями амілопектину, так як ці 1,6-з'єднання не можуть бути розщеплені ні α -, ні β -амілазою. Ці граничні декстрини завжди містяться в суслі.

В солоді міститься фермент декстриназа, яка здатна розривати крім 1,4-з'єднань і 1,6-з'єднання, але при оптимальній для цього ферменту температурі - 50-60 °С. При температурі 70 °С активність декстриназ суттєво зменшується.

Під час гідролізу крохмалю амілазами солоду α -амілаза розщеплює довгі ланцюжки крохмалю до більш коротких декстринів. Оптимальною температурою для її дії є 72-75 °С. При температурі 80 °С α -амілаза інактивується. Оптимальне значення величини рН для її дії становить 5,6-5,8.

β -амілаза відокремлює від кінців ланцюжків мальтозу. При цьому утворюються глюкоза і мальтотріоза. β -амілаза діє оптимально при 60-65 °С і дуже чутлива до більш високих температур; вже при 70 °С вона швидко інактивується. Оптимальне значення рН становить 5,4-5,5.

Процес гідролізу крохмалю слід контролювати, оскільки залишки негідролізованого крохмалю і високомолекулярних декстринів викликають в пиві клейстерні помутніння.

Контроль розщеплення крохмалю проводять з використанням 0,02-н розчину йоду. Ця перевірка називається йодною пробою і зазвичай проводиться з охолодженою пробой затору. Йодна проба заснована на тому, що розчин йоду при кімнатній температурі дає з крохмалем і високомолекулярними декстринами забарвлення від темно-синього до червоного кольору, тоді як цукри і низькомолекулярні декстрини не змінюють його жовто-коричневого кольору.

Із збільшенням тривалості затирання зростає концентрація в розчині екстрактивних речовин, вміст мальтози, підвищується кінцева ступінь зброджування. У відносно рідких заторах в розчин переходить більше екстракту, однак більш щільні затори захищають ферменти від занадто швидкої термічної інактивації (завдяки захисній дії колоїдних частинок затору і розчинених речовин). Завдяки цьому в більш щільних заторах підвищується кількість

					ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

зброджуваних цукрів і тим самим - кінцевий ступінь зброджування. Однак концентрація затору впливає на розщеплення крохмалю менше, ніж інші фактори.

Відомо, що стінки клітин ячмінного зерна складаються з міцного переплетіння білкових речовин, целюлози і геміцелюлози, пронизаного ланцюжками β -глюкану. Високомолекулярний бетаглюкан за певних умов схильний до гелеутворення, а значить, до підвищення в'язкості пива і з ним - до погіршення ефективності фільтрування заторів.

Ферментативне розщеплення білкових речовин відбувається диференційовано: так за температури 45-50 °C утворюються низькомолекулярні продукти гідролізу крохмалю і білків, особливо пептиди і амінокислоти; і при 60-70 °C більшою мірою утворюються високомолекулярні продукти розщеплення, які забезпечують піностійкість готового пива.

Амінокислоти мають велике значення для живлення дріжджів. Дріжджі споживають як мінімум 10-14 мг амінного азоту на 100 мл сусла. Так як амінокислота пролін як постачальник α -амінокислоти для дріжджів не використовується, то в суслі повинно міститися α -амінного азоту не менше 20 мг/100 см³. Якщо цього значення не вдасться забезпечити, то це призводить до зниження швидкості розмноження дріжджів; до гальмування процесів бродіння і дозрівання; до накопичення в пиві небажаних речовин, що погіршують органолептичні показники пива.

З добре розчиненого солоду завжди отримують сусло, що містить достатню кількість α -амінокислот. Але подовження температурної паузи при 45-50 °C більше 30 хв. призводить до зменшення піностійкості пива.

Перетворення жирів (ліпідів). В процесі затирання частина ліпідів розщеплюється відповідними ферментами (ліпазами) на гліцерин і жирні кислоти. При цьому особливої уваги заслуговує разом із ферментативним і окислювальне розщеплення хімічно активних ненасичених жирних кислот, які завдяки ліпоксигеназі і кисню перетворюються в проміжні продукти, які пізніше у вигляді карбонілів можуть негативно впливати на стійкість смаку пива. Навіть незначна кількість ненасичених жирних кислот становить небезпеку для стійкості його смаку. Оскільки ненасичені жирні кислоти завжди присутні в подрібненому солоді, то перешкодити їх окисленню можна тільки шляхом повного видалення кисню. Але при розгляді пристроїв для змішування подрібненого солоду з водою видно, що їх конструкція призводить до інтенсивного контакту помелу солоду з повітрям. Тому від самого початку процесу приготування сусла прагнуть максимально обмежити вплив кисню.

Навіть повне видалення кисню не могло б перешкодити ферментативному розщепленню жирів ліпоксигенази. Вона утворюється під час пророщування солоду і відкладається переважно в листку і корінці зародка. Тому в солоді цим ферментом найбільш збагачений листок зародка.

Оптимальна величина рН для дії цього ферменту становить близько 6,0. Фермент дуже чутливий до високої температури. Тому істотна частина ліпоксигенази буває зруйнована в процесі сушіння (у темного солоду більше, ніж у світлого), але незважаючи на це більше третини ліпоксигенази залишається в солоді в активній формі.

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

Під час подрібнення ліпоксигеназа, яка перебуває у зародку, швидко активується і може при звичайних низьких температурах початку затирання і високих значеннях рН заторної води в порівняно короткий час розщепити ненасичені жирні кислоти і тим самим підготувати продукти окислення, які пізніше призводять до утворення карбонілів старіння. Тому для того, щоб починаючи з процесу подрібнення солоду уникнути процесів окислення і небажаних перетворень, викривують наступні способи затирання:

- видалення кисню шляхом його заміни інертним газом (CO_2 або N_2);
- проведення початку затирання при високих температурах від 60°C і вище;
- зниження величини рН на початку затирання до 5,1-5,2 додаванням розчину молочної кислоти.

Інші процеси розщеплення і розчинення. Частина ще нерозчинених органічно пов'язаних фосфатів розчиняються за допомогою фосфатаз. Ці фосфати необхідні для проведення спиртового бродіння. Частина фосфатів бере участь в реакціях з солями води, що утворюють її жорсткість, і суттєво впливає на зміни рН і буферна дія суслу. Із збільшенням тривалості і температури затирання з оболонки, а також з ендосперму виділяються дубильні речовини і антоціаногени. Високомолекулярні дубильні речовини і антоціаногени грають істотну роль при утворенні в пиві помутнінь. Вони зв'язуються з високомолекулярними білковими речовинами і випадають в осад. Крім того, вони негативно впливають на смак пива.

Процес затирання полягає в тому, що температуру затору піднімають до оптимальних температур для дії тих чи інших ферментів, і потім витримують температурні паузи. Важливими температурними паузами при затиранні є: початок затирання при температурі $40-45^\circ\text{C}$ для розрідження затору під впливом цитолітичних та інших ферментів; температура $50-52^\circ\text{C}$ – білкова пауза, оптимальна для дії пептидаз; $60-65^\circ\text{C}$ – для дії β -амілази і 70°C – для дії α -амілази (пауза оцукрення).

Температура 76°C є граничною для оцукрювання затору, вона близька до температури інактивації α -амілази, але при 78°C декстрини ще утворюються. Таким чином, змінюючи температуру, тривалість витримування затору при певних температурах, а також рН, можна регулювати ферментативні й не ферментативні процеси і змінювати вихід екстракту, одержувати необхідні співвідношення між окремими продуктами гідролізу крохмалю та білків.

Суміш подрібнених зернопродуктів із водою, призначених для затирання, називають затором, а масу зернопродуктів, яку завантажують в заторний апарат, називають засипом. Кількість води, що витрачається на приготування затору, називають наливом. Вода, яку використовують для приготування затору, становить приблизно $2/3$ загальної її кількості для приготування суслу, а $1/3$ витрачається на промивання дробини.

Кількість води для приготування затору в розрахунку на кожні 100 кг солоду залежить від потрібної масової частки сухої речовини у першому суслі й очікуваного виходу екстракту.

Зазвичай на затирання 100 кг зернової сировини витрачається $400-500\text{ дм}^3$ води. Гідромодуль затору значно впливає на швидкість ферментативних реакцій

					ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

при затиранні, оскільки процес оцукрювання і гідролізу білків сповільнюється при концентрації заторів вище 16 %. При цьому утворюється більше високомолекулярних продуктів гідролізу, а в рідких заторах накопичується більше зброджуваних цукрів і амінокислот.

Способи затирання. Виділяють дві групи способів затирання: настійні та відварні. З метою приготування затору із солоду в залежності від його якості і типу пива застосовують настійний, одно-, дво- і тривідварний способи затирання.

В основі настійного (інфузійного) способу лежить змішування подрібненого солоду з водою заданої температури, після чого проводиться нагрівання за спеціального температурного режиму до 76 °С, щоб розщепити білки і крохмаль без кип'ятіння.

Затір не потребує розділення, тому цей спосіб вважають найпростішим. Для приготування затору використовують підігріту до заданої температури воду, так щоб початкова температура під час змішування води і солоду становила 42 °С. В заторний апарат набирають половину від розрахункової кількості води, далі одночасно подають подрібнений солод і залишки води після перемішування.

Нагрів всієї кількості затору проводиться поступово, з витримкою нижче вказаних температурних пауз, оптимальних для дії ферментів:

- 1) 42-47 °С – цитолітична пауза;
- 2) 45-50 °С – білкова пауза і пауза для розщеплення β -глюкана;
- 3) 62-63 °С – мальтозна пауза;
- 4) 70-76 °С – пауза оцукрення,
- 5) 78 °С – температура закінчення затирання.

Перевагами настійного способу є: простота, у таких заторах міститься більша кількість ферментів (амілолітичних, протеолітичних), у суслі знаходиться більша кількість амінокислот і мальтози, спосіб потребує менших затрат електроенергії. Збродження проходить глибше, оскільки міститься мало декстринів.

Недоліки: низький вихід екстракту при використанні низько розчиненого солоду, вихід екстракту значно нижчий, ніж при відварному.

Настійні (інфузійні) способи затирання характеризуються тим, що температура всього затору підвищується поступово з швидкістю 1 °С в хвилину до 70 °С і затор певний час витримується за оптимальних для діє ферментів температур.

Настійні способи затирання зернової сировини застосовують для одержання сусла для верхового бродіння. Настійний спосіб затирання відбувається в одному заторному апараті. Оскільки затор не перекачують, то повітря поглинається мінімально. Це є позитивним фактором, тому що кисень під час затирання призводить до окислення поліфенолів, а разом з ними до погіршення смаку і більш високої кольорності готового пива.

Важливу роль під час інфузійного способу має ефект перемішування. Робота мішалки забезпечується за допомогою електродвигуна приводу мішалки з перемиканням полюсів і двома швидкостями. В окремих випадках має бути можливість плавного регулювання. Зважаючи на це, важливе значення має конструкція лопаті мішалки.

					ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

У разі вимикання мішалки під час витримки пауз буде зростати час оцукрювання й фільтрування затору. При цьому вихід екстракту буде знижуватися, оскільки через перепад температур погіршуються перехід екстрактивних речовин у сусло і зменшується ефективність дії гідролітичних ферментів.

При використанні добре розчинного солоду достатньо, щоб температура затору підіймалася поступово зі швидкістю 1 °С в хвилину. Оптимальну температуру для дії амілаз необхідно підтримувати протягом 20 хв. Після завершення оцукрювання затір потрібно перекачувати у фільтрувальний апарат.

Переваги настійного способу:

- простий для виконання;
- зменшення енерговитрат (відсутня необхідність кип'ятіння частини затору для розчинення крохмалю в кінчиках зерен);
- можливість здійснювати процес затирання в автоматизованому режимі.

Недоліком настійних способів являється більш складне досягнення нормальної йодної проби і відповідно – менший вихід екстракту при переробці солоду з низькою розчинністю. Спосіб придатний тільки у випадку використання солоду з високою розчинністю.

Відварні (декокційні) способи передбачають підвищення температури всього затору за рахунок кип'ятіння частини затору й змішування відварки з основною рідкою масою затору. Якщо в першому випадку на затор діють лише ферменти за оптимальних умов, то в другому крім ферментів на затір впливають і фізично, тобто високою температурою при кип'ятінні.

Декокційні способи затирання застосовуються у трьох модифікаціях: з однією, двома й трьома відварками. За тривідварного способу кип'ятіння зазнає до 75 % всього затору, за двовідварного - до 60 % і одновідварного - до 50 %. Кип'ятіння сприяє процесу оцукрення заторної маси тому, що крохмаль зазнає клейстеризації та повного розрідження. Крім того, відбувається коагуляція білків і утворюються меланоїдини, що сприяє створенню певних відтінків забарвлення пива.

Завдяки попередній обробці заторної маси шляхом кип'ятіння в цьому випадку вимоги до якості солоду, особливо розчинення, можуть бути не такими високими, як за настійних способів затирання. Але при цьому ферментативна активність солоду використовується далеко не повністю, бо, наприклад, амілолітична активність після першої відварки знижується майже на 40 %, після другої - на 79 %, а після третьої - на 93 %.

Оскільки основною задачею є збереження ферментів і розварення кінчиків зерна солоду, що при прощуванні погано розчинилися, то на відварку беруть густу частину. Для цього можна використовувати два апарати: заторний відварний.

Одновідварний спосіб застосовують лише для переробки добре розчиненого солоду, який має високу оцукрюючу здатність. Затирання розпочинають за температури 40-42 °С, затір витримують 20 хв., після чого температуру підвищують до 50-52 °С, витримують білкову паузу протягом 30 хв. Далі відбирають 1/3 густої частини затору, перекачують в другий заторний апарат, кип'ятять 15 хв., відварку повертають в перший апарат і доводять температуру суміші до 63 °С. За цієї

					ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

температури затір витримують протягом 20 хв, потім підвищують температуру до 70-72 °С і проводять витримку 15 хв. з увімкненою мішалкою.

Після дії амілолітичних ферментів затір нагрівають до температури 77-78 °С, після чого його перекачують у фільтраційний апарат на фільтрування.

Використовуючи *двовідварний спосіб затирання* можливо переробляти солод невисокої якості. Зважаючи на це температура при затиранні змінюється. Процес затирання починають за температури 50-52 °С і витримують протягом 15-20 хв. Потім проводять відбір густого затору. Після цього проводиться поступове витримування за коротких температурних пауз, нагрівання до кипіння, кип'ятіння протягом 20 хв. В результаті змішування з основним затором відбувається зростання температури до 64 °С, витримування мальтозної паузи. Після цього відбирають другу відварку і проводять нагрів до кипіння. Друга відварка кип'ятиться значно менше, ніж перша. За допомогою цієї відварки загальний нагрівається до температури 75 °С, після чого перекачується на наступну стадію (фільтрування).

Двохвідварний спосіб затирання проводиться за різними температурними режимами залежно від якості солоду. Розповсюджений такий порядок затирання. В один із заторних апаратів набирають певну кількість води (1/3 - 1/2 від усієї) з температурою 54...55°C і через передзаторний апарат подають подрібнений солод і решту води при працюючій мішалці. Після набору розрахованої кількості води й солоду температура затору стає 50 °С і затор залишають на 30 хв для білкового гідролізу. Потім відбирають приблизно 1/3 затору у другий апарат і повільно (1 °С за хвилину) нагрівають в безперервно працюючій мішалці до 62...63 °С, вимикають мішалку й проводять мальтозну паузу. Знову повільно підігрівають цю частину затору до 70...72 °С і здійснюють повне оцукрення, а вже потім її швидко нагрівають до кипіння та кип'ятять 15..30 хв. На цьому закінчується теплова обробка першої відварки, її повільно перекачують при працюючих мішалках до основного затору так, щоб не сталося місцевого обварення затору. Після з'єднання обох частин затору температура в ньому стає 63-65°C. Після ретельного перемішування затору вимикають і затор лишають на оцукрення.

Потім відбирають другу відварку і повільно нагрівають її до 70 °С, проводять оцукрення й швидко нагрівають до кипіння та кип'ятять 20 хв. Після повернення відварки за всіма правилами до основної частини затору весь затор набуває температури 75 °С і стає готовим для фільтрування. За час затирання об'єм затору зменшується приблизно на 8 % за рахунок води, що випаровується при нагріванні та кип'ятінні відварок.

Двовідварний спосіб затирання допускає численні варіанти температурного режиму. Тут є можливість змінювати початкову температуру затирання, а змінюючи об'єм відварок, - і весь температурний режим оцукрення затору, й досягти бажаного співвідношення мальтози й декстринів.

Якщо, наприклад, переробляють солод з недостатнім розщепленням білків, то затирання починають при температурі 37 °С. За цієї температури за час операцій з першою відваркою відбувається глибокий ферментативний гідроліз білків з утворенням різних фракцій аж до амінокислот, а довгочасне настоювання солоду з водою забезпечує розбухання солоду й повний перехід ферментів до розчину.

					ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Під час першої відварки можна здійснити додаткову білкову паузу при 50 °С, сприятливу також для дії фітази, що поліпшує буферність затору. Маючи солод з глибоким розчиненням і високою ферментативною активністю, для якого білкові паузи непотрібні, а іноді й шкідливі, затирання починають при 63...65 °С, минаючи всі білкові паузи. На відварки беруть менші частини затору, але більш густі.

Трьохвідварний спосіб затирання є найбільш складним способом затирання. Він найтриваліший у часі і потребує збільшених енергвитрат. Його застосовують при переробці темного солоду або низько розсинного солоду, солоду з низькою ферментативною активністю. Даний спосіб потребує підвищених витрат енергії. Тривалість процесу складає 5-6 год, тому такий спосіб використовують дуже рідко й лише для виготовлення спеціальних сортів темного пива.

Розпочинають затирання за температури 35...37 °С. Першу густу відварку перекачують у кількості 1/3 від загальної маси затору й далі проводять усі операції білкового гідролізу й оцукрення. Відварку швидко нагрівають до кипіння й кип'ятять 25...30 хв. Решта затору весь цей час знаходиться при температурі 35°C і добре розчиняється. За цієї температури кислотність підвищується за рахунок ферментативної дії на фосфорорганічні речовини. Після повернення відварки та її змішування з основною масою затору затір нагрівається до температури 50...52 °С.

Після цього відбирають другу густу відварку, повільно нагрівають її до температури оцукрення, оцукрюють, нагрівають до кипіння, кип'ятять і повертають до основного затору. Температура всього затору досягає 65-68°C.

На третю відварку беруть рідку частину затору, швидко нагрівають її і кип'ятять: термін кип'ятіння залежить від готовності основної частини затору. Як тільки вона оцукриться, відварку тут же повертають. Температура всього затору піднімається до 75 °С і його перекачують на фільтрування. Спосіб затирання з трьома відварками потребує біля 5,5 год.

Враховуючи рецептуру пректованих сортів пива, в даній кваліфікаційній роботі буде використаний одновідварний спосіб затирання. Обраний спосіб придатний для затирання солоду з високою оцукрювальною здатністю і вмістом несолодженої сировини в заторах, що не перевищує 20 % солоду.

Рекомендації щодо проведення обраного способу затирання. Нижче наведені деякі чинники та параметри процесу затирання, на які слід звернути увагу від самого початку ведення процесу:

підтримка оптимальних температур для дії ферментів і спостереження за максимальними температурами дії ферментів;

виключення шкідливого впливу кисню на якість пива;

підтримання заданої величини рН (5,1-5,2) для ефективного гідролізу крохмалю і високомолекулярних білків.

Для забезпечення заданого режиму повинні бути проведені наступні заходи та забезпечені наступні умови:

- кондиціонування солоду при високій температурі;
- короткий час початку затирання;
- рівномірне перемішування, виключення можливості утворення комків;
- відсутність доступу кисню повітря в заторних апаратах;

					ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

- підкислення затору за допомогою молочної кислоти до $\text{pH}=5,1-5,2$;
- подача затору і сусла в ємності варильного порядку знизу;
- застосування деаерованої заторної води;
- застосування приводів мішалок з частотним регулюванням і профільованими плечима;
- при нагріванні - максимальна потужність обігріву, витримка пауз - при половинній потужності обігріву;
- заторний насос з частотним регулюванням, що забезпечує відсутність контакту заторної маси з киснем повітря;
- трубопроводи з плавними поворотами;
- високі температури початку затирання (більше $60\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- при значеннях pH затору нижче 5,4 (оптимально 5,2) отримують: більш м'яке, округле, свіже пиво; кращу стійкість смаку.

2.3.3. Фільтрування заторів

Фільтруванням називають процес розділення неоднорідних сумішей із твердою дисперсною фазою, що ґрунтується на затриманні твердих часток і пропусканні рідини пористими перегородками. Для утворення пористого фільтруючого шару використовують тканину або пресовані пластини з різного матеріалу (бавовна, целюлоза, азбест, синтетичні волокна, металева сітка), пористий матеріал (керамічні матеріали, пористий метал, спечені скляні порошки), а також зернистий матеріал (пісок, гравій, діатоміт, перліт, вугілля, кокс). Грубі часточки відокремлюваної твердої фази також можуть бути фільтруючим шаром.

Процес фільтрування виражається відношенням швидкості фільтрування до сили, яка долає фільтраційний опір і здійснює проходження фільтрату. Швидкість фільтрування затору пропорційна різниці тисків по обидва боки фільтруючої перегородки і зменшується із зростанням довжини капілярів та в'язкості суслу.

Одержана в результаті оцукрювання маса містить тверду фазу – нерозчинні часточки подрібненого солоду й ячменю (дробина) та рідку фазу – водний розчин екстрактивних речовин (сусло). Розділення цих двох фаз на сусло (фільтрат) і дробину (тверда фаза) здійснюють у фільтраційних апаратах або фільтрпресах.

Якщо сусло від дробини відокремлюють у фільтраційному апараті, то фільтрування проводять через шар дробини завтовшки 30-40 см, який утворюється при нетривалому відстоюванні заторної маси. В процесі відстоювання у нижній частині фільтраційного апарата нагромаджується осад із грубих, з пружними властивостями часточок, а у верхній – розміщуються дрібніші часточки затору. В результаті формується фільтруючий шар з численними лабіринтами і капілярними кільцями, в яких можуть осідати тонкі часточки зависі.

Коли ж розмір часточок зависей перевищує 100 мкм, вони не проникають усередину капіляра, а осідають на поверхні дробини у вигляді тіста, якщо він менший 30 мкм, вони затримуються у капілярах. Колоїдні часточки, що надходять у пори фільтруючого шару, адсорбуються.

					ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

На стінках капілярів є електричний заряд, що характеризується електрокінетичним потенціалом або дзета – потенціалом. Він проявляється при відносному переміщенні фаз відносно нерухомої твердої фази (поверхні).

Міцели на своїй поверхні також несуть дзета – потенціал. У випадку протилежності знаків дзета – потенціалу міцели осідають на стінках капілярів завдяки електричному притягання. Якщо швидкість потоку рідини збільшується, взаємне притягання цих часточок і стінок капілярів у фільтруючому шарі дробини порушується, і вони виносяться потоком через фільтруючий шар дробини.

Таким чином, фільтрування затору ґрунтується на природному стіканні рідкої фази по звивистих капілярних каналах із різною площиною перетину й різної довжини. Розрізняють дві стадії процесу фільтрування: перша, при якій відбувається фільтрування першого (основного) сусла, і друга, коли вилучається вимивний екстракт, що утримується дробиною приванням водою.

В процесі промивання дробини водою утримуваний нею екстракт першого сусла завдяки процесам дифузії переходить у розчин. З метою прискорення дифузії дробину перемішують розпушувачем і безперервно зрошують гарячою водою температурою 70 °С.

Використання води з температурою більшою за 76-78 °С призводить до інактивації амілолітичних ферментів, а також спричиняє клейстеризацію крохмалю, що залишився у кінчиках солодових зерен, і як наслідок – до одержання мутного сусла через клейстерне помутніння. Перше сусло й промивні води повинні бути прозорими, оскільки наявність у них нерозчинних часточок заторної маси надає пиву грубого смаку й може бути причиною його неякісного освітлення.

Фільтрування за допомогою фільтраційного апарату. Оцукрений затор подається у фільтраційний апарат відцентровим насосом знизу. Тверді, тобто нерозчинні, частини при цьому осаджуються на перфорованому днищі апарата (на знімальному дні). Воно встановлене на певному проміжку від основного дна фільтраційного апарату. Розчин стікає через отвори сітчастого дна і попадає через систему трубопроводів в котел.

Від конструкції фільтраційного апарату залежить швидкість процесу, прозорість сусла, а також ефективність вилужування дробини.

Форма апарату циліндрична, інколи прямокутна або квадратна (виготовлений зі сталі, міді, а також на даний час із нержавіючої сталі).

Фільтраційні апарати ізолюють, щоб запобігти охолодженню гарячого затору (76-78 °С). Також ізолювати необхідно і днище апарату, щоб не допустити нагрівання його парою або гарячою водою, так як конвекція через нагрівання перешкоджає нормальній фільтрації. Зверху апарат покритий кожухом і облаштований витяжною трубою.

Об'єм фільтраційного апарата визначається кількістю засипу і загальної кількості затору із розрахунку 8 г на 100 кг. Висота шару дробини в звичайних конвенційних апаратах 30-40 см, в апаратах з високим шаром дробини 50-65 см.

Висота шару дробини розраховується за питомою густиною, і по тій кількості затору, який займає 1 м² фільтраційного апарату.

Послідовність операцій під час роботи на фільтраційному апараті наступна:

					ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

1) витиснення повітря з підситового простору. Для цього на сита подають гарячу воду знизу, заливають їх водою на 25 мм вище сит, при цьому відбувається апарат прогрівається і прискорюється процес фільтрування;

2) перекачка затору. Затір рівномірно розподіляють по поверхні й перекачують його знизу протягом 10 хв;

3) фільтрувальна пауза. На цьому етапі відбувається розшарування затору і формування фільтруючого шару. В результаті утворюються 3 шари: нижній шар - тонкий шар із великих часток; основний шар – найбільш товстий шар, утворений дробиною; верхній шар - тонкий шар із дрібних частинок, білків і оболонок;

4) рециркуляція мутного сусла. За 5-10 хв до закінчення перекачки затору проводять циркуляція мутного сусла до появи на виході з фільтра прозорого сусла;

5) збір першого сусла. Перше сусло, яке було відфільтроване через дробину, потрібно якнайшвидше зібрати. А також для збереження рихлості дробини потрібно підтримувати тиск;

6) промивання дробини і збір промивних вод – промивання дробини проводять після збору першого сусла безперервно або декількома доливками;

7) збір останніх промивних вод;

8) вивантаження дробини – дробина при повільному опусканні вивантажувального пристрою переміщується до люка.

У промитий фільтраційний апарат потрібно щільно укласти сита, потім закрити люк для вивантаження дробини й крани фільтрувальної батареї. Підситовий простір і відвідні труби необхідно заповнити водою температурою 78°C, щоб витіснити кисень повітря. Вода при цьому має покрити сито шаром 25 мм. Потім вмикають розпушувач фільтраційного апарату й швидко перекачують затір із заторного апарату. Для послаблення удару на сито затір необхідно пропустити через розподілювач. Фільтрування першого сусла починається з пропускання кранів. Для цього крани по черзі відкривають і закривають, при цьому створюється гідравлічний удар і вихровий рух сусла у зоні витоків, які забезпечують видалення часточок дробини. Перші порції мутного сусла повертають назад до апарату до тих пір, поки з кранів не почне витікати прозоре сусло, яке потім направляють у сусловарильний апарат. Фільтрування першого сусла триває 90 хв. Промивання дробини гарячою водою температурою 76 – 78 °C здійснюється в 2 способи: безперервно або періодично. Дробину промивають при повільному обертанні розпушувача до масової частки сухої речовини у промивній воді 0,5 %.

Переваги фільтраційного апарату: більший термін використання, низькі витрати на обслуговування апарату, забезпечення 8-10 варок на добу, вихід екстракту складає 98,5 %.

Промивання дробини і збір промивних вод. Після стягування сусла на дробину подають воду, що витісняє сусло, яке залишилось і вилучує із дробини залишки екстракту. Відомі два способи подачі води: безперервну подачу й подачу декількох порцій води.

Переваги безперервного промивання наступні:

1) висока прозорість сусла;

2) виключення вилучування гірких дубильних речовин оболонок;

					ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 3) невисоке поглинання кисню повітря;
- 4) економія часу;
- 5) отримання пива з кращими органолептичними показниками;
- 6) підвищена смакова стійкість пива.

Про закінчення процесу фільтрування свідчить концентрація сухих речовин у промивній воді і дробині. В кінці промивання розпушувачі витягують із затору, ножі ставлять поперек, і дробина переміщується до люка при повільному вивантаженні фільтраційного апарата [15,20].

Враховуючи переваги фільтраційних апаратів, високі вимоги до якості пивного сусла і включення в технологічну схему дробарки мокрого подрібнення, для фільтрування пивного сусла використовуємо фільтраційний апарат.

2.3.4. Кип'ятіння сусла з хмелем.

Метою процесу кип'ятіння сусла з хмелем є стабілізація хімічного складу сусла завдяки інактивації ферментів, стерилізація сусла, доведення концентрації сухих речовин до заданої величини завдяки випаровуванню надлишкової вологи, збагачення сусла хмельовими речовинами, коагуляція нестійких білкових речовин, видалення небажаних ароматичних речовин, у тому числі ДМС. Кип'ятіння сусла здійснюють у сусловарильних апаратах, в яких створюють необхідні умови для інтенсивного кип'ятіння сусла. Найголовнішим процесом при кип'ятіння сусла є охмелення, тобто переведення у сусло гірких кислот хмелю.

Процеси, які відбуваються під час кип'ятіння сусла з хмелем.

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

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

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

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

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

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

					ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

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

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

8. *Видалення ДМС і небажаних ароматичних летких речовин.* Концентрація ДМС зменшується до 60 мкг/дм³.

Системи енергозбереження. *Конденсація вторинної пари.* Вагомий вплив на собівартість пива мають витрати енергоресурсів, тому актуальним напрямом є зниження енергоємності виробництва та інтенсифікація технолологічних процесів.

Найбільш енергоємними ділянками пивоварних заводів є варильне відділення, у зв'язку з чим є доцільним використання теплоти вторинної пари. Під час приготування пивного сусла енергоємними є процеси кип'ятіння відварки та кип'ятіння сусла з хмелем.

Витрати енергії на ці процеси досить високі, оскільки питома теплота пароутворення становить більше 2 МДж/кг.

Зменшення енерговитрат можливе завдяки впровадженню енергозберігаючих способів, які забезпечують рекуперацію теплової енергії вторинної пари.

Існує декілька схем повернення теплоти при кип'ятінні сусла, або рециркуляції енергії всередині суслотоварильної системи: конденсація пари в конденсаторі з холодною водою, заощадження енергії в теплообміннику, механічне паровідновлення, термічне паровідновлення [5].

Всі вони можуть бути поділені на три групи залежно від подальшого використання відновленої енергії:

- поза варильним цехом, або проста система, що конденсує відпрацьовану вторинну пару;

- у варильному цеху: використання гарячої води з пароконденсатора для попереднього підігріву сусла на вході в суслотоварильний апарат;

- в процесі кип'ятіння сусла.

Стерилізації досягають після 15-хвилинного кип'ятіння, чому в значній мірі сприяє кисла реакція сусла. Кип'ятіння руйнує всі його ферменти.

Стерилізацією сусла і руйнуванням ферментів забезпечуються стабільність його хімічного складу до бродіння й одержання стійкого продукту. Процес ароматизації при кип'ятінні сусла з хмелем відбувається завдяки розчиненню специфічних складових хмелю і хімічної взаємодії між цукрами та продуктами розкладу білків. Процес коагуляції білків і освітлення сусла має важливе значення для складу, повноти смаку, кольору та прозорості пива.

Сусло, що надходить із фільтраційного апарата, з хмелем кип'ятять у суслотоварильному апараті. Після введення частини сусла у суслотоварильний апарат температуру в ньому встановлюють у межах 63—75 °С. За цей період α -амілаза оцукрює крохмаль, який перейшов у сусло після промивання дробини. По закінченні введення в апарат промивних вод і при досягненні повного набору сусла його підігрівають до кипіння й кип'ятять максимум 2 год.

Хміль і продукти його переробки вносять з урахуванням норми гірких речовин у гарячому суслі й вмісту а-кислот у хмелі. Норми гірких речовин (г/дал)

					ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

в гарячому суслі для пива різних найменувань у допустимих межах залежать від способу виготовлення пива, якості хмелепродуктів, зернової сировини та води.

Якість хмелю враховують при його використанні: для сортів пива з масовою часткою сухої речовини у початковому суслі 12 % і більше використовують хміль із базисною нормою за кольором при базисній або обмежувальній нормі за масовою часткою α -кислот, а до 11 % включно — з базисними та обмежувальними нормами якості за кольором, масовою часткою α -кислот і вологи.

В сусловарильний апарат хміль вносять порціями. Рекомендуються такі технологічні режими внесення хмелю: для сортів пива з масовою часткою сухої речовини у початковому суслі до 11 % включно — 90 % через 10—15 хв після початку кипіння сусла і 10 % за 30 хв до закінчення його кип'ятіння; для сортів пива з масовою часткою сухої речовини у початковому суслі 12 % і більше — 80 % через 10—15 хв після початку кипіння сусла; 15 % за 30 хв і 5 % за 5—10 хв до закінчення його кип'ятіння.

Сусло в сусловарильному апараті необхідно кип'ятити з такою інтенсивністю, щоб кількість води, яка випаровується, становила не менше 5—6 % за 1 год. Кінець кип'ятіння визначають за масовою часткою сухої речовини у суслі, наявністю в ньому великих пластівців коагульованих білків і прозорості у гарячому стані. Масову частку сухої речовини визначають в охолодженій пробі сусла цукроміром. Якщо на світлі у пробній склянці сусло здається прозорим, а великі пластівці білків швидко осідають, кип'ятіння сусла закінчують. Для цього зупиняють подачу пари в сусловарильний апарат, вимірюють об'єм сусла і перекачують його у хмелевідокремлювач.

Охмелене сусло — складна полідисперсна система, в якій знаходяться різного ступеня дисперсності колоїди, суспензії, емульсії та розчинені речовини. В екстракті сусла виявлені, %: сира мальтоза (мальтоза разом із незначною кількістю глюкози, фруктози та декстринів) 60—70, сахароза 2—8, пептозани 3—4, незброджувані декстрини 15—26, сирий білок 3—6, зола (мінеральна речовина) 1,5-2.

Із вуглеводів у суслі в незначних кількостях містяться гумі-речовини (0,2 %), інозит та ін. Із загального вмісту пентозанів 73—83 % становлять істинні пентозани, а решта — гексуранові кислоти. В суслі також є хмелеві гіркі кислоти, смоли, дубильні речовини, незначна кількість ефірного хмелевого масла.

В суслі міститься приблизно 150—200 см³ дубильних і 100—180 см³ гірких речовин. Із азотовмісних сполук у суслі є альбумози, пептони, амінокислоти, аміді, а також аміачний азот. Значна частина азоту сусла (45—50 %) являє собою азот, що засвоюється дріжджами.

Для якості пива важливе значення має білковий склад сусла. Вміст білку, що коагулюється в екстракті сусла, знаходиться у межах 1,4—1,8 % (0,22—0,30 % азоту). Щоб одержати стійке світле пиво, сусло концентрацією 12—13 % повинне містити в 100 см³ 75—100 см³ загального азоту з таким розподілом його фракцій за Лундіним, %: фракції А (високомолекулярні азотисті речовини) і В (середньомолекулярні азотисті речовини — пептони та пептиди) по 12—15;

					ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

фракція С (амінокислоти й поліпептиди) 60—75. Із органічних кислот у ньому виявлені мурашина, оцтова, пропіонова, янтарна, молочна, щавлева і можлива наявність ряду оксикислот, таких як яблучна, лимонна та ін.

Компресія вторинної пари. Отримана при кипінні вторинна пара має температуру близько до 100 °С і вже не може використовуватись для обігріву апарата, але якщо стиснути шляхом утворення надлишкового тиску, то його температура може підвищитись до 102-108 °С і потім його можна буде використати знову для обігріву обладнання.

Таким шляхом можна безпосередньо рекуперувати теплоту пароутворення, яка буде використана на кип'ятіння сусла. Однак умовою для можливості повторного використання вторинної пари є відсутність в ньому повітря. Це досягається в тому випадку, якщо у апараті не утворюється піна і кип'ятіння сусла відбувається без попадання повітря ззовні. Таке ефективне інженерне рішення можливо практично реалізувати завдяки застосуванню спеціальної технологічної системи – теплового насосу.

Кип'ятіння за низького надлишкового тиску з використанням внутрішнього кип'ятильника.

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

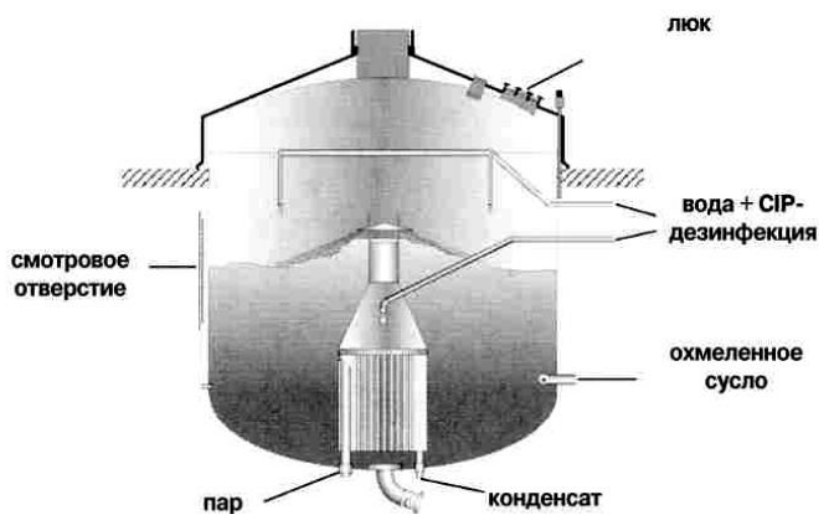


Рисунок 2.1 – Сусловарильний апарат з внутрішнім кип'ятильником.

Внутрішній кип'ятильник являє собою кожухотрубний теплообмінник, розташований в сусловарильному апараті. Через вертикальні труби (1) кип'ятильника піднімається підігріте парою сусло. Гріюча пара підводиться в міжтрубний простір перколятора через патрубок 6. Під час теплообміну гріюча пара віддає тепло суслу, нагріває його, конденсується, і конденсат виводиться через патрубок 7 (рис.2.2).

У верхньому конусі 5 прискорюється рух киплячого сусла, розбризкується за допомогою розподільного екрана (4), що сприяє ефективному випаровуванню надлишкової вологи із тонкої плівки, забезпечуючи при цьому рівномірну концентрацію і температуру в усьому об'ємі апарата.

Поскільки температура сусла під час кипіння зростає до 104-106 °С, то температура (а разом з нею і тиск) гарячої пари повинна бути істотно вище. Вона становить:

- при нагріванні - близько 140-145 °С (3,8-4,3 бар);
- при кипінні - близько 130 °С (2,8 бар).

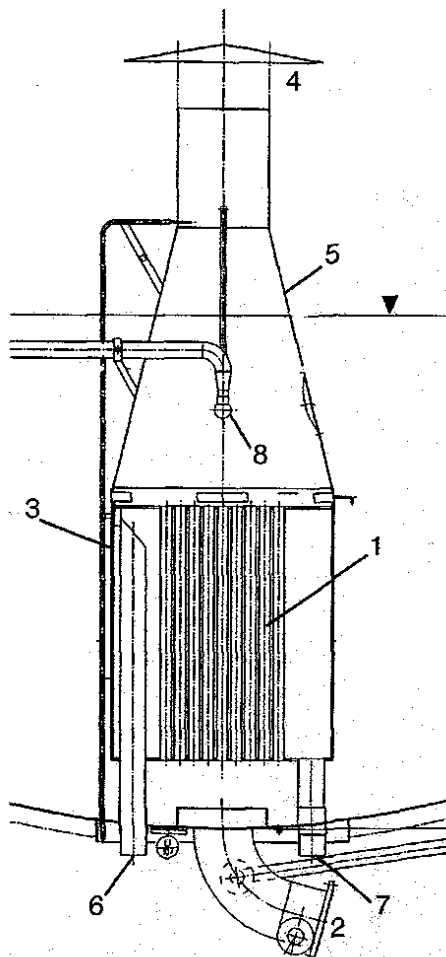


Рисунок 2.2 – Конструкція внутрішнього кип'ятильника

В середині нагрівальних труб кип'ятильника сусло рухається знизу вгору з температурою нижче 100 °С, а в міру підйому сусло нагрівається більше. Відбивний екран збільшує інтенсивність видалення разом з вторинною парою небажаних ароматичних речовин, у тому числі і ДМС.

При динамічному кип'ятінні за низького надлишкового тиску відсутня тривала стадія витримки. Періодично проводять почергове зростання та зменшення тиску, що призводить до інтенсивного видалення летких речовин під час лопання бульбашок в період падіння тиску до атмосферного.

Процес розпочинають з 10-15 хвилинної стадії попереднього кип'ятіння за атмосферного тиску і температурі 100 °С, яка служить головним чином для коагуляції білків та ізомеризації хмельових смол. В кінці цієї стадії клапан витяжної труби для виходу вторинної пари закривають, і тиск в апараті піднімають до 1,5 атм. Температура зростає до 104 °С і підтримується протягом 5 хв. Після витримки тиск знижують до 0,5 атм, а температуру до 100 °С. Для прискорення зниження тиску відкривають шиберну заслінку на паровому

трубопроводі, і водяний регулюючий контур накопичувача теплової енергії включається на повну потужність. Після стадії скидання тиску тривалістю 5 хв. знову відкривають подачу пари, і весь процес повторюють. Таким чином проводять до 25 таких періодів зміни тиску і температури суслу. Часте повторення скидань тиску забезпечує істотне підвищення інтенсивності та глибини випаровування летких речовин, оскільки відбувається активне кипіння з утворенням в суслі бульбашок пари і їх дуже швидкий підйом на поверхню.

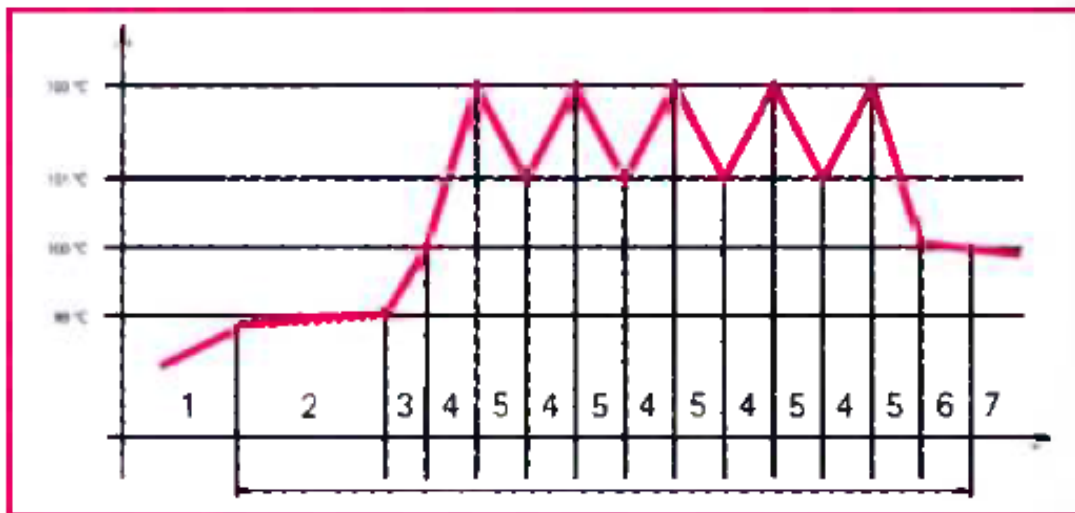


Рисунок 2.3 – Динамічне кип'ятіння при низькому надлишковому тиску:

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

В кінці процесу тиск знижується до 0, 25 атм, що відповідає температурі 100,5 °C, після чого кип'ятіння проходить при атмосферному тиску при температурі 100 °C і відкритій витяжній трубі.

Під час нагрівання в трубах кип'ятильника сусло рухається знизу за температури нижчої 100 °C і при цьому, рухаючись вгору, воно нагрівається. На внутрішній стінці труб спостерігається утворення наступних зон: зона початку утворення бульбашок пари, потім вона переходить у зону неповного пароутворення й уже в більш широкій зоні проходить пароутворення по всьому об'єму суслу, тоді як ззовні пар віддає свою енергію пароутворення (ентальпію) і конденсується, а шар конденсату, який стікає вниз, стає більш товстим і заважає теплопередачі.

Даний спосіб дозволяє інтенсифікувати процеси коагуляції білків, інактивації ферментів, видалення надлишкової вологи і ДМС, скоротити час кип'ятіння суслу від 90 до 60 хв., а також підвищити тепловий потенціал вторинної пари суслотоварильного апарату, яку в подальшому використовують для підігрівання води і попереднього підігрівання суслу.

Заходи щодо енерго- і ресурсозбереження. Система енергозбереження при кип'ятінні суслу.

При кип'ятінні суслу утворюється водяна пара, яку називають вторинною парою. Вона містить багато теплової енергії.

					ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Конденсація вторинної пари.

Щоб повернути частину теплоти пароутворення, встановлюють конденсатор вторинної пари, який з'єднаний трубопроводом з витяжною трубою сушварильного апарата. В кожухотрубному теплообміннику вторинна пара рухається в міжтрубному просторі, а в середині труб в протитоці рухається вода. Вода нагрівається через стінки труб теплом пари (вторинна пара віддає свою теплоту) і конденсується.

Відомо, що із 1 Гл випареної вологи отримують до 8 Гл гарячої води температурою близько 80 °С. В якості охолоджуючої води застосовують воду з максимально високою температурою з таким розрахунком, щоб завдяки конденсації вторинної пари температура гарячої води на виході була б якомога ближче до точки кипіння.

Вторинна пара сушварильного апарата (4) конденсується в конденсаторі вторинної пари (5), тоді як охолоджуюча вода в протитоці нагрівається до 97 °С.

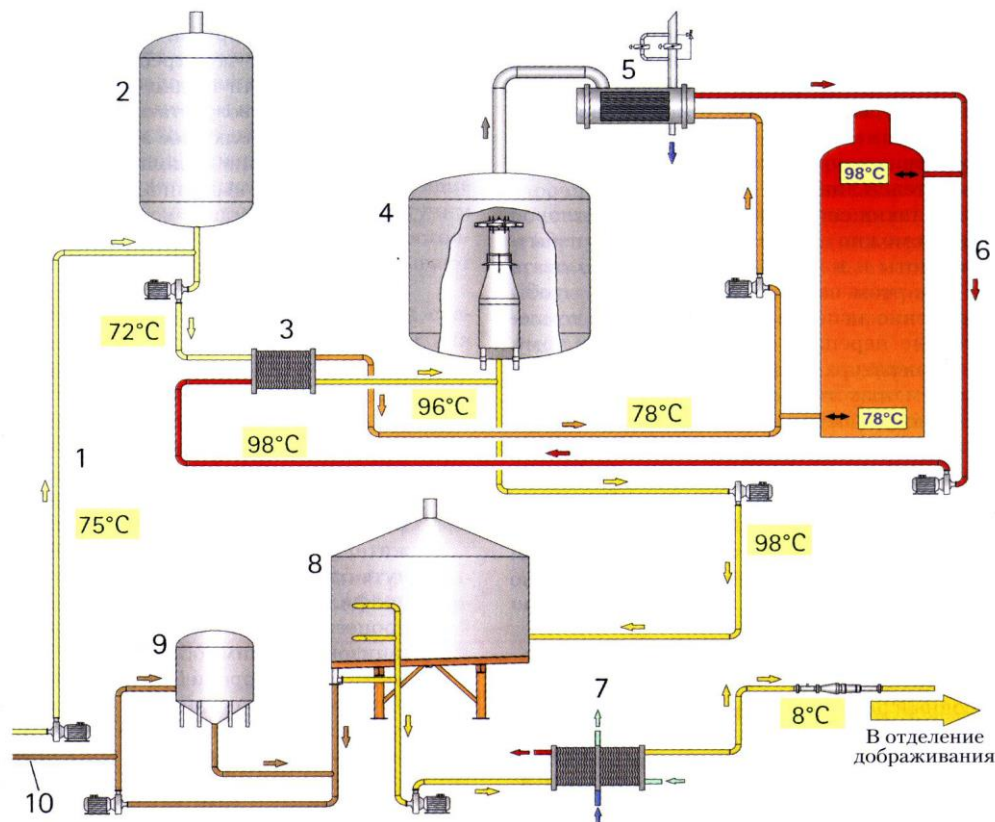


Рисунок 2.4 - Система накопичення теплової енергії :

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

Нагріта до 97 °С вода вводиться у верхню частину енергозберігаючої колони (6). Цією гарячою водою з верхньої частини енергозберігаючого танка можна нагрівати неохмеленное сушло, що знаходиться в збірнику (2) або затір в заторному апараті (6).

При таких системах накопичення теплової енергії можна довгий час зберігати надлишки теплоти і в будь-який момент використовувати їх (рис. 2.4).

					ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Економія енергії в порівнянні з традиційним способом кип'ятіння без повторного використання теплоти становить :

- для кип'ятіння за низького надлишкового тиску близько 40-50 % ;
- для кип'ятіння при низькому надмірному тиску з накопичувачем енергії близько 60-70 %.

В кваліфікаційній роботі передбачено включення енергозберігаючої установки для використання теплоти вторинної пари сушловарильного апарату з метою попереднього нагрівання сусла, що подається в сушловарильний апарат на кип'ятіння. Внаслідок використання динамічного способу кип'ятіння сусла за температури 104-106 °С енергетичний потенціал вторинної пари підвищується, завдяки чому підвищується температура води в конденсаторі вторинної пари до 97 °С. Обрані способи дозволяють зменшити витрати гріючої пари, інтенсифікувати всі процеси в сушловарильному апараті і скоротити час кип'ятіння від 90 до 60 хв.

2.3.5. Освітлення і охолодження сусла

Освітлення сусла. Із гарячого охмеленого сусла виділяють зважені частинки, які складаються із крупних частинок розміром 30 – 80 мкм. Зависі важчі за сусло, тому добре осідають. Суспензії гарячого сусла необхідно відділяти від зважених частинок, оскільки у подальшому останні перешкоджають освітленню сусла, «обклеюють» дріжджі, збільшують кількість білкового відстою і з ним втрати, містять жирні кислоти солоду та ускладнюють проведення фільтрування пива, якщо їх вчасно не відокремити.

Відомі способи видалення суспензій гарячого сусла завдяки холодній тарілці чи відстійного збірника. Високоєфективне освітлення сусла від білкового осаду відбувається в гідроциклонних апаратах «Вірпул».

В гарячому охмеленому суслі концентрація зважених частинок становить 6000-8000 мг/дм³. Під час освітлення у Вірпулі їх концентрація повинна зменшитися видалення до 100 мг/дм³.

Гідроциклонний апарат «Вірпул» представляє собою посудину циліндричної форми з конічною кришкою і плоским днищем. На обичайці корпусу на відстані 900 мм від днища приварени вхідний патрубок для нагнітання сусла. Для збільшення швидкості потоку патрубок виконаний у вигляді звуженого сопла, яке роташоване під кутом 30° до дотичної обичайки корпусу. Струмień потоку спрямовується тангенціально, тому всередині апарату відбувається обертання сусла. Під дією гідродинамічних сил зважені частинки збираються в центрі днища, утворюючи осадовий конус. Після освітлення сусла (приблизно через 20 хвилин) починають його відкачку насосом, відкриваючи спочатку крани патрубків на рівні сусла.

Такий апарат має ряд переваг: простий за своєю конструкцією, легко обслуговується, процес освітлення протікає швидко і при високій температурі, утворюється щільний осад, скорочуються втрати сусла

Охолодження сусла. Оскільки бродіння протікає за температури 9–12 °С, то гаряче сусло після охолодження потрібно піддавати охолодженню. Цей технологічний процес проводять у двохсекційному пластинчастому теплообміннику. Під час охолодження у суслі відбувається ряд процесів, які здатні

					ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

впливати на швидкість та ефективність процесів бродіння і доброджування. До них відноситься: охолодження сусла, аерація сусла.

За допомогою насоса сусло температурою 92–95 °С подають на пластинчастий теплообмінник, який розділений на дві секції. У першій секції охолодження відбувається льдяною водою, а в другій – холодоагентом. В першій секції теплообмінника сусло охолоджується з 98 °С до 60 °С, а вода нагрівається з 20 до 80 °С. Нагріта вода подається в бойлер для подальшого використання. В другій секції сусло охолоджується від 60 до 9-12 °С за допомогою льдяної води або інших холодоносіїв (наприклад, розчину пропіленгліколю).

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

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

2.4 Опис апаратурно-технологічної схеми

Солод і несолоджена сировина із зерносховища стрічковим транспортером подають на норію 1, звідки шнековим транспортером 2 сировину зважують на автоматичних вагах 9. Далі зернопродукти самопливом надходять у бункери добового запасу світлого солоду 3, темного солоду 4, бункер карамельного солоду 5 і бункер несолоджених матеріалів 6. Далі солод поступає в повітряно ситовий сепаратор 7, з якого потрапляє в магнітний сепаратор 8, а несолоджена сировина (ячмінне борошно) одразу подається в магнітний сепаратор 8. Після цього на автоматичних вагах 9 відбувається зважування солоду і несолодженої сировини для однієї варки, які подаються в бункери 10 і 11 відповідно.

Подрібнення солоду здійснюється в дробарці мокрого подрібнення 12, в яку подають через змішувач холодну і гарячу воду із напірних збірників води 26 і 27. Несолоджена сировина подрібнюється в двовальцевій дробарці 13 сухого подрібнення. Подрібнений ячмінь поступає в передзаторний апарат 14, в який подають гарячу воду із збірника промивної води 20, і суміш перекачують до заторного апарату 16 заторним насосом 15 знизу.

В заторний апарат 16 перекачують і подрібнений зволожений солод із дробарки 12. Після затирання солоду і зернопродуктів заторна маса відцентровим насосом 15 подається у фільтраційний апарат 17. Перше мутне сусло, одержане на початку фільтрування, повертається у фільтраційний апарат, а прозоре сусло перекачують у проміжний збірник сусла 19. Після закінчення фільтрування сусла дробину промивають вводу температурою 76-78 °С до вмісті сухих речовин в дробині 0,5-0,8 %. Після вилучування дробини остання із фільтраційного апарату потрапляє в збірник дробини 18, а промивну воду подають в збірник промивної води 20. В збірнику 20 промивна вода підігрівається до температури 70 °С і відцентровим насосом подається в передзаторний апарат 14 на повторне використання. Кип'ятіння сусла здійснюється у сусловарильному апараті 22 протягом 60 хв. за температури 104-106 °С. Вторинна пара сусловарильного апарату направляється в міжтрубний простір кожухотрубного теплообмінника 25. В трубний простір цього теплообмінника за допомогою відцентрового насоса подається вода температурою 75-76 °С із нижньої частини енергозберігаючої колони 28. В теплообміннику вода нагрівається до температури 96-97 °С і повертається у верхню частину колони. Далі гаряча вода з верхньої частини колони подають в пластинчастий теплообмінник 21, в якому в протитоці нагрівається сусло, яке насосом перекачують із збірника сусла 19 в сусловарильний апарат. Після закінчення кип'ятіння охмелене гаряче сусло відцентровим насосом перекачують на освітлення від білкового осаду. Для освітлення сусло тангенційно подають у гідроциклонний апарат «Вірпул» 29, в якому видаляється білковий осад. Освітлене сусло далі перекачується насосом для сусла 24 у двосекційний пластинчастий теплообмінник 30 на охолодження до температури бродіння (9-12 °С). Після теплообмінника охолоджене сусло подають у цех ферментації на бродіння і доброджування.

					ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ ТА РЕЖИМІВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

3.1 Характеристика проекрованої продукції

Пиво — це алкогольний пінистий напій, одержаний із пророслих і непророслих зернових культур спиртовим зброджуванням охмеленого охолодженого суслу пивними дріжджами. Воно не тільки вгамовує спрагу, а й підвищує тонус організму, покращує обмін речовин та втамогує спрагу. Маючи певну харчову цінність, пиво слід розглядати як невід'ємну добавку до харчування [16].

Рецептура проектованих сортів пива наведена у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Рецепттура проектованих сортів пива

Сорт пива	Сировина					
	Солод світлий, %	Солод темний, %	Солод карамельний, %	Ячмінне борошно, %	Рисова січка, %	Норма гіркоти хмелю, г/дал
Поліське світле (11,0 %)	87	-	-	13		0,72
Радомишльське світле (12,0 %)	90	-	-	-	10	0,72
Радомишльське темне темне (13,0 %)	60	30	10	-	-	0,85

В таблиці 3.2 наведені органолептичні показники проектованих сортів пива

Таблиця 3.2 – Органолептичні показники проектованих сортів пива [14]

Показники	Поліське світле 11,0%	Радомишль світле 12,0 %	Радомишль темне 13,0%
	Фільтроване		
Зовнішній вигляд	Піниста прозора рідина, без сторонніх домішок і осаду		
Показники	Поліське світле 11,0%	Радомишль світле 12,0 %	Радомишль темне 13,0%
	Фільтроване		
Зовнішній вигляд	Прозора піниста рідина, без осаду і сторонніх включень		
Смак	Смак з гіркотою, відповідний сорту пива, спостерігається солодовий і хмелевий прикус.	Відрізняється своїм унікальним м'яким солодкуватим смаком із слабо вираженою хмелевою гіркотою,	Солодовий смак з яскраво вираженим карамельним смаком, з приємною гіркотою.
Аромат	Аромат відповідає кожному сорту пива, чистий, без сторонніх запахів і присмаків		
Піноутворення	Висота піни, не менше, мм - 20,0 піностійкість, не менше, хв - 2,0.		Висота піни, не менше, мм - 30,0 піностійкість, не менше, хв - 2,0.

Фізико-хімічні показники проєктованих сортів пива, які відповідають вимогам ДСТУ 3888-15, наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Фізико-хімічні показники пива згідно ДСТУ 3888-15 [14]

Тип пива	Масова частка сухих речовин у початковому суслі, %	Масова частка спирту, %	Кислотність, см ³ 1 моль/дм ³ розчину гідроксиду натрію на 100 см ³ пива	Кольоровість, см ³ 0,1 моль/дм ³ розчину йоду на 100 см ³ пива	Масова частка діоксиду вуглецю, %
Світле	8,0-20,0	2,0-6,0	1,3-5,0	0,4-1,8	0,30-0,35
Напівтемне	10,0-20,0	2,6-6,0	1,9-5,0	1,9-3,9	0,30-0,33
Темне	11,0-22,0	2,8-7,0	1,5-5,5	4,0-8,0	0,30-0,33

Гранично-допустимі концентрації важких металів і миш'яку вказані у табл. 3.4 [13].

Таблиця 3.4 - ГДК на важкі метали і миш'як

Назва елемента	Допустимі рівні не більше, мг/кг	Метод випробування
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

В таблицях 2.6-2.9 наведені органолептичні і фізико-хімічні показники сортів солоду, які відповідають вимогам ДСТУ 4282:2004 «Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови».

Таблиця 3.6 – Органолептичні показники світлого ячмінного солоду [19]

Назва показника	Характеристики світлого і темного солоду
Зовнішній вигляд	Однорідна зернова маса, що не містить пліснявих та пошкоджених зерен
Колір	Для солоду високої якості – від світло-жовтого до жовтого. Для солоду I та II класу дозволено сірувато-жовтий.
Запах	Солодовий, більш концентрований у темного солоду. Не дозволено кислий, запах плісняви та інші.
Смак	Солодовий, солодкуватий. Не дозволено сторонній присмак (горілий, пригорілий).

Таблиця 3.7 – Фізико-хімічні показники світлого солоду [19]

Назва показника	Норма для типів солоду		
	Світлого		
	Високої якості	I класу	II класу
1	2	3	4
Просів через сито (2,2×20) мм, %, не більше	2,0	3,0	7,0
Масова частка смітної домішки, %, не більше	Не дозволено	0,3	0,5
Кількість зерен, %:			
-мучнистих, не менше	90,0	85,0	80,0
-склоподібних, не більше	2,0	4,0	8,0
-темних, не більше	Не дозволено	Не дозволено	4,0
Масова частка вологи (вологість), %, не більше	4,0	5,0	5,8
Масова частка екстракту в СР солоду тонкого помелу, %, не менше	80,0	78,5	76,0
Різниця мас. часток екстрактів у сухій речовині солоду тонкого і грубого помелів, %	1,0 – 1,5	1,6 – 2,5	Не більше 3,5
Масова частка білкових речовин у 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 – 0,7	0,69 – 0,65	0,64 – 0,55

Тривалість оцукрювання, хв., не більше	10	15	25
Лабораторне сусло: Колір, см^3 розчину йоду концентрацією 0,1 моль/ дм^3 на 100 см^3 води або в одиницях ЕВС	Не більше 0,16 Не більше 3,2	Не більше 0,23 Не більше 4,0	Не більше 0,4 Не більше 6,6
Кислотність, см^3 розчину гідроксиду натрію концентрацією 1,0 моль/ дм^3 на 100 см^3 сусла	0,9 – 1,1	0,9 – 1,2	0,9 – 1,3
Прозорість (візуально)	Прозоре	Прозоре	Дозволена незначна опалесценція
Кінцева ступінь зброджування, %	79 – 81	75 – 78	74 – 70
В'язкість, МПа·с, за 20°C	1,45 – 1,54	1,55 – 1,60	1,61 – 1,78

Таблиця 3.8 – Органолептичні показники карамельного солоду [19]

Показник	Характеристика
Зовнішній вигляд	Однорідна зернова маса, яка не містить плісневілих зерен і зернових шкідників.
Колір	Від світло-жовтого до буруватого з глянцеvim відливом
Запах	Солодовий. Не допускається пригорілий, плісневілий.
Смак	Солодовий. Не допускається пригорілий і гіркий.
Вигляд зерна на зрізі	Коричнева маса, яка спеклася. Не допускається обвуглена маса.

Таблиця 3.9 – Фізико-хімічні показники карамельного солоду [19]

Назва показника	Норма для солоду	
	1 клас	2 клас
Масова частка вологи, %, не більше	6,0	6,0

Закінчення таблиця 3.9

Масова частка екстракту в СР солоду, %, не менше	75,0	70,0
Кількість карамельних зерен, %, не менше	93,0	25,0
Масова частка смітних домішок, %, не більше	0,5	0,5

В таблиці 3.10 наведені вимоги ДСТУ 3769-98, щодо відповідності органолептичних і фізико-хімічних показників пивоварного ячменю.

Таблиця 3.10 – Органолептичні та фізико-хімічні показники ячменю [16]

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

					ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Закінчення таблиця 3.10

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

В таблицях 3.11-3.12 наведені вимоги ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної до споживання людиною.», яким за органолептичним і фізико-хімічним властивостям повинна відповідати вода.

Таблиця 3.11 – Органолептичні показники води [2]

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

					ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Таблиця 3.12 – Фізико-хімічні показники води [2]

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

В таблицях 3.13-3.14 наведені вимоги ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної до споживання людиною», яким повинні відповідати мікробіологічні і токсикологічні показники води.

Таблиця 3.13 – Мікробіологічні показники води

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

Таблиця 3.14 – Токсикологічні показники води

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

3.3 Характеристика основних і допоміжних матеріалів

В процесі виробництва пива також використовують допоміжні матеріали, дозволені органами охорони здоров'я України, використання яких передбачено відповідною технологічною інструкцією, затвердженою в установленому порядку:

- молочна кислота згідно з ДСТУ 4621:2006;
- ферментні препарати: α -амілаза, цитолітичні ферменти, фільтраза для фільтрування сусла, згідно з чинною нормативною документацією та інші ферментні препарати, дозволені органами охорони здоров'я України, які застосовують для виробництва пива.

Органолептичні показники молочної кислоти наведено в табл. 3.13, а фізико-хімічні в табл. 3.14 з ДСТУ 4621:2006 [7].

Таблиця 3.13 - Органолептичні показники молочної кислоти згідно з ДСТУ 4621:2006

Назва показника	Характеристика
Зовнішній вигляд	Прозора сироподібна речовина без осаду та муті
Запах	Слабкий, характерний для молочної кислоти
Смак	Кислий, без стороннього присмаку

Таблиця 3.14 – Фізико - хімічні показники молочної кислоти

Назва показника	Значення показників для сортів		
	вищого	першого	
Масова частка загальної молочної кислоти, %, не менше ніж	40,0	40,0	60,0
Масова частка молочної кислоти, що прямо титрується, %, не менше ніж	37,5	37,5	53,0
Масова частка ангідридів, %, не більше ніж	2,5	2,5	7,0
Колірність, градуси, не більше ніж	6,5	10,0	15,0
Масова частка золи, %, не більше ніж	0,6	1,0	1,2
Масова частка заліза, %, не більше ніж	0,007	0,014	0,020
Масова частка сульфатів, %, не більше ніж	0,3	Не нормується	
Масова частка хлоридів, %, не більше ніж	0,1	Не нормується	
Масова частка редукувальних речовин, %, не більше ніж	1,0	Не нормується	
Визначання наявності барію	Не допускається	Не нормується	
Визначання наявності ціаністо - водневої кислоти	витримує відсутність	випробовування	на
Визначання наявності фероціанідів	витримує відсутність	випробовування	на
Визначання наявності вільної сірчаної кислоти	витримує відсутність	випробовування	на

4 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

4.1 Вихідні дані до технологічних розрахунків

Рецептура проєктованих сортів пива наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1. - Рецепттура проєктованих сортів пива

Сировина, %	Сорт пива		
	«Поліське світле» (11 %)	«Радомишль-світле» (12 %)	«Радомишль-темне» (13 %)
Солод ячмінний світлий	87	90	60
Солод карамельний	0	0	9
Солод темний	0	0	31
Ячмінне борошно	13	0	0
Рисова січка	0	10	0
Норма гіркоти хмелю, г/дал	0,72	0,72	0,85

Основні характеристики сировини для виробництва пива наведені в табл.4.4.

Таблиця 4.2.– Характеристика сировини

Сировина	Вологість, %	Екстрактивність,% СР
Солод світлий	5,6	76,0
Солод темний	5,0	74,0
Солод карамельний	6,0	72,0
Ячмінне борошно	15,0	79,0
Рисова січка	15,0	85,0
Хміль гранульований	згідно з ДСТУ 7028-2009	

Потужність заводу $Q = 15$ млн дал/рік.

Проектом передбачено випуск 4,0 млн дал на рік пива «Поліське світле» з концентрацією сухих речовин у початковому суслі 11 %, 3,0 млн дал пива «Радомишльське світле» з концентрацією сухих речовин у початковому суслі 12 % і 1,0 млн дал пива «Радомишльське темне» з концентрацією сухих речовин у початковому суслі 13 %.

Розлив пива відбувається у кеги і ПЕТ пляшки, причому 12 %-ве світле – у ПЕТ пляшки все світле 11 %-ве, і темне пиво розливають у ПЕТ пляшки.

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Основні втрати на стадіях виробництва пива наведені в табл. 4.5

Таблиця 4.3 – Втрати на стадіях виробництва пива

Втрати	Пиво з масовою часткою початкового сусла, %		
	«Поліське світле» (11 %)	«Радомишльське світле» (12 %)	«Радомишльське темне» (13 %)
Екстракту з пивною дробиною, % від маси зернопродуктів	1,75	2,2	2,2
Екстракту з хмелевою дробиною, стиснення, змочування, % до об'єму гарячого сусла	5,8	6,3	5,5
У бродильному цеху, % до об'єму холодного сусла	2,5	2,2	2,2
При доброджуванні і фільтруванні, % до об'єму молодого пива	2,3	2,4	2,4
При розливі, % до об'єму фільтрованого пива	1,1	1,1	1,1
-у пляшки (за вирахуванням поверхневого пива)	2,5	2,5	2,5
-розлив у кеги	-	0,5	-
Разом	15,95	17,2	15,9

4.2 Продуктові розрахунки

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

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

На подрібнення солоду поступає:

$$87 - 0,087 = 86,913 \text{ кг.}$$

При вологості солоду 5,6 % і ячмінного борошна 15 % кількість сухих речовин в заторі:

$$\text{в солоді} - 86,913 \times (1 - 0,056) = 82,04 \text{ кг;}$$

$$\text{в ячменному борошні} - 13 \times (1 - 0,0150) = 12,80 \text{ кг.}$$

$$\text{Всього: } 82,04 + 12,80 = 94,84 \text{ кг.}$$

Приймаємо екстрактивність ячмінного солоду 79 % , а ячменю – 72% від маси сухих речовин. Тоді, вміст екстрактивних речовин в сировині:

$$\text{в солоді} - 82,04 \times 0,79 = 64,81 \text{ кг;}$$

$$\text{у ячмені} - 12,80 \times 0,72 = 9,216 \text{ кг.}$$

$$\text{Всього екстрактивних речовин міститься: } 64,81 + 9,216 = 74,02 \text{ кг.}$$

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

$$74,02 \times (1 - 0,0175) = 72,72 \text{ кг.}$$

Кількість сухих речовин, що залишається в дробині:

$$94,84 - 72,72 = 22,12 \text{ кг.}$$

Пиво Радомишльське світле з початковою концентрацією сусла 12 % готується з застосуванням 90 % світлого ячмінного солоду, і 10 % рисової січки, тобто в 100 кг вихідної сировини знаходиться 90 кг світлого солоду, і 10 кг рисової січки.

Під час полірування солоду втрати становлять 0,1 %, або $90 \cdot 0,001 = 0,09$ кг.

На подрібнення солоду поступає:

$$90 - 0,09 = 89,91 \text{ кг.}$$

При вологості солоду 5,6 % і рисової січки 15 % кількість сухих речовин в заторі:

$$\text{в світлому солоді} - 89,91 \times (1 - 0,056) = 84,87 \text{ кг;}$$

$$\text{в рисовій січці} - 10 \times (1 - 0,150) = 8,5 \text{ кг.}$$

$$\text{Всього: } 84,87 + 8,5 = 93,37 \text{ кг.}$$

Приймаємо екстрактивність світлого ячмінного солоду 76 %, а рисова січка – 85% від маси сухих речовин. Тоді, вміст екстрактивних речовин в сировині:

$$\text{в світлому солоді} - 84,87 \times 0,76 = 64,5 \text{ кг;}$$

$$\text{у рисовій січці} - 8,5 \times 0,85 = 7,2 \text{ кг.}$$

$$\text{Всього екстрактивних речовин міститься: } 64,5 + 7,2 = 71,7 \text{ кг.}$$

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

$$71,7 \times (1 - 0,022) = 70,12 \text{ кг.}$$

Кількість сухих речовин, що залишається в дробині:

$$93,37 - 70,12 = 23,25 \text{ кг.}$$

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пиво Радомишльське темне з початковою концентрацією сусла 13 % готується з: солод ячмінний світлий – 60 %, карамельний солод – 10 %, солод темний – 30 %. При поліруванні солоду втрати становлять 0,1% від його маси, або $(60 + 10 + 30) \times 0,001 = 0,1$ кг.

Після полірування солод подається на подрібнення:

світлого солоду – $60 - 0,056 = 59,944$ кг;
 карамельного солоду – $10 - 0,06 = 9,94$ кг.
 Темний солод – $30 - 0,05 = 29,95$

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

в світлому солоді – $59,944 \times (1 - 0,056) = 56,58$ кг;
 в карамельному солоді – $9,94 \times (1 - 0,06) = 9,34$ кг;
 у темного солоду – $29,95 \times (1 - 0,05) = 28,45$ кг.

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

$56,58 + 9,34 + 28,45 = 94,37$ кг.

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

зі світлим солодом – $56,58 \times 0,76 = 43,0$ кг;
 з карамельним солодом – $9,34 \times 0,72 = 6,7$ кг;
 з кукурудзяним борошном – $28,45 \times 0,74 = 21,0$ кг.

Всього в сировині міститься $43,0 + 6,7 + 21,0 = 70,7$ кг

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

$70,7 \times (1 - 0,022) = 69,144$ кг.

В дробині залишається сухих речовин:

$94,37 - 69,144 = 25,226$ кг. [18]

Визначення проміжних продуктів

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

Поліське світле – 72,72 кг;
 Радомишльське світле – 70,12 кг;
 Радомишльське темне – 69,144 кг.

При встановленій концентрації Поліське світле – 11%, Радомишльське світле – 12% та Радомишльське темне – 13% із отриманої кількості екстрактивних речовин отримають сусла:

Поліське світле – $72,72 \times 100 / 11 = 661,09$ кг;
 Радомишльське світле – $70,12 \times 100 / 12 = 584,33$ кг;
 Радомишльське темне – $69,144 \times 100 / 13 = 531,87$ кг.

Об'єм сусла при 20 °С (при відносній густині сусла Поліське – 1,04420, Радомишльське світле – 1,04840, Радомишльське темне – 1,05260):

Поліське світле – $661,09 / 1,04420 = 633,11$ дм³;
 Радомишльське світле – $584,33 / 1,04840 = 557,35$ дм³;
 Радомишльське темне – $531,87 / 1,05260 = 505,29$ дм³.

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

Поліське світле – $633,11 \times 1,04 = 658,4$ дм³;
 Радомишльське світле – $557,35 \times 1,04 = 579,6$ дм³;

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Радомишльське темне – $505,29 \times 1,04 = 525,5 \text{ дм}^3$.

Холодне сусло. Втрати сусла у відстої при сепаруванні, на змочування трубопроводів приймають відповідно з нормами технологічних втрат для Поліське світле – 5,8 %, Радомишльське світле – 6,3 %, Радомишльське темне – 5,5 % від об'єму гарячого сусла, приведеного до об'єму при 20 °С.

Таким чином, об'єм холодного сусла:

Поліське світле – $658,4 \times (1 - 0,058) = 620,2 \text{ дм}^3$;

Радомишльське світле – $579,6 \times (1 - 0,063) = 543,6 \text{ дм}^3$;

Радомишльське темне – $525,5 \times (1 - 0,055) = 496,5 \text{ дм}^3$.

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

Поліське світле – $620,2 \times (1 - 0,023) = 605,94 \text{ дм}^3$;

Радомишльське світле – $543,6 \times (1 - 0,024) = 530,55 \text{ дм}^3$;

Радомишльське темне – $496,5 \times (1 - 0,024) = 484,58 \text{ дм}^3$.

Товарне пиво. Втрати товарного пива до об'єму відфільтрованого пива при розливі пляшки складають для всіх найменувань пива 2,5 %.

Отже, кількість товарного пива буде:

Поліське світле – $605,94 \times (1 - 0,025) = 590,8 \text{ дм}^3$;

Радомишльське світле – $530,55 \times (1 - 0,025) = 517,28 \text{ дм}^3$;

Радомишльське темне – $484,58 \times (1 - 0,025) = 472,46 \text{ дм}^3$.

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

Поліське світле – $658,4 - 590,8 = 67,6 \text{ дм}^3$;

Радомишльське світле – $579,6 - 517,28 = 62,32 \text{ дм}^3$;

Радомишльське темне – $525,5 - 472,46 = 53,04 \text{ дм}^3$.

або у % до об'єму гарячого сусла:

Поліське світле – $67,6 \times 100 / 658,4 = 10,27 \%$;

Радомишльське світле – $62,32 \times 100 / 579,6 = 10,75 \%$;

Радомишльське темне – $53,04 \times 100 / 525,5 = 10,1 \%$.

4.3 Розрахунки витрат основних і допоміжних матеріалів

Хміль та хмелепродукти.

Витрати хмелю розраховують за формулою:

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

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

Поліське світле. Для виробництва використано сорт хмелю Нагет, $G_{\text{с}}$ становить 0,72, вміст α -кислоти – 9,5%. Втрати по рідкій фазі від гарячого сусла до товарного пива – 12,78 %, вологість гранульованого хмелю – 12%.

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_{\text{п}} = \frac{0,72 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(9,5 + 1) \cdot (100 - 12) \cdot (100 - 12,78)} = 8,93 \text{ г/дал.}$$

Радомишльське світле. Для виробництва використано сорт хмелю Магнум, G_c становить 0,99, вміст α -кислоти – 11 %. Втрати по рідкій фазі від гарячого сусла до товарного пива – 10,75 %, вологість гранульованого хмелю – 12%.

$$H_{\text{п}} = \frac{0,99 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(11 + 1) \cdot (100 - 12) \cdot (100 - 10,75)} = 10,50 \text{ г/дал.}$$

Радомишльське темне. Для виробництва використано сорт хмелю Геркулес, G_c становить 0,84, вміст α -кислоти – 12%. Втрати по рідкій фазі від гарячого сусла до товарного пива – 10,1 %, вологість гранульованого хмелю – 12%.

$$H_{\text{п}} = \frac{0,84 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(12 + 1) \cdot (100 - 12) \cdot (100 - 10,1)} = 8,16 \text{ г/дал.}$$

Ферментні препарати.

Для виробництва пива Поліське, Радомишльське світле та Радомишльське темне ферментні препарати не застосовують, оскільки кількість несолодженої сировини не перевищує 20 %.

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

Визначення кількості відходів

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

Поліське світле – $22,12 \times 7,14 = 157,94$ кг;

Радомишльське світле – $23,25 \times 7,14 = 166$ кг;

Радомишльське темне – $25,226 \times 7,14 = 180,1$ 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 ЦКБА – $1,53 \text{ дм}^3$.

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

Поліське світле – $590,8 \times 0,01 = 5,908 \text{ дм}^3$;

Радомишльське світле – $517,28 \times 0,01 = 5,172 \text{ дм}^3$;

Радомишльське темне – $472,46 \times 0,01 = 4,72 \text{ дм}^3$.

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

Поліське світле – $620,2 \times 1,04420 = 647,6$ кг;

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Радомишльське світле – $543,6 \times 1,04840 = 569,9$ кг;

Радомишльське темне – $496,5 \times 1,05260 = 522,6$ кг.

У ньому міститься екстрактивних речовин:

Поліське світле – $647,6 \times 0,11 = 71,2$ кг;

Радомишльське світле – $569,9 \times 0,12 = 68,3$ кг;

Радомишльське темне – $522,6 \times 0,13 = 67,9$ кг.

За дійсного степеня зброджування Поліське світле пива утворюється діоксиду вуглецю 49 %, Радомишльське світле – 53 %, Радомишльське темне – 48 %:

Поліське світле – $71,2 \times 0,49 \times 176/342 = 17,95$ кг;

Радомишльське світле – $68,3 \times 0,53 \times 176/342 = 18,62$ кг;

Радомишльське темне – $67,9 \times 0,48 \times 176/342 = 16,77$ кг.

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

Поліське світле – $647,6 \times 0,0035 = 2,26$ кг;

Радомишльське світле – $569,9 \times 0,0035 = 1,99$ кг;

Радомишльське темне – $522,6 \times 0,0035 = 1,82$ кг.

Виділяється в атмосферу така кількість діоксиду вуглецю по сортам пива:

Поліське світле – $17,95 - 2,26 = 15,69$ кг;

Радомишльське світле – $18,62 - 1,99 = 16,63$ кг;

Радомишльське темне – $16,77 - 1,82 = 14,95$ кг.

Маса 1 м³ діоксиду вуглецю при 20 °С і тиску 0,1 МПа складає 1,832 кг.

Об'єм діоксиду вуглецю, що виділяється в атмосферу:

Поліське світле – $15,69 \times 1,832 = 28,7$ м³;

Радомишльське світле – $16,63 \times 1,832 = 30,4$ м³;

Радомишльське темне – $14,95 \times 1,832 = 27,3$ м³.

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

					ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Таблиця 4.4 — Зведена таблиця розрахунку продуктів

Продукт	Поліське світле пиво			Радомишльське світле пиво			Радомишльське темне пиво			На річний випуск 15,0 млн. дал
	на 100 кг зернової сировини	на 1 дал пива	на 7,0 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 2,0 млн. дал	
Зернова сировина, кг: світлий солод	87	1,47	10290000	90	1,74	10440000	60	1,27	2540000	23270000
темний солод	—	—	—	—	—	—	30	0,63	1260000	1260000
карамельний солод	—	—	—	—	—	—	10	0,21	420000	420000
ячмінне борошно	13	0,22	1540000	—	—	—	—	—	—	1540000
рисова січка	—	—	—	10	0,19	1140000	—	—	—	1140000
Всього, кг	100	1,69	11830000	100	1,93	11580000	100	2,11	4220000	27630000
Інші види сировини, г: Гранульований хміль	—	8,93	62510000	—	10,50	63000000	—	8,16	16320000	141830000
Молочна кислота 100 %-ва	0,08	—	974400	0,08	—	926400	0,08	—	337600	2238400
Ферментні препарати	—	-	-	—	—	—	—	—	—	-
Проміжні продукти, дм ³ :										

Закінчення таблиці 4.4

гаряче сусло	658,4	11,15	78050000	579,60	11,2	67200000	525,50	11,12	22240000	167490000
холодне сусло	620,2	10,50	73500000	543,6	10,5	63000000	496,5	10,5	21000000	157500000
Фільтроване пиво	605,94	10,26	71820000	530,55	10,26	61560000	484,58	10,25	20500000	153880000
товарне пиво	590,8	10,00	70 000 000	517,28	10,00	60000000	472,46	10,00	20000000	150 000 000
Відходи:										
пивна дробина, кг	157,94	2,68	18760000	166,0	3,2	19200000	180,1	3,81	7620000	45580000
білковий відстій, кг	1,75	0,03	210000	1,75	0,03	180000	1,75	0,04	80000	470000
надлишк ові дріжджі, дм ³	5,90	0,09	630000	5,17	0,10	600000	4,78	0,10	200000	1430000
діоксид вуглецю, кг	15,69	0,26	1820000	16,63	0,32	1920000	14,95	0,31	620000	4360000
відходи від полірування, кг	0,087	0,0015	10500	0,09	0,0017	10200	0,09	0,0019	3800	24500

ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

Арк.

54

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

5. РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Розрахунок обладнання для очистки зернопродуктів

Дані для розрахунків обладнання:

Потужність підприємства $Q=15$ млн дал/рік.

Розрахунок і підбір обладнання здійснюють за допомогою спеціальної літератури, в якій наведені техніко-економічні характеристики та габаритні розміри відповідного обладнання [6,18,21].

Добове надходження зернопродуктів знаходимо за формулою:

Їх підбирають, виходячи із кількості зернопродуктів $G_{в.а.}$, які потрібно переробити за добу в напружений квартал (30 % від річної кількості або 0,3 частки).

$$11830/11,33/28,5 = 36,64 \text{ т,}$$

де $G_{зп}$ — кількість зернопродуктів, яку переробляють за рік, т, $G_{зп} = 11830$ т
11,33 — Згідно норм технологічного проектування пивзавод працює 11,33 міс. на рік,;
28,5 — кількість робочих діб сушловарильного цеху на місяць.

За дод. 9 підбираємо шестиапаратний варильний агрегат засипом 6,8 т на один затір, який за добу може переробити 42,0 т. При цьому треба мати на увазі, що в напружений квартал агрегати можуть працювати з перевантаженням у 20 %.

На основі такого розрахунку можна підібрати і організувати роботу кожного апарату і всього агрегату з урахуванням прийнятих у проекті конкретних інноваційних технологій.

Підбираємо 1 чотирьохапаратний агрегат із кількістю варок на добу 6.

Засип на 1 варку:

$$42/6=7$$

Норія для солоду

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

$$42/4,5 = 9,3 \text{ т/год}$$

Норія для переміщення солоду із зерносховища працює щоденно протягом 4,5 години. Тоді її продуктивність має бути не менше

$$Q_{ч}=36,64/4,5=8,2 \text{ т/год.}$$

Приймаємо норію НЦ-500, продуктивність якої по ячменю 10 т/год і

$$10 * (0,53 / 0,76) = 7 \text{ т/год по солоду.}$$

Шнековий транспортер повинен бути такою продуктивністю, як і норія - 7 т/год.

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

Бункер добового запасу для світлого солоду.

Відповідно до норм технологічного проектування загальна місткість бункерів повинна дорівнювати добовому запасу зернопродуктів, тобто 42 т. Ми розраховуємо обладнання для різних сортів пива, тому нам буде потрібно , виходячи із розрахунків продуктів 87 % світлого солоду; 30 % темного солоду; 10

					РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

% карамельного солоду; 10 % рисова січка; 13 % ячмінне борошно;. Виходячи з цих міркувань, розраховуємо:

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

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

де 0,53 – об'ємна маса товарного солоду;

Об'єм бункера добового запасу світлого солоду:

$$V_{\text{доб. сітл. сол}} = \frac{36,64 \cdot 87}{0,53 \cdot 100 \cdot 0,9} = 67 \text{ м}^3$$

Об'єм бункера добового запасу для ячмінного борошна:

$$V_{\text{доб. ячмін. бор}} = \frac{36,64 \cdot 13}{0,53 \cdot 100 \cdot 0,9} = 10 \text{ м}^3$$

Добове надходження темного солоду.

$$1260/11,33/28,5 = 3,91 \text{ т}$$

Об'єм бункера добового запасу для карамельного солоду:

$$V_{\text{доб. темн. сол}} = \frac{3,91 \cdot 100}{0,53 \cdot 100 \cdot 0,9} = 9 \text{ м}^3$$

Добове надходження карамельного солоду

$$4220/11,33/28,5 = 13,06 \text{ т}$$

$$V_{\text{доб. карам. сол}} = \frac{1,306 \cdot 100}{0,53 \cdot 100 \cdot 0,9} = 3 \text{ м}^3$$

Обираємо 1 бункер для світлого солоду об'ємом 70 м³, 1 бункер для темного солоду об'ємом 10 м³, 1 бункер для карамельного солоду об'ємом 3 м³, 1 бункер для ячмінного борошна об'ємом 10 м³.

Геометричні розміри бункера для світлого солоду при стороні квадрата а = 5 м і куті відкоса 30° будуть наступні:

Висота пірамідальної частини:

$$h_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} * 30 * a, \text{ м};$$

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

Висота прямокутної частини:

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

де V – це об'єм бункера для солоду, 67 м³.

$$h = \frac{67}{4^2} - \frac{1}{3} * 2,04 = 3,541 \text{ м.}$$

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

Висота пірамідальної частини:

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

Висота прямокутної частини:

					РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

де V – це об'єм бункера для солоду, 10 м^3 .

$$h = \frac{10}{4^2} - \frac{1}{3} * 1,63 = 2,58 \text{ м.}$$

Геометричні розміри бункера для ячменю при стороні квадрата $a = 2 \text{ м}$ і куті відкоса 30° будуть наступні:

Висота пірамідальної частини:

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

Висота прямокутної частини:

де V – це об'єм бункера для ячменю, 9 м^3 .

$$h = \frac{9}{4^2} - \frac{1}{3} * 0,82 = 0,67 \text{ м.}$$

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

Висота пірамідальної частини:

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

Висота прямокутної частини:

де V – це об'єм бункера для карамельного солоду, 3 м^3 .

$$h = \frac{3}{4^2} - \frac{1}{3} * 0,82 = 0,23 \text{ м.}$$

Повітряно-ситовий сепаратор забезпечує очищення солоду на одну варку за 1,5-2,0 год. Отже, її продуктивність становить:

$$7 / 2 = 3,5 \text{ т/год.}$$

Приймаємо повітряно-ситовий сепаратор ЗСМ-5, продуктивність якого 4т/год [11], габаритні розміри 1500х800х1100; маса 1450 кг.

Магнітний сепаратор приймаємо ДНМ-5 застосовується для очищення солоду від металевих домішок. Його потужність дорівнює потужності сепаратора. габаритні розміри, мм: 270х200х470; маса – 40 кг.

Для зважування зернопродуктів перед подрібненням приймаємо **автоваги марки ДН-500**. для зважування солоду повинні мати таку ж потужність як і норія. Обираємо ваги марки ДН-500 продуктивністю 20-60 т/год. габаритні розміри, мм 1500х1770х1850; маса – 350 кг

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

$$7 / 2,0 = 3,5 \text{ т/год.}$$

Приймаємо дробарку мокрого подрібнення Hurrmann ML-16 . габаритні розміри, мм: 3000х1100х6000; маса – 5760 кг.

Двовальцева дробарка має подрібнювати ячмінь на одну варку за 1,5-2,0 год. Отже, його продуктивність становить:

$$7 \cdot 0,5 / 1,5 = 2,4 \text{ т/год.}$$

Габаритні розміри, мм: 1700х1700х; маса -3050 кг

					РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Розрахунок обладнання варильного відділення

Продуктивність обладнання розраховується на підставі даних продуктового розрахунку. З огляду на розраховану продуктивність, підбирається необхідне обладнання.

Потреба в добовій переробці зернопродуктів, т, знаходиться:

$$M_z = \frac{M_{z.p} * 0,3}{28,5 * 3 * n},$$

де M_z - маса всіх зернопродуктів, т;

28,5 - число діб роботи варильного відділення на місяць, на добу;

3 - число місяців у кварталі;

n - оборотність, варок / добу.

$$M_z = \frac{M_{z.p} * 0,3}{28,5 * 3 * n} = \frac{11830 * 0,3}{28,5 * 3 * 6} = 6,9 = 7 \text{ т.}$$

Приймаємо до установки два триапаратні варильні агрегати із засипом 7,0 т; кількість варок на добу - 6. Основне обладнання фірми Hurrmann.

Заторний апарат. Приймаємо два апарати марки ВКЗ-7 засипом на 7,0 т. габаритні розміри, мм: діаметр – 5300, висота – 4900.

Фільтраційний апарат. Приймаємо один апарат «Ziemann». Прийнято на 1 т затираємих зернопродуктів приймати 6-7 м³ його місткості і 5 м² необхідної площі фільтрації. Висота шару дробини 0,35 м. габаритні розміри, мм: діаметр – 7800, висота – 4400.

Збірник дробини. Приймаємо один бункер Hurrmann ВСТ-V9,9. Габаритні розміри, мм: 2200x2000x2000.

Сусловарильний апарат. Приймаємо два апарати Hurrmann. Габаритні розміри, мм: діаметр – 5000, висота – 5200; маса – 9750 кг

Збірник промивної води. Приймаємо один збірник Hurrmann WWT-V17,6. Отриманих при промиванні дробини, повинен мати місткість з розрахунку 2,4 м³ на 1 т зерно продуктів, що надходять на варку:

2,4*16,8 = 40,32 м³. Збірник являє собою горизонтальний циліндр, який має змієвик для обігріву. Якщо прийняти, що діаметр збірника рівний 3 м, довжина його буде:

$$L = \frac{V * 4}{\pi * D} = 40.32 * \frac{4}{3.14 * 9} = 5.7 \text{ м}$$

При добовій потребі 184,6 т/год обираємо один чотирьох апаратний агрегат при кількості варок на добу 11, у разі засипу на один затір 16,8 т. Габаритні розміри, мм: діаметр - 1500, довжина - 5000; маса – 2580 кг

Гідроциклонний апарат. Апарат представляє собою великий закритий резервуар з плоским, трохи нахиленим днищем. Гаряче сусло на протязі 15-20 хв насосом тангенційно зі швидкістю 20-25 м/с вводять в апарат через сопло діаметром 40-80 мм, 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. Об'єм гідроциклонного апарату має становити 6 м³ на кожну тону зернопродуктів при коефіцієнті його заповнення 0,8.

В нашому випадку його загальний об'єм має бути:

					РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

$$V_{\text{гца.зат}} = \frac{7 \cdot 6}{0,8} = 52,5 = 53 \text{ т.}$$

Приймаємо до установки гіроциклонний апарат Whirpool W-D4100-V52 діаметр – 5200, висота – 4200; маса – 3250 кг.

Насос для перекачування затору. Продуктивність відцентрового насосу N, дм³/год, має враховувати напір і фізико-хімічну характеристику затору (в'язкість, агресивність до матеріалу насоса, температуру).

Продуктивність насоса розраховується за формулою:

$$N = G_{\text{зат}} \cdot V \cdot 60 / \tau,$$

де $G_{\text{зат}}$ - маса зерно продуктів у заторі, кг;

V - об'єм заторної маси з 1 кг зерно продуктів, дм³ (залежить від об'ємної маси зерно продуктів і гідромодуля, $V = 3-4 \text{ дм}^3$);

τ - тривалість роботи насоса згідно з режимом приготування затору, хв.

$$N = 7000 \cdot 4 \cdot 60 / 15 = 112000 \text{ дм}^3/\text{год.}$$

Приймаємо до встановлення два насоси НФ 1 100/240.238-7,5/4-210 продуктивністю 100 м³/год. і напором 11 м. габаритні розміри, мм: 2200x820x600; маса – 49 кг

Насос мутного суслу. Потужність насоса мутного суслу:

$$Q = G_{\text{зат}} \cdot V \cdot K \cdot 60 / \tau,$$

де $G_{\text{зат}}$ - маса зернопродуктів у заторі, кг;

V - об'єм заторної маси з 1 кг зернопродуктів, дм³ (залежить від об'ємної маси зерно продуктів і гідромодуля, $V = 4 \text{ дм}^3$);

K - частина мутного від загального затору; τ - тривалість повернення мутного суслу, хв.

$$Q = 7000 \cdot 4 \cdot 0,1 \cdot 60 / 10 = 16,8 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Приймаємо два насоси марки К 20/18 продуктивністю 20 м³/год. і напором 18 м. Додатково встановлюємо ще два насоси для подання промивних вод на затирання .

Сусловий насос. Відповідно до режиму варки суслу з хмелем перекачка охмеленого суслу із суловарильного апарату йде протягом 30 хвилин.

Об'єм суслу, відповідно до продуктового розрахунку, складає 779 дм³ на 100 кг зернопродуктів.

Отже, із одної варки отримуємо суслу:

$$V_{\text{суслу}} = 6202 \cdot \frac{620}{100} = 38\,453 \text{ дм}^3.$$

Розрахункова потужність насоса повинна бути:

$$Q_{\text{сусл.насоса}} = 38\,453 \cdot \frac{60}{30} = 76\,906 \text{ дм}^3/\text{год.}$$

Для перекачки охмеленого суслу застосовують насоси типу СОТ - відцентрові, багатоступінчасті, консольного типу, що призначені для подачі води і інших незабруднених рідин температурою до 105°C. Габаритні розміри, мм: 2200x820x600

Пластинчастий двосекційний теплообмінник.

Для охолодження суслу приймаємо до установки пластинчастий

					РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 — Специфікація технологічного обладнання

№ з/п	№ п. на апар. техн. схемі	Найменування, тип (марка) обладнання	Кількість	Технічна характеристика	Потужність електро-двигуна, кВт	Тривалість роботи двигуна, год/добу	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	1	Норія НЦ - 50	1	Продуктивність – 50 т/год; висота норії не більше 40 м; ширина стрічки 300 мм; крок ковшів 180 мм; швидкість стрічки 2,2 м/с; маса головки 405 кг, башмака 275 кг.	3,2	4,5	Механічний завод СВТП “Механік”
2.	2	Стрічковий транспортер КВ-20	1	Довжина транспортера 9,5 м, ширина стрічки 400 мм, відстань між центрами барабану 9,0м, маса 500 кг	-	4,5	
3.	3	Бункер світлого солоду	1	Об’єм – 70 м ³ ; габаритні розміри, мм: 3200х7000х3200	-	-	AISI 18/8
4.	4	Бункер темного солоду	1	Об’єм – 10 м ³ ; габаритні розміри, мм: 1600х3000х1600	-	-	AISI 18/8
5.	5	Бункер несолодженої сировини	1	Об’єм – 10 м ³ ; габаритні розміри, мм: 1200х2500х1200	-	-	AISI 18/8
6.	6	Бункер карамельного солоду	1	Об’єм – 3 м ³ ; габаритні розміри, мм: 800х1200х800.	-	-	AISI 18/8
7.	7	Повітряно – ситовий сепаратор ЗСМ - 5	1	Продуктивність 3,5т/год; габаритні розміри 1500х800х1100; маса 1450 кг.	1,1	10	Механічний завод СВТП “Механік”
8.	8	Магнітний сепаратор ДНМ-5	2	Продуктивність – 3,5 т/год; габаритні розміри, мм: 270х200х470; маса – 40 кг.	1.3	10	
9.	9	Автоматичні ваги ДН-500	2	Продуктивність, т/год: найменша – 5,0, найбільша -11,0; габаритні розміри, мм 1500х17700х1850; маса – 350 кг			
10.	10	Бункери солоду на одну варку	1	Об’єм – 12 м ³ ; габаритні розміри, мм: 1150х1250х2000			AISI 18/8
11.	11	Бункер несолодженої сировини на одну варку	1	Об’єм – 2 м ³ ; габаритні розміри, мм: 1000х1000х1500.			AISI 18/8

					РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8
12.	12	Дробарка мокрого подрібнення Hurrmann ML-16	1	Продуктивність – 16 т/год; габаритні розміри, мм: 3000x1100x6000; маса – 5760 кг	62	7,5	Hurrmann, Німеччина
13.	13	Двовальцева дробарка сухого подрібнення	1	Габаритні розміри, мм: 1700x1700x; маса -3050 кг	42	4	
14.	14	Передзаторний апарат	1	Продуктивність 30 т/ год; відношення води до помелу : 1:3; потік води - 160/год; робоча температура 42 - 78 ; тиск потоку води - 2 бар. Габаритні розміри 2200*2400 мм.			
15.	15	Насос заторний НФ1 100/240.238-7,5/4-210	8	Продуктивність –100 м³/год, напір – 11 м; габаритні розміри, мм: 2200x820x600; маса – 49 кг	7,5	4	Валдайський насосний завод
16.	16	Заторний апарат ВКЗ-7	2	Засип – 7,0 т; габаритні розміри, мм: діаметр – 5300, висота – 4900	15	6	
17.	17	Фільтраційний апарат Ziemann	1	Затір – 7,0 т; габаритні розміри, мм: діаметр – 7800, висота - 4400	22,2	10	Ziemann
18.	18	Збірник дробини HurrmannВСТ-V9,9	1	Об'єм бункера, м³: повний – 9,9; робочий – 8,4; габаритні розміри, мм: 2200x2000x2000	2,6	2,5	Hurrmann, Німеччина
19.	19	Проміжний збірник сусла	1	габаритні розміри, мм: 3600x2400			
20.	20	Збірник промивної води HurrmannWW T-V17,6	1	Габаритні розміри, мм: діаметр - 1500, висота - 5000; маса – 2580 кг			Hurrmann, Німеччина
21.	21	Теплообмінник пластинчастий АОГ-М	1	Продуктивність 6000 дм³/год. габаритні розміри 1500x700x800; маса 520 кг			ТОВ “Атом-технології
22.	22	Сусловарильний апарат HurrmannWKT -D5000-V62,9	1	Об'єм, м³: повний – 62,9, робочий – 43,5; габаритні розміри, мм: діаметр – 5000, висота – 5200; маса – 9750 кг			Hurrmann, Німеччина

Закінчення таблиці 5.1

23.	23	Збірник хмелю Нуррманп- 18	1	Габаритні розміри, мм: діаметр – 700, висота – 900; маса – 380 кг			Нурр- манп, Німеч- чина
24.	24	Насос сусловий К 20/18	3	Продуктивність - 100 м ³ /год і напором - 50 м; габаритні розміри, мм: 2200x820x600	37	0,8	
25.	25	Кожухотруб ний теплообмін- ник	1	Поверхня нагріву – 50 м ² ; Габаритні розміри, мм: 3700x1400			Вінпро мсервіс Вінни- ця, Україна
26.	26	Збірник гарячої води	1	Габаритні розміри, мм: 3700x1800			
27.	27	Збірник холодної води	1	Габаритні розміри, мм: 3700x1800			
28.	28	Енергетична колона	1	Габаритні розміри, мм: 3700x6000			
29.	29	Апарат гідроциклон ний Whirpool W-D4100- V52	1	Габаритні розміри, мм: діаметр – 5200, висота – 4200; маса – 3250 кг			Нурр- манп, Німеч- чина
30.	30	Двох- секційний пластинчаст ий теплообмін- ник	1	Продуктивність 10м ³ /год довжина 2200 мм ширина 800 мм висота 1400 мм			Нурр- манп, Німеч- чина

6. РОЗРАХУНКИ ПЛОЩ СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

Розрахунок площі варильного відділення

У варильному відділенні передбачається установка наступного обладнання: заторні апарати ($D=5300$ мм, $H=4900$ мм): для їх установки потрібна площа $51,94$ м², фільтраційний апарат ($D=7800$ мм, $H=4400$ мм): для установки потрібна площа $34,32$ м², сусловарильний апарат ($D=5000$ мм, $H=5200$ мм): для установки потрібна площа $26,0$ м², гідроциклонні апарати Вірпул ($D=5200$ мм, $H=4200$ мм): для установки потрібна площа $21,84 \cdot 2 = 43,68$ м², два збірники для ароматичного і гіркового хмелю з питомою площею $1,14$ м²· $2 = 2,28$ [6].

Площа варильного відділення для встановлення обладнання становитиме:

$$F_{об} = 51,94 + 34,32 + 26,0 + 43,68 + 2,28 = 158,22 \text{ м}^2.$$

Для розрахунку потрібно враховувати проходи між устаткуванням ($12 \cdot 6 = 72$ м і $10 \cdot 6 = 60$ м); між обладнаннями і стаціонарними конструкціями ($15 \cdot 6 = 90$ м²), між стінами ($10 \cdot 5 = 50$ м²), між колонами ($12 \cdot 10 = 120$ м²); між колонами і обладнанням ($8 \cdot 10 = 80$ м²). Тоді загальна площа варильного відділення буде:

$$F_{від} = 158,22 + 72 + 60 + 90 + 50 + 120 + 80 = 630,22 \text{ м}^2.$$

У варильному відділенні приймаємо сітку колон 24×30 :

Тоді площа варильного відділення для забезпечення вищевказаних умов буде $24 \cdot 30 = 720$ м².

Площу складського приміщення для зберігання гіркового і ароматичного хмелю розраховують за формулою:

$$F = \frac{Q_c N}{BK_n} \text{ м}^2,$$

де F - площа складського приміщення, м²; Q_c - середньодобова витрата, кг; N - норма запасу при зберіганні, дів; B - норма навантаження на одиницю складської площі, кг/м²; K_n - розрахунковий коефіцієнт використання складської площі (0,5-0,75).

Згідно продуктового розрахунку добова витрата ароматичного і гіркового хмелю має становити $250,3$ кг. Площа складського приміщення повинна становити:

$$F = 250,3 \cdot 3 / (250 \cdot 0,5) = 6,10 \text{ м}^2.$$

Площа складу для світлого солоду. Витрати світлого солоду становлять $23620,0$ т на рік, тоді необхідний запас на два місяця зернопродуктів буде становити:

$$(23620,0 \cdot 2) / 11,33 = 4169,5 \text{ т};$$

За умови що мішки викладаються в штабелі висотою в 5 мішків і окреме навантаження на 1 м² площі становить 1200 кг, площа складу з урахуванням 50 % площі, потрібної для обслуговування та проїзду, становитиме:

$$4169500 \cdot 1,5 / 1200 = 5211,8 \text{ м}^2.$$

Склад темного і карамельного солоду. Площу складського приміщення розраховують, виходячи із запасу солоду до двох місяців і зберігання в мішках.

Витрати на рік темного солоду - 1260 т, тому запас на два місяця буде таким:

$$(1260 \cdot 2) / 11,33 = 222,42 \text{ т};$$

					РОЗРАХУНКИ ПЛОЩ СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

За умови що мішки викладаються в штабелі висотою в 5 мішків і окреме навантаження на 1м² площі становить 1200 кг, площа складського приміщення з урахуванням 50 % площі, потрібної для обслуговування та проїзду, становитиме:
 $222420 \cdot 1,5 / 1200 = 278,0 \text{ м}^2$.

Карамельний солод. Витрати на рік – 420 т, тому запас на два місяці буде таким:

$$(420 \cdot 2) / 11,33 = 74,14 \text{ т};$$

За умови що мішки викладаються в штабелі висотою в 5 мішків і окреме навантаження на 1м² площі становить 1200 кг, площа складського приміщення з урахуванням 50 % площі, потрібної для обслуговування та проїзду, становитиме:
 $74140 \cdot 1,5 / 1200 = 92,7 \text{ м}^2$.

Площа складу для ячмінного борошна. Витрати ячменю становлять 1540 т на рік, тому запас на два місяці буде таким:

$$(1540 \cdot 2) / 11,33 = 271,84 \text{ т};$$

За умови що мішки викладаються в штабелі висотою в 5 мішків і окреме навантаження на 1 м² площі становить 1200 кг, площа складу з урахуванням 50 % площі, необхідної для обслуговування і проїзду автопогрузчика, становить :
 $271840 \cdot 1,5 / 1200 = 339,8 \text{ м}^2$.

Площа складу для рисової січки. Витрати рисової січки складають 1140 т на рік, тому запас на два місяці буде таким:

$$(1140 \cdot 2) / 11,33 = 201,23 \text{ т};$$

За умови що мішки викладаються в штабеля висота в 5 мішків, окремого навантаження на 1 м² площі 1200 кг площа складу з урахуванням 50 % площі, необхідної для обслуговування і проїзду автопогрузчика, складає:
 $201230 \cdot 1,5 / 1200 = 251,5 \text{ м}^2$.

					РОЗРАХУНКИ ПЛОЩ СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

7 ТЕХНОХІМІЧНИЙ І МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА

Технохімічний і мікробіологічний види контролю є основними методами контролю для здійснення всіх технологічних процесів у варильному відділенні. Ефективна робота заводської лабораторії, своєчасний контроль фізико-хімічних показників сировини, напівфабрикатів і якісних показників готової продукції, проведення технологічних процесів у автоматизованому режимі при заданих технологічних параметрах, чистота обладнання є запорукою приготування пивного суслу і пива високої якості, що відповідає вимогам ДСТУ 3888-2015.

Основні функції виробничої лабораторії:

- контроль якості сировини, напівфабрикатів, основних, допоміжних матеріалів і готової продукції;
- контроль за дотриманням норм витрат сировини, втрат, відходів продукції;
- контроль технологічних процесів виробництва, направлений на дотримання встановлених технологічних схем, інструкцій, умов;
- контроль зовнішнього вигляду продукції, її пакування і маркування;
- контроль санітарного стану виробничих приміщень, обладнання, тари, інвентаря;
- впровадження в практику лабораторії новітніх досягнень в області методів контролю і сучасного метрологічного обладнання для здійснення контролю.

Схему технохімічного контролю наведено в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Схема технохімічного контролю виробництва

Об'єкт дослідження	Місце відбору проби	Показники, що визначаються	Показник якості	Нормативні документи	Періодичність контролю	Відповідальний за проведення аналізу
1	2	3	4	5	6	7
Солод під час приймання	В кожній пробі	Зовнішній вигляд	Однорідна зернова маса без плісняви	ДСТУ 4282: 2004	В день надходження партії	Інженер-хімік
		Колір	Світло-жовтий або жовтий			
		Смак	Солодовий			
	В середній пробі від партії	Прохід крізь сито (2,2*20) мм домішок, %	Не більше 3			
		Масова частка вологи, %	Не більше 5			

					ТЕХНОХІМІЧНИЙ І МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження табл. 7.1

1	2	3	4	5	6	7
Хміль гранульований	В середній пробі від партії	Масова частка вологи, %	Не більше 10,0	ДСТУ 7028-2009	Під час приймання	Інженер-хімік
		Масова частка альфа-кислот	Не менше 2,5			
Вода на технологічні потреби	В середній пробі	Запах, смак, прозорість	Відповідає показникам	ДСаН Пін 2.2.4-171-10	Один раз на квартал	Інженер-хімік
		Жорсткість, мг-екв/дм ³	2-4			
		Ферум, мг/дм ³	Не більше 0,1			
		Окислюваність, мг О ₂ /дм ³	Не більше 0,2			
		Лужність, мг-екв/дм ³	0,5-1,5			
Подрібнення солоду	Бункер для солоду	Склад помелу, %:		ДСТУ 4221:2 003	Не рідше 1 разу на декаду і під час установавлення вальців дробарки	Інженер-хімік
		Лузга	15-18			
		Мілка крупка	30-35			
		Крупна крупка	18-22			
		Борошно	25-35			
Приготування затору	Заторний апарат	рН затору	5,4-5,6	ДСТУ 3139-95	1 раз у 10 днів	Інженер-хімік
Гаряче сусло	Сусловарильний апарат	рН сусла	5,2-5,4	ДСТУ 4282:2 004	Кожна варка. У випадку зміни партії сировини	Інженер-хімік
		Оцукрювання	Пробу на йод витримує			
		Колір, ЕВС/см ³ , 0,1 моль/дм ³ розчину I ₂ на 100 см ³ води	Світле: 6-10, 0,36-0,63 Темне: 120-150, 9-10			
		Вміст гірких речовин, мг/дм ³	Світле: 17-23 Темне: 22-26			
Пивна дробина	Із фільтраційного апарату	Загальний екстракт	1,5 – 2,5 %	ДСТУ 3139-95	За необхідністю	Інженер-хімік
		Вимивний екстракт	0,5 – 0,7 %		Один раз на тиждень з кожного апарату	Інженер-хімік
		Невимивний екстракт	0,8 – 1,2 %		За необхідністю	Інженер-хімік
Миючі засоби	СІР варильного відділення	Концентрація каустику, %	2,0-2,3	ДСТУ 2207.1-93	1 раз на 10 днів	Інженер-хімік

**ТЕХНОХІМІЧНИЙ І МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ
КОНТРОЛЬ ВИРОБНИЦТВА**

Арк.

67

Зм. Арк. № докум. Підпис Дата

1	2	3	4	5	6	7
		Концентрація кислоти, %	0,8-1,0			
		Контроль залишків миючих розчинів	Лакмусовий папірець не змінює колір			

Метрологічне забезпечення технологічного процесу

Метрологічне забезпечення на підприємстві вказане в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 — Метрологічне забезпечення заводської лабораторії

№ з/п	Стадії контролю	Найменування заходів вимірювання	Межі вимірювання
1.	Вологість солоду	Терези лабораторні 2-го класу точності відповідно до ГОСТ 24108-88. Сушильна шафа	0-100 г 105±2 °C
2.	Екстрактивність солоду	Цукромір. Термометр ртутний ТЛ-4 відповідно до ГОСТ 24108-88 Конгресний метод	
3.	Подрібнення солоду	Лабораторні сита із металевою сіткою згідно з ГОСТ 28498. Сита Фогеля	
4.	Активна кислотність затору	pH-метр	0-14
5.	Активна кислотність суслу	pH-метр	0-14
6.	Масова частка сухих речовин у пивному суслі	Рефрактометр, цукромір, відповідно до ГОСТ 22524	0-30
7.	Кислотність пивного суслу	Бюретка 1-2-25-0,1 відповідно до ГОСТ 29251. Крапельниця лабораторна скляна відповідно до ГОСТ 25336. Розчин гідроксиду натрію концентрацією 0,1 моль/дм ³ відповідно до ГОСТ 25794	1,0-5,0
8.	Колір суслу	Фотоелектроколометр. Спектрофотометр	0-100

8. ЗАХОДИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УМОВ ПРОМСАНІТАРІЇ

Загальні правила визначають санітарні вимоги до території, приміщень та обладнання, приймання, зберігання та переробки сировини для виробництва пива, а також до умов праці та особистої гігієни працівників.

Водонадходження у варильне відділення пивоварного заводу здійснюють підключенням комунікацій до міської водопровідної мережі або встановленням артезіанських свердловин [3]. Природне та штучне освітлення у виробничих відділеннях та підсобних приміщеннях повинно відповідати вимогам діючих нормативних документів. Для покращення освітленості робочих місць стіни, перегородки, споруди та обладнання слід фарбувати світлими фарбами.

Підлога має бути гладкою, без зазубрин і вибоїн, легко митися, обладнаною дренажними та очисними системами, які забезпечують повне видалення стічних та промивних вод на будь-якій ділянці підлоги.

У варильному відділенні повинні підтримуватися оптимальні параметри мікроклімату - температура, відносна вологість повітря. Вентиляційні системи та опалення повинні забезпечувати таку кількість шкідливих речовин у повітрі навколо робочої та в робочій зоні, що не перевищує гранично допустимі.

Дробарки та ємності для подрібненого солоду і несолоджених матеріалів необхідно своєчасно ретельно очищувати від борошняного пилу та бруду. Необхідно періодично здійснювати очищення технологічного обладнання. Внутрішню частину варильних агрегатів, бункери зернопродуктів, бункери гіркого та ароматичного хмелю необхідно ретельно мити після кожної варки.

За нормативними документами один раз на тиждень потрібно проводити дезінфекцію технологічного обладнання і приміщення. Промивання всіх трубопроводів та шлангів здійснюють один раз на добу холодною і гарячою (80-85 ° С) водою. У разі необхідності трубопроводи пропарюють протягом 15-20 хв. Для дезінфекції використовують хлорактивні сполуки, препарати, що містять 1,5 % NaOH і 0,5 % пентахлорфеноляту, формальдегід, діоксин сірки у вигляді кислого сульфату натрію або піросульфату натрію, емоальциди. Повітря у відділенні очищають від мікрофлори за допомогою ультрафіолетового проміння.

Крім того, сулопроводи після кожної варки стерилізують гострою парою 100 °С протягом 20 – 30 хв. У разі необхідності їх дезінфікують четвертинною амонієвою сполукою або діаміном з попереднім механічним очищенням і розбиранням окремих ланок.

Після кожної варки гідроциклонні апарати ретельно миють. Пластинчаті теплообмінники один раз на добу промивають гарячим (60 °С) 1%-ним розчином луку протягом 5 хв з наступним промиванням гарячою і холодною водою.

Шнеки та збірники для дробини і білкового осаду періодично ретельно промивають гарячою (80-85°С) водою та дезінфікуючими розчинами. Гідроциклонний апарат «Вірпул» потрібно періодично очищати від залишків сула та білкового осаду, промивати холодною водою протягом 5-10 хв і потім гарячою водою температурою 80-90 °С.

При наявності у відділі апаратів безрозбірної мийки СІР миття обладнання проводити згідно із затвердженими керівництвом підприємства інструкціями.

					ЗАХОДИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УМОВ ПРОМСАНІТАРІЇ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

9 ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДПРИЄМСТВА

Енергетичні розрахунки

9.1 Водопостачання та водовідведення

Для розрахунку використовуємо методику, наведену в літературі [6,18].

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

Для затирання зернопродуктів витрати гарячої води визначаються із таких умов. Максимальна кількість води, потрібної для приготування світлого пива (11 %). з концентрацію першого сусла 15-16 % сухих речовин. При затиранні на 100 кг зернопродуктів у сусло переходить 71,25 кг екстрактивних речовин. Для отримання сусла заданої концентрації потрібно води: $30 / 60 \cdot 4 \cdot 51,6 = 103,2 \text{ м}^3$.

Для приготування 6 варок за добу в одному 7-и тонному варильному апараті, кількість води, необхідної на головний залив, становить: $6 \cdot 7 \cdot 4 = 168,0 \text{ м}^3$.

Витрата води на вилужування солодової дробини у фільтраційному апараті:

$$7 \cdot 6 = 42,0 \text{ м}^3,$$

де 7 т - засип варильного апарату; 6 - кількість оборотів варильних апаратів.

Витрати води для заливки сит фільтраційного апарата розраховуємо, враховуючи об'єм підситового простору. Для фільтраційного апарату площа фільтрації становить 42 м^2 , а висота підситового простору $0,012 \text{ м}$. Тоді добова витрата води становитиме:

$$42 \cdot 0,012 \cdot 5 = 3,02 \text{ м}^3.$$

Витрати води для миття обладнання варильного відділення розраховуємо, враховуючи необхідність п'ятихвилинного промивання кожного із апаратів. Витрати води становить $2,5 \text{ м}^3/\text{год}$ на 1 т зернопродуктів. У варильному відділенні промиваються 8 апаратів. Для промивки 8-ми апаратів витрати гарячої води на добу становитимуть:

$$42 \cdot 2,5 \cdot 8 / 60 = 14 \text{ м}^3.$$

Розраховуємо витрати води для промивання суслопроводів. Приймаємо умову, що суслопровід промивається після кожної варки протягом 10 хв з витратою води $2,5 \text{ м}^3/\text{год}$ на 1 т зернопродуктів:

$$2,5 \cdot 10 / 60 \cdot 42 = 17,5 \text{ м}^3.$$

Витрати води на інші технічні потреби. Витрати води за добу на інші потреби приймаємо $0,4 \text{ м}^3$ на 1 т зернопродуктів. Тоді витрати становитимуть:

$$0,4 \cdot 42 = 16,8 \text{ м}^3.$$

Розрахунок витрати холодної води. Холодну воду витрачаємо на охолодження освітленого охмеленого сусла у водяній секції двохсекційного пластинчастого теплообмінника, а також на миття підлоги у цехах та приміщеннях. Для прийнятого асортименту проєктованих сортів пива об'єм гарячого сусла на 100 кг зернопродуктів буде становити:

$$1,72 \cdot 0,5 \cdot 6023,4 + 1,97 \cdot 0,35 \cdot 4810,2 + 2 \cdot 0,16 \cdot 2109,6 = 9131,0 \text{ дм}^3,$$

За умови максимальної витрати зернопродуктів кількість сусла становитиме:

$$21802300 \cdot 9131 / 100 = 1990768012 \text{ дм}^3, \text{ або } 1990768,1 \text{ м}^3.$$

Витрати холодної води для охолодження пивного сусла становитимуть:

					ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДПРИЄМСТВА	Арк. 70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$1990767,1 \cdot 3,96 \cdot (90-60) / (4,1868 \cdot (35-20)) = 3765855,4 \text{ м}^3$,
де 3,96 і 4,1868 теплоємності сусла і води відповідно (кДж/ (кг·К)).

9.2 Розрахунок витрати пари

Витрати тепла для підігрівання води для затирання. У заторний апарат надходить зерна: $7000 \cdot 0,3 = 2100,0 \text{ кг}$.

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

$$2100 \cdot 4 \cdot (56 - 12) \cdot 4,18 = 1544928 \text{ кДж.}$$

Кількість заторної маси:

$$2100 + 2100 \cdot 4 = 10500 \text{ кг.}$$

Витрати теплоти на підігрівання води для додавання в затір:

В заторний апарат поступає вода і задається 10500 кг солоду. Вода поступає в кількості 4 л на 1 кг солоду: $4 \cdot 10500 = 60000 \text{ кг}$.

Маса затору: $10500 + 60000 = 75000 \text{ кг}$.

Витрати теплоти на підігрівання води:

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

Витрати теплоти на підігрівання затору:

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

Розрахунок кількості теплоти для підігрівання густої частини затору до кипіння. З загального об'єму затору відкачується $0,4\%$ рідкої частини затору:

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

Густа частина затору:

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

Витрати тепла складають:

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

Для кип'ятіння густої частини затору:

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

Під час кип'ятіння сусла випаровується води:

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

Маса затору після кип'ятіння сусла:

$$45000 - 1125 = 43875 \text{ кг.}$$

Витрати тепла на підігрів всього затору складають:

$$(2178000 + 30000 + 2541600) / 0,95 = 4999579 \text{ кДж.}$$

Витрати тепла на підігрівання води для заливки сит фільтраційного апарату:

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

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

Витрати тепла на пивну дробину:

$$7000 \cdot 4 \cdot 4,18 \cdot (80-12) = 7958720 \text{ кДж.}$$

Знаходимо яку кількість теплоти, що виділяється з сусловарильного апарату з водяною парою, можна використати повторно:

$$Q = h \cdot G,$$

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

					ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДПРИЄМСТВА	Арк. 71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де V - об'єм суслу в суслотоварильному апараті, дм³;
n-частка випаровуваної води; d- відносна густина води.

Визначаємо об'єм суслу в суслотоварильному апараті:

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

де E - екстрактивні речовини засипу, %;

G - кількість води, яка випаровується у суслотоварильному апараті, кг;
0,96 - зменшення об'єму суслу внаслідок охолодження;

e - екстрактивність суслу, %; d - відносна густина суслу.

$$V = (71 \cdot 7000) / (0,96 \cdot 10,9 \cdot 1,04375) = 45505 \text{ дм}^3.$$

Кількість води, що випаровується у суслотоварильному апараті:

$$G = 45505 \cdot 0,06 \cdot 1 = 2730,3 \text{ кг.}$$

Кількість теплоти, яку можна використати повторно:

$Q = ((2674,5 - 418,7) + (100 - 70)) \cdot 2730,3 = 6240919,74 \text{ кДж}$, тоді кількість води, яку можна підігріти, використовуючи цю теплоту. Приймаємо, що витрати теплоти 20 %, тобто K=0,8:

$$X = Q / c (t_2 - t_1) \cdot K = 6240919,74 / 4,18(70 - 15) \cdot 0,8 = 65693,9 \text{ кг.}$$

Зведені результати витрат тепла наведено в табл.9.2

Таблиця 9.2-Витрати тепла для приготування суслу

На підігрівання води для затирання зернопродуктів	1544928 кДж
Витрати тепла на підігрівання всієї кількості затору	4999579 кДж
На підігрівання води для заливки сит у фільтраційному апараті	182823,2 кДж
На промивання дробини	7958720 кДж
Кількість теплоти, яку можна використати повторно	6240919,74 кДж

9.3 Розрахунок витрати холоду

У варильному відділі холод витрачається на охолодження суслу до початкової температури бродіння (9-12 °C).

Витрати холоду на охолодження суслу для кожного сорту пива складають:

Витрата гарячого суслу, отриманого із 100 кг зернопродуктів для пива «Поліське світле»- 658,4 дм³, «Радомишльське світле» - 579,60 дм³ і для «Радомишльське темне» - 525,50 дм³. Для прийнятого асортименту об'єм гарячого суслу становить:

$$658,4 \cdot 0,5 + 579,60 \cdot 0,35 + 525,50 \cdot 0,15 = 610,9 \text{ дм}^3.$$

З максимальної кількості зернопродуктів на добу (42000 кг) отримуємо суслу:

$$42\,000 \cdot 610,9 / 100 = 256578 \text{ дм}^3.$$

В прийнятій схемі сусло охолоджується в двох секціях: в пластинчатому теплообміннику сусло охолоджується до 60 °C холодною водою, а з 60 до 9-12 °C - пропіленгліколем. Витрати води на охолодження від 100 до 60 °C:

$$355,2 \cdot 3,67 \cdot (100 - 60) / 4,19(35 - 20) = 830 \text{ м}^3.$$

					ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДПРИЄМСТВА	Арк. 73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати пропіленгілколю для охолодження від 60 до 9 °С:

$$355,2 \cdot 3,67 \cdot (60 - 9) / 3,85 (3 - (-18)) = 870 \text{ м}^3.$$

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

$$830 \cdot 1,046 \cdot 3,87 (100-60) = 12953,7 \text{ кДж.}$$

Для охолодження сусли з 60 до 9 °С витрачається теплоти:

$$871 \cdot 1,046 \cdot 3,87 (60 - 9) = 190394,1 \text{ кДж.}$$

9.4 Розрахунки витрат електроенергії

Згідно норм технологічного проектування питомі витрати електроенергії на 1000 дал пива становлять 445 кВт*год. Добові витрати електроенергії становлять:

$$445 \cdot 46439.63 = 20665635,4 \text{ (кВт} \cdot \text{год/добу),}$$

де 21802,3 - добова кількість пива, тис. дал.

Максимальну погодинну витрату електроенергії приймають в кількості 12 % від добової:

$$20665635,4 \cdot 0,12 = 2479876,25 \text{ (кВт} \cdot \text{год/год).}$$

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

де, N- потужність приводного електродвигуна, кВт;

τ -кількість годин роботи на добу; n - кількість апаратів, шт.

Витрати електроенергії приводом норії:

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

Витрати електроенергії приводом шнека:

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

Витрати електроенергії приводом повітряно-ситового сепаратора:

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

Витрати електроенергії приводом магнітного сепаратора:

$$E = 1,3 \cdot 10 \cdot 1 = 13 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Витрати електроенергії приводом дробарки:

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

Витрати енергії приводом валкової дробарки:

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

Витрати електроенергії приводом заторного апарата:

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

Витрати електроенергії приводом фільтраційного апарату:

$$E = 22,2 \cdot 10 \cdot 2 = 444 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Витрати електроенергії приводом заторного насоса:

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

Витрати електроенергії приводом насоса мутного сусли:

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

Витрати електроенергії приводом насоса для вивантаження дробини:

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

Витрати електроенергії приводом насоса для перекачування сусли:

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

$$\text{Разом } 15,75 + 4,5 + 11 + 13 + 465 + 168 + 180 + 444 + 1800 + 22 + 13 + 35,2 = 1491,55 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

					ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДПРИЄМСТВА	Арк. 74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. ЗАХОДИ ЩОДО ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

Із всіх процесів, що відбуваються у варильному відділенні, самим енергоємним є процес кип'ятіння сусла з хмелем. На кип'ятіння приходить близько 40 % загальних енерговитрат пивоварного заводу. Для ефективного використання енергії та ресурсів (води, гріючої пари) використовують ресурсо- та енергозберігаючі технології.

В кваліфікаційній роботі передбачено наступні заходи щодо енерго- та ресурсозбереження:

- все обладнання, в яких відбувається процеси нагрівання або кип'ятіння, повинно мати надійну теплоізоляцію для запобігання втрат тепла;
- промивна вода із фільтраційного апарату повторно використовується для приготування заторів після її підігрівання до 70 °С в збірнику;
- вторинну пару, яка утворюється під час кип'ятіння сусла, використовуємо в системі енергозбереження для попереднього нагрівання сусла, що подається у сушварильний апарат. Завдяки цьому технічне рішення дозволяє зменшити витрати гріючої пари на 30 %.
- Для кип'ятіння сусла з хмелем обрали динамічний спосіб за низького надлишкового тиску за температури 104-106 °С. Такий спосіб дозволяє скоротити час кип'ятіння сусла від 90 до 60 хв. і знизити при цьому до 30 % енерговитрат у варильному відділенні;
- При обраному способі кип'ятіння підвищується енергетичний потенціал вторинної гріючої пари сушварильного апарату, тому це дозволяє зменшити енерговитрати на нагрівання води в енергозберігаючій установці до температури 97 °С;
- Дробину не утилізують, а її відправляють на реалізацію для фермерських господарств та відгодівлі тварин, а також може бути використане у харчовій промисловості як заміник борошна або висівки, для приготування різних кулінарних страв;
- в заторних апаратах установлені сучасні мішалки з профільованими плечима. Їх використання дозволяє збільшити продуктивність заторного апарату на 20 %.

1. *Конденсація вторинної пари.* Під час конденсації вторинної пари доцільно використовувати додаткову теплоту для випаровування. У конденсаторі вторинна пара надходить у міжтрубний простір. Вода підігрівається в трубах, а вторинна пара конденсується з виділенням теплоти. В сучасних енергозберігаючих установках в якості конденсаторів вторинної пари використовують кожухотрубні теплообмінники. З 1 Гл випареної із сусла води отримують до 8 Гл гарячої води температурою 78-80°С.

2. *Компресія вторинної пари.* Вторинна пара сушварильного апарату має температуру 100 °С і більше. Пара може бути використана для нагрівання продуктів. Після стискання пари за надлишкового тиску її температура збільшується до 102-108°С. Таким способом можливо проводити рекуперацію тепла. Необхідною умовою для повторного використання вторинної пари є відсутність в ній повітря. Ця умова може бути забезпечена, якщо в апараті не

					ЗАХОДИ ЩОДО ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ	Арк. 75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

утворюється піна і кип'ятіння суслу проходить без доступу кисню повітря. Таке технічне рішення реалізують практично завдяки застосуванню спеціальної технологічної системи – теплового насосу [6].

3. *Динамічне кип'ятіння за низького надлишкового тиску з накопичуванням теплової енергії.* Включення в технологічну схему енергоощадної установки дає можливість використати теплоту вторинної пари сусліварильного апарату для попереднього нагріву суслу. Вторинна пара із сусліварильного апарату надходить в кожухотрубний теплообмінник в міжтрубний простір. Із нижньої частини енергозберігаючої колони вода подається до кожухотрубного теплообмінника в труби, де нагрівається і далі повертається у верхню частину енергозберігаючої колони. Нагріта до температури 95-97 °С вода відцентровим насосом перекачується до пластинчастого теплообмінника, в якому підігріває сусло, що надходить в сусліварильний апарат. Використання теплоти вторинної пари сусліварильного апарату дозволяє заощадити витрати пари для кип'ятіння суслу з хмелем на 30 %.

					ЗАХОДИ ЩОДО ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

Будівельні конструкції промислових будівель виконують дві функції. Основна функція – вони забезпечують несучу здатність будівлі, визначають його довговічність і забезпечують технологічні вимоги виробництва. Друга функція будівельних конструкцій у промислових будівлях - це захистити приміщення від зміни кліматичних умов і створити відповідний мікроклімат у приміщенні.

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

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

Для відділення підготовки сировини приймаємо:

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

Для відділення приготування пивного сусла приймаємо:

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

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

Використовуємо залізобетонні колони перерізом 500×500 мм.

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

Міжповерховим перекриттям варильного відділення є монолітне перекриття товщиною 400 мм.

Фундамент

Приймаємо колонний залізобетонний фундамент.

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

Для колон, які мають в перерізі розміри 500х500 мм, встановлюють підколонники розмірам 900х900 мм. Глибина входження колони в підколонник 800 мм. Ширину отвору стакана поверху приймають на 150 мм більшою від

					БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сторони колони і на 100 мм більшою від низу заглиблення колони. Товщина стінок підколонника 200 мм. На стовпчасті фундаменти опираються фундаментні балки, які приймають навантаження від цегляних стін і зв'язують їх між собою. Фундаментні балки укладаємо кінцями на бетонні стовпчики (підбетонки), які розташовані на виступах фундаменту.

Колони – основний несучий елемент каркасних будівель. їх виготовляємо із залізобетону. Обираємо збірні залізобетонні колони суцільного квадратного перерізу 500х500 мм.

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

При проектуванні відділень застосовуємо колони з двосторонніми консолями. По верху фундаментів вкладають шар цементно-піщаного розчину товщиною 100 мм. Базу колон кріпляться до фундаментів анкерними болтами. Щоб запобігти корозії сталевих стірок колони нижню частину покривають шаром бетону.

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

Стіни з металевих листів дають можливість зменшити масу стіни порівнянно з легкобетонними в 6...10 раз або на 250...300 кг/м² при приблизно тій же вартості. Це досягається використанням облицювання стін тонкими сталевими або алюмінієвими листами та розташуванням між ними ефективного утеплювача, що дає змогу забезпечити в приміщеннях задані параметри мікроклімату.

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

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

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

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

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

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

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

Світлові ліхтарі розташовуємо на покриттях виробничих приміщень.

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

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

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

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

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

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

За конструктивним рішенням **ворота** розпашні. Полотна розпашних воріт є металевими. Обв'язку виконуємо із метало профілю.

Підлоги виробничих будівель обираємо *монолітним* (суцільним). Серед підлог загального призначення використовуємо бетонні покриття. Товщина бетонних покриттів складає 20 мм.

					БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Характеристика відходів, стічних вод і викидів. У варильному відділенні утворюються відходи і вторинні продукти, які повинні бути видалені або утилізовані. До них відносяться: забруднені стічні води, пивна і хмелева дробина, білковий осад, вторинна пара, пил від перероблювальної сировини.

В ході технологічного процесу у воду попадають різні речовини у завислому або розчиненому стані. В стічних водах містяться залишки сусла, промивна вода, стоки, зависі твердих речовин, залишки хмелю, розчини із станції СІР, лужні і кислотні стоки, солі металів, залишки масел, жирів та ін. Ці речовини поступово підвищують концентрацію стічних вод.

Небезпечними речовинами вважаються також кислоти, луги, миючі і дезінфікуючі засоби. Для очищення стічних вод використовуються різні очисні установки.

У варильному відділенні викидами є пара, яка випаровується при кип'ятінні сусла із сусловарильного апарату. Вторинна пара містить леткі компоненти сусла і хмелю. Основні відходи утворюються на стадіях очищення і сортування зернопродуктів на елеваторах - пил, що утворюється при прийманні солоду, його транспортуванні і подрібненні, являється джерелом забруднення на виробництві.

Білковий осад утворюється під час освітлення охмеленого гарячого сусла у гідроциклонному апараті Вірпул. Білковий осад можливо використати як додатковий фільтруючий шар у процесі фільтрування заторів. Зазвичай білковий осад висушують разом з дробиною і реалізують на корм тваринам. В котельні також відбуваються викиди газів в атмосферу. Для їх виключення в ківаліфікаційній роботі передбачено використання пропіленгліколю в якості холодоагенту.

Дощові і виробничі стоки відводяться до міської каналізаційної системи. Лужні стоки після миття тари і обладнання направляються на станцію нейтралізації, після того як рН доводять до граничних норм 6.5-8.5 і в лабораторії здійснюють перевірку рН, сухого залишку сульфату, хлориду. Всі показники записують в спеціальний журнал і тільки після цього дозволяється скидати в колектор міської каналізаційної системи. Для очищення дощових вод існують спеціальні очисні споруди на території заводу. Всі свердловини мають санітарні зони, огорожені за вимогами санепідемстанції.

Якість води, яка поступає у варильне відділення, перевіряє промислова лабораторія заводу, згідно з ГОСТом 2874-82. Воду перевіряють на:

- рН – 6-9;
- марганець – 0,1 мг/дм³;
- залізо – 0,3 мг/дм³
- сухий залишок – 100 мг/дм³;
- мідь – 1,0 мг/дм³;
- сульфати – 500 мг/дм³;
- хлориди – 350 мг/дм³;
- поліфосфати – 3,5 мг/дм³ ;
- цинк – 5,0 мг/дм³.

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Стічні води заводу також включають воду із промивних майданчиків та обладнання. Стічні води після очищення обладнання забруднені: спочатку їх скидають у колектор, а потім у міську каналізацію. На пивзаводі розроблені норми граничних викидів (ГДВ) щодо вмісту всіх шкідливих речовин, які потрапляють в навколишнє середовище. Термін дії норм становить 5 років.

Один раз на три місяці на заводі проходить замір викидів забруднюючих речовин згідно плану-графіку, який входить до нормативів ГДВ. На основі цих аналізів один раз на квартал складають звіт щодо кількості викидів забруднюючих речовин та проводяться розрахунки платежів за викидами в навколишнє середовище.

Всі відходи, які утворюються у варильному відділенні, збирають у спеціально відведеному місці для подальшої утилізації. Головним відповідальним за своєчасний збір, зберігання та своєчасне перевезення відходів є керівник відділення. Забороняється змішувати різні відходи та зберігати їх у місцях, які не використовують для цієї мети. Дробину збирають, висушують і використовують для годівлі тварин. Бруд, сміття, мукулатуру, тверді та сипучі матеріали збирають і зберігають у спеціально відведених для цього майданчиках у мішках та вивозяться із території заводу.

Важливою складовою екологічної політики пивоварного заводу є охорона навколишнього середовища. Екологічна служба на заводі включає три підрозділи, які підпорядковуються головному екологу. Працівниками заводу контролюється і ведеться облік щодо забруднення атмосферного повітря зерновим пилом, вторинною парою, ведеться контроль і облік викидів в каналізаційні системи, вивезення на полігони виробничого та побутового сміття. На викиди забруднювачів і тверді відходи щорічно отримуються ліміти в Державному управлінні з охорони навколишнього середовища, які узгоджуються графіком ГДК на рік.

Пил після повітряно-сіових сепараторів і дробарок вловлюють за допомогою рукавного фільтра. Його перевагою є підвищена ефективність очищення (до 99 %). Пил містить зважені сухі речовини зернопродуктів. Для виключення їх попадання в атмосферу їх вловлюють і збирають у мішки або силоси. Мішки з відходами вивозять на звалище або додають в пивну дробину. Для зменшення викидів вторинної пари сушловарильного апарату під час кип'ятіння сусла в технологічній схемі передбачено встановлення конденсатора вторинної пари (кожухотрубного теплообмінника), який дозволяє підігрівати воду до 97 °С, яку далі використовують для підігрівання сусла, що перекачують в сушловарильний апарат.

Пивна дробина із фільтраційного апарату після висушування реалізується на корм скоту. Білковий осад після гідроциклонного апарату висушують разом з дробиною.

Лужні стоки після миття обладнання направляються на станцію нейтралізації після доведення рН до граничних норм 6,5 – 8,5 і перевірки лабораторією на рН, сухий залишок сульфату, хлориду. Ливневі і виробничі стоки очищаються на спеціальних очисних спорудах, після чого відводяться в каналізаційну систему.

					ЕКОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

1. Мікроклімат. Великий вплив на стан організму робітників варильного цеху, їх працездатність має мікроклімат (метеорологічні умови) у виробничих приміщеннях, який залежить від температури, вологості, швидкості руху повітря та теплового випромінювання нагрітих поверхонь технологічного обладнання.

Контроль мікроклімату здійснюють за вимогами ДСН 3,36 - 042 -99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

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

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

Варильне відділення: в холодний період допустима температура - 17 – 23 °С, відносна вологість оптимальна - 40 – 60 %. допустима – 75 %, швидкість руху повітря оптимальна швидкість - 0,2 м/с, допустима - 0,3 м/с. В літній період оптимальною є температура 21 - 23 °С, допустима 27 - 30 °С, оптимальною є відносна вологість 40 – 60 %. допустима – 75 %, оптимальною є швидкість руху повітря - 0,3 м/с, допустима -0,4 м/с.

2. Електробезпека. Відділення приймання сировини та варильне відділення відносяться до приміщень підвищеної електробезпеки: відносна вологість повітря не повинна бути вищою 60 %. Варильне відділення - це вологе приміщення, відносна вологість повітря становить 60 – 75 %.

3. Пожежна безпека. Вибір найбільш раціонального способу і засобів гасіння різних легко займистих речовин та матеріалів згідно зі СніП 2.04.09-84 є необхідною умовою в комплексі заходів, що застосовуються в системі протипожежного захисту.

Відділення для приймання сировини, її очистки і варильне відділення відносять до категорії Д (з високим ступенем пожежо- та вибухонебезпеки). Основні види небезпеки у варильному відділенні пов'язані із застосуванням механічних апаратів з приводами (під'ємно-транспортних машин та механізмів, електроустановок, теплового обладнання, посудин, які працюють під тиском і та ін.), характерним наявністю небезпечних зон.

Рівень травматизму і профзахворювань на підприємстві залежить від рівня організації охорони праці та пожежної безпеки, а також стану трудової дисципліни. Фінансування профілактичних заходів з охорони праці, виконання

					БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	Арк.
						82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

загальнодержавних, промислових та регіональних програм поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища.

Головними небезпечними виробничими факторами у варильному відділенні є:

- підвищена напруга в електричному ланцюзі (зазвичай технологічне обладнання у варильному відділенні і відділенні приймання і очищення зернопродуктів працює під напругою 380 В);
- підвищена температура ($t = 30-32\text{ }^{\circ}\text{C}$) повітря робочої зони;
- підвищений рівень вібрації та шуму на робочому місці;
- підвищена температура ($t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$) поверхонь технологічного обладнання.

У варильному відділі спостерігається значне виділення теплоти, яка передається від корпусів заторного, фільтраційного і сусловарильного апаратів до повітря в робочій зоні і таким чином нагріває стіни будівлі, обладнання, яке знаходиться поруч, за рахунок тепло-випромінювання.

Причини відхилення робочих параметрів мікроклімату у варильному відділенні від нормативних - це надходження надлишкового тепла в повітря виробничого приміщення або водяної пари від працюючого обладнання та інших джерел випаровування.

Заходи щодо захисту від тепловипромінювання поділяють на чотири групи:

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

Таблиця 13.1 - Допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень[14]

№	Професія	Категорія робіт за важкістю	Температура, °С на робочих місцях				Віднос-на воло-гість	Швидкість руху повітря, м/с
			Верхня границя		Нижня границя			
			Постій-них	Непос-тійних	Постій-них	Непос-тійних		
1.	Оператор варильного відділення	Легка (1Б)	Зимня пора року					
			21	23	15	13	75	0,1
			Літня пора року					
			27	29	20	21	75	0,1
2.	Черговий слюсар-наладчик	Легка (1Б)	Зимня пора року					
			21	23	15	13	75	0,1
			Літня пора року					
			27	29	20	21	75	0,1

У варильному відділенні джерелом шуму є насоси і приводи перемішуючих пристроїв. Норми шуму на робочих місцях регламентуються за вимогами ДСН 3.3.6.037-99 “Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку”[13].

Відрмі засоби захисту від шуму:

- 1). Використання працівниками відділення засобів індивідуального захисту;
- 2). Дистанційне управління насосами і приводами перемішуючих пристроїв виключає передачу шуму на робочому місці;
- 3). Ізоляція обладнання та шумоізоляція стін приміщення, в якому розташоване обладнання з підвищеним шумом.

Домустимі рівні шуму приведені в таблиці 13.2.

Таблиця 13.2 – Допустимі рівні шуму[14].

Робоче місце	Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах із середньо геометричними частотами, Гц									Рівні звуку, еквівалентні дБА
	1,5	3	25	50	100	200	400	800	1600	
Оператор варильного відділення	03	9	2	6	3	0	8	6	4	80
Оператор солодо-дробарки	03	9	2	6	3	0	8	6	4	80
Слюсар-ремонтник	03	9	2	6	3	0	8	6	4	80

Вібрація.

Вібрацію створюють механічні коливання машин, механізмів та їх елементів. Як засоби індивідуального захисту, використовують антивібраційні рукавиці та взуття.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі приведений аналіз відомих способів приготування пивного сусла, описані їхні переваги та недоліки. Для інтенсифікації процесів приготування проєктованих сортів пива з мінімальними енерговитратами запропоновано та обґрунтовано ефективні способи та оптимальні технологічні режими технологічних процесів:

- Транспортування зернопродуктів із сховища відбувається механічним транспортом (норія, шнековий транспортер).
- Подрібнення солоду проводять на дробарці мокрого подрібнення. Її використання дозволяє забезпечити цілісність оболонок, зменшити розчинність гірких дубильних речовин оболонок, покращити ефективність фільтрування заторів і збільшити вихід екстракту. Для подрібнення несолодженої сировини використовується двохвальцева дробарка сухого подрібнення.
- Для затирання солоду і несолодженої сировини обрано одновідварний спосіб, який має оптимальне співвідношення між якістю, тривалістю і витратою енергоресурсів у порівнянні з двох- і трьохвідварними способами. Для виключення контакту водно-зернової суміші з киснем повітря останню подають в заторний апарат знизу. Для виключення утворення комків зернової сировини під час змішування з водою встановлений передзаторний апарат.
- Використання мішалки з профільованими плечима дозволяє збільшити потужність заторних апаратів на 20 %. Підкислення заторів розчином молочної кислоти до рН 5,1-5,2 дає можливість створити оптимальні умови для ферментативного гідролізу крохмалю.
- Фільтрування заторів передбачається на сучасному автоматизованому фільтраційному апараті
- Кип'ятіння сусла відбувається у сусловарильному апараті з внутрішнім кип'ятильником і подвійним відбивним екраном. Обрано динамічний спосіб кип'ятіння сусла за низького надлишкового тиску і температурі 104-106 °С. Спосіб дозволяє підвищити енергетичний потенціал вторинної пари, інтенсифікувати всі процеси, у тому числі видалення небажаних ароматичних летких речовин, зменшити концентрацію ДМС до нормативних значень (50 мкг/дм³) і скоротити час кип'ятіння від 90 до 60 хв.
- Включення в технологічну схему енергозберігаючої установки дозволяє використати теплоту вторинної пари сусловарильного апарата для попереднього нагрівання пивного сусла перед подачею в сусловарильний апарат і зменшити витрати гріючої пари на процес кип'ятіння на 30 %.
- Освітлення пивного сусла здійснюють у гідроциклонному апараті «Вірпул», охолодження – в двохсекційному пластинчастому теплообміннику.
- В кваліфікаційній роботі передбачено приготування наступних сортів пива: «Поліське світле» (11%), «Радомишільське світле» (12 %) і «Радомишільське темне» (13 %).

					ВИСНОВКИ	Арк.
						85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Апостолук, С.О. Промислова екологія: Навч. посіб. — 2-ге вид. / С.О. Апостолук, В. С. Джигирей. — В.: Знання, 2012. — 430 с.
2. Вертелов В.К., Созинова В.С., Селина И.В. Оптимизация технологического процесса затирання с использованием несоложенного сырья и ферментных препаратов / В.К. Вертелов, В.С. Созинова, И.В. Селина // Пиво и напитки. — 2008. — №1. — с.24-25.
3. Кунце В. Мит Г. Технология солода и пива; пер. с нем. Санкт Петербург: Профессия, 2009. 1100 с.
4. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСанПіН 2.2.4-171-10. - [Чинний від 2010-05-12]. — К.: Держспожив-стандарт України, 2010. — 42с. (Державні санітарні норми та правила)
5. Главарданов Р.М. Виробництво пива при заміні солоду ячменем: Пиво і напої. - 2007. - №2. - с.52-56.
6. Домарецький В.А. Технологія солоду та пива: Підручник. — Київ: «Фірма «Інкос», 2004. — 426 с.
7. Домарецький В.А. Вітчизняний та світовий досвід України у виробництві пива / В.А. Домарецький, А.М. Куц, М.В. Карпутіна, І.В. Мельник // Харчова промисловість. — Київ: НУХТ, 2012. — С. 6–9.
8. Ермолаева Г.А. Пиво и пивные напитки: технология и сырье / Г.А. Ермолаева // Пиво и напитки. — 2012. — №3. — с.20-21.
9. Кислота молочна харчова. Загальні технічні вимоги: ДСТУ 4621-2006. - [Чинний від 2006-06-29]. — К.: Держспоживстандарт України, 2006. - 24с.— (Національний стандарт України)
10. Краткий курс пивоварения / Л. Нарцисс; при участии В. Бака; пер. с нем. А. А. Куреленкова. — СПб.: Профессия, 2007. — 640 с.
11. Кунце В. Технология солода и пива/ Пер. с нем. — Санкт-Петербург: Профессия, 2007. — 912 с.
12. Курсове і дипломне проектування: методичні рекомендації щодо складання принципів і апаратурно-технологічних схем та умовно-графічних зображень в апаратурно-графічних схемах для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності «Технологія продуктів бродіння і виноробство» за ОКР «бакалавр», «спеціаліст», «магістр» / уклад. П. Л. Шиян, В. Л. Прибильський, А. М. Куц та ін. Київ: НУХТ, 2012. 67 с. (№ 8116)
13. Мелетьев, А. Є. Технохімічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв: підруч. / А. Є Мелетьев, С. Р. Тодосійчук, В. М. Кошова.- Вінниця: Нова книга, 2007. — 392с.
14. Методичні вказівки до виконання і захисту дипломного проекту студентами денної та заочної форм навчання спеціальності «Технологія продуктів бродіння і виноробства» напряму підготовки 6.0951701 «Харчові технології та інженерія» /уклад. А.М. Куц, П.Л. Шиян, В.О. Маринченко, А.Є. Мелетьев, М.В. Білько. — К.: НУХТ, 2010. — 53 с.
15. Охорона праці в галузі: Метод. вказівки до вивч. дисципліни та викон. контрол. роботи для студентів напряму 0917 «Харчова технологія та інженерія» та 0906 «Хімічна технологія та інженерія» ден. та заоч. форм навчання / уклад. М.П. Гандзюк, М.П. Купчик, В.С. Гуць. — К.: НУХТ, 2001. — 36 с.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

16. Пиво. Загальні технічні умови: ДСТУ 3888:2015. – [Чинний від 2015-05-28]. – К.: Держспоживстандарт України, 2015. – 15 с. – (Національний стандарт України).

17. Технологія солоду, пива та безалкогольних напоїв у задачах і прикладах/ А. Є. Мелетьєв, В. А. Домарецький, С. Р. Тодосійчук та ін.; За ред. А Є, Мелетьєва. - К.: НУХТ, 2007. - 256с.

18. Технохімічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв: підручник / А.Є. Мелетьєв, С.Р. Тодосійчук, В.М. Кошова; за ред. А.Є. Мелетьєва. – Вінниця: Нова Книга, 2007. – 392 с.

19. Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови: ДСТУ 4282:2004. – [Чинний від 2004-10-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 30 с. – (Національний стандарт України).

20. Хозиев О.А. Технология пивоварения: учебное пособие. /О.А. Хозиев, А.М. Хозиев, В.Б. Чугкиева. – СПб: Издательство «Лань», 2012. – 560 с.

21. Федоренко, Б.Н. Пивоваренная инженерия: технологическое оборудование отрасли. / Б.Н. Федоренко. – СПб: Профессия, 2009. – 1000 с.

22. Ячмінь. Технічні умови: ДСТУ 3769-98. - [Чинний від 1998-26-06]. - К.: Держстандарт України, 1998. - 18 с. - (Національний стандарт України).

Електронні ресурси

23. Технологія галузі. Проектування варильного цеху [Електронний ресурс] // Навчальний посібник. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <http://irbis.bti.secna.ru/doc3/2013-13.pdf>.

24. ESPA [Електронний ресурс] // Каталог. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: 27. <http://nasosenergo.com.ua/equipment/itemlist/category.html>.

25. GEA. Зниження енерговитрат [Електронний ресурс] // GEA. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: 1. <https://www.gea.com/ru/products/ess-energy-storage-system.jsp>.

					СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87