МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»	**«До захисту допущено»**
Директорка ННІХТ	Завідувач кафедри БПБВ
_____Оксана КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО	_____Анатолій КУЦ
(підпис)	(підпис)
« » червня 2025 р.	« » червня 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

із спеціальності 181 «Харчові технології»
(шифр та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Харчові технології та інженерія»
на тему: **Проект варильного відділення пивоварного заводу потужністю 12 млн дал пива на рік з інтенсифікацією процесу фільтрування пивних заторів**

Виконав: здобувач 4 курсу групи ТБ-4-8
ВОЛКОДАВ Павло ОЛЕКСАНДРОВИЧ _____
(підпис)

Керівник: доцент, кандидат
технічних наук, доцент Юрій БУЛІЙ _____
(підпис)

Рецензент, доцент, кандидат
Технічних наук, доцент Інна КАРПОВИЧ _____
(підпис)

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

_____ **Павло ВОЛКОДАВ**

підпис)

Київ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри біотехнології
продуктів бродіння та виноробства
_____Анатолій КУЦ

30 березня 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА
Павла ВОЛОКОДАВА

1. Тема роботи Проєкт варильного відділення пивоварного заводу потужністю 12 млн дал пива на рік з інтенсифікацією процесу фільтрування пивних заторів
Керівник роботи Юрій БУЛІЙ, к.т.н., доцент
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Університету від 07 квітня 2025 року № 212-КС
2. Строк подання здобувачем роботи 01 червня 2025 р.
3. Вихідні дані до роботи
1. Норми тенологічного проектування.
2. Матеріали, зібрані під час переддипломної практики.
3. Сировина для виробництва пива: солод світлий (85 %), солод темний (40 %), солод карамельний (10 %), ячмінне борошно (15 %), рисова січка (10 %).
4. Передбачити виробництво пива «Поліське світле» з масовою часткою СР у початковому суслі 11 %, «Коростенське світле» (12 %) і «Поліське темне» (14 %).
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Титульний аркуш. Завдання. Анотація (трьома мовами). Зміст. Вступ. 1. Характеристика підприємства та режими його роботи. 2. Обгрунтування асортименту проектованої продукції. 3. Техніко-економічне обгрунтування вибору способів та режимів приготування пивного сусла. 4. Характеристика проектованої продукції, сировини, основних і допоміжних матеріалів. 5. Технологічні розрахунки. 6. Розрахунки площ виробничих і складських приміщень. 7. Розрахунки та підбір технологічного обладнання. 8. Контроль якості та безпечності готової продукції. 9. Система екологічного управління та енерго- і ресурсозбереження. 10 Заходи щодо організації безпечних умов праці на виробництві. 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 -8 жовтня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика підприємства та режими його роботи	28.04.25-08.05.25	виконано
1.1	Структура підприємства		
1.2	Режими його роботи		
2.	Обґрунтування асортименту проектованої продукції		
3.	Техніко-економічне обґрунтування вибору способів приготування пивного сусла та опис апаратурно-технологічної схеми	09.05.25-14.05.25	виконано
3.1	Принципова технологічна схема		
3.2	Техніко-економічний аналіз і вибір технологічних способів та режимів приготування пивного сусла		
3.3	Опис апаратурно-технологічної схеми		
	1-а атестація	**15.05.25**	
4	Характеристика проектованої продукції, сировини, основних і допоміжних матеріалів	16.05.25-18.05.25	виконано
4.1	Характеристика проектованої продукції		
4.2	Характеристика сировини		
4.3	Характеристика основних і допоміжних матеріалів		
5.	Технологічні розрахунки	19.05.25-21.05.25	виконано
6.	Розрахунки площ виробничих і складських приміщень		
7.	Розрахунки та підбір технологічного обладнання		
8.	Викреслювання апаратурно-технологічної схеми, плану і розрізів	22.05.25-24.05.25	виконано
9	Оформлення креслення і погодження з керівником		
10.	Контроль якості та безпечності готової продукції	25.05.25-27.05.25	виконано
11.	Система екологічного управління та енерго- і ресурсозбереження		
12.	Заходи щодо організації безпечних умов праці на виробництві		
13.	Оформлення пояснювальної записки	28.05.25-30.05.25	виконано
	2-а атестація	**31.05.25**	
14.	Подання роботи в комісію по перевірці на антиплагіат	01.06.25-08.06.25	виконано
15.	Попередній розгляд проекту на кафедрі		
16.	Отримання зовнішньої рецензії і підготовка до захисту в ЕК	09.06.25-11.06.25	
17.	Захист роботи в ЕК	Згідно графіку	

Здобувач **Павло ВОЛКОДАВ**

Керівник роботи **Юрій БУЛІЙ**

АНОТАЦІЯ

Метою кваліфікаційної роботи було приготування пивного сусла високої якості з використанням інноваційних способів фільтрування заторів. Сучасні вимоги до системи розділення заторів полягають у наступному: високий вихід екстракту, зменшена у часі тривалість процесу та енерговитрат, висока ефективність фільтрування, отримання прозорого сусла, мутність якого не перевищує 5 одиниць ЄВС при вмісті завислих частинок не більше 1 мг/дм^3; низька вологість дробини, мінімальна кількість промивних вод, виключення контакту сусла з киснем повітря, проведення процесу в автоматизованому режимі. В роботі передбачено включення в технологічну схему модернізованого фільтраційного апарата, оснащеного окремим фільтраційним блоком для верхнього зняття першого сусла. Відведення першого сусла із верхніх шарів проводять у бічній частині фільтраційного апарату за допомогою спеціального пристрою, який автоматично регулює рівень рідини у фільтраційному апараті. Його використання дозволяє інтенсифікувати процес розділення заторів без погіршення якості сусла, збільшити продуктивність варильного відділення шляхом збільшення кількості варок від 8 до 10-12 на добу, зменшити навантаження на сита, підвищити якість пивного сусла, скоротити енерговитрати на роботу розпушувача.

В кваліфікаційній роботі приведені продуктові розрахунки, розрахунки витрат основних і допоміжних матеріалів, розрахунки і підбір обладнання, розроблені схеми технохімічного та мікробіологічного контролю процесів приготування сусла на всіх технологічних стадіях. Для затирання зернопродуктів обрано одновідварний спосіб, який відбувається в сучасних заторних апаратах, оснащених мішалками з профільованими плечима. Освітлення сусла здійснюють у гідроциклонному апараті «Вірпул», охолодження - у двосекційному пластинчастому теплообміннику.

Згідно завданню в роботі передбачено приготування проектованих сортів пива: «Поліське світле» (11 %), «Коростенське світле» (12 %) та «Коростенське темне» (14 %).

Ключові слова: варильне відділення, солод, затирання, фільтрування, сусло, дробина, пиво.

ANNOTATION

The aim of the qualification work was the preparation of high quality beer wort using innovative methods of plug filtration. Modern requirements to the system of plugs separation are as follows: high yield of extract, reduced by time duration of the process and energy consumption, high efficiency of filtration, obtaining clear wort, turbidity of which does not exceed 5 EBC units with the content of suspended particles not more than 1 mg/dm3; low moisture content of shot, minimum amount of wash water, exclusion of wort contact with air oxygen, carrying out the process in an automated mode. The work provides inclusion in the technological scheme of modernised filtration apparatus equipped with a separate filtration unit for upper removal of the first wort. Diverting the first wort from the upper layers is carried out in the side part of the filtration apparatus with the help of a special device, automatically regulating the liquid level in the filtration apparatus. Its use allows to intensify the process of plug separation without worsening the quality of wort, to increase the productivity of the brewing department by increasing the number of brews from 8 to 10-12 per day, to reduce the load on the sieves, to improve the quality of beer wort, to reduce energy costs for the work of the opener.

The qualification work presents calculations of products and equipment, developed schemes of technochemical and microbiological control of wort preparation processes at all technological stages. For mashing grain products selected single-brewing method, which equipped with agitators with profiled arms. Wort illumination is carried out in a ‘Virpul’ hydrocyclone apparatus, cooling - in a two-section plate heat exchanger.

According to the task, the following types of beer are to be brewed: "Polesske Light" (11%), "Korostenske Light" (12%) and "Korostenske Dark" (14%)

Keywords: brewing compartment, malt, mashing, filtration, wort, mash pellet, beer.

ZARYS

Celem pracy kwalifikacyjnej było przygotowanie wysokiej jakości brzeczki piwnej przy użyciu innowacyjnych metod filtracji korkowej. Nowoczesne wymagania wobec systemu separacji korków są następujące: wysoka wydajność ekstraktu, zmniejszona o czas trwania procesu i zużycie energii, wysoka wydajność filtracji, uzyskanie klarownej brzeczki, której mętność nie przekracza 5 jednostek EBC przy zawartości zawieszonych cząstek nie więcej niż 1 mg/dm3; niska zawartość wilgoci w śrucie, minimalna ilość wody płuczącej, wykluczenie kontaktu brzeczki z tlenem powietrza, prowadzenie procesu w trybie zautomatyzowanym. Praca przewiduje włączenie do schematu technologicznego zmodernizowanej aparatury filtracyjnej wyposażonej w oddzielną jednostkę filtracyjną do górnego usuwania pierwszej brzeczki. Usuwanie pierwszej brzeczki z górnych warstw odbywa się w bocznej części aparatu filtracyjnego za pomocą specjalnego urządzenia, które automatycznie reguluje poziom cieczy w aparacie filtracyjnym. Jego zastosowanie pozwala zintensyfikować proces oddzielania korków bez pogarszania jakości brzeczki, zwiększyć produktywność działu warzenia poprzez zwiększenie liczby naparów z 8 do 10-12 dziennie, zmniejszyć obciążenie sit, poprawić jakość brzeczki piwnej, zmniejszyć koszty energii do działania otwieracza.

Prace kwalifikacyjne obejmują obliczenia produktu, kalkulacje kosztów materiałów podstawowych i pomocniczych, obliczenia i dobór sprzętu, opracowane schematy kontroli techniczno-chemicznej i mikrobiologicznej procesów przygotowania brzeczki na wszystkich etapach technologicznych. Do zacierania produktów zbożowych wybrano metodę jednokrotnego gotowania, która odbywa się w nowoczesnych aparatach do zacierania wyposażonych w mieszadła z profilowanymi ramionami. Naświetlanie brzeczki odbywa się w aparacie hydrocyklonowym „Virpul”, chłodzenie - w dwusekcyjnym płytowym wymienniku ciepła.

Zgodnie ze zleceniem, prace przewidują przygotowanie projektowanych odmian piwa: „Polesske Light” (11%), „Korostenske Light” (12%) i „Korostenske Dark” (14%).

Słowa kluczowe: komora warzelna, słód, zacieranie, filtracja, brzeczka, granulat, piwo.

ЗМІСТ

ВСТУП…… ……8
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ……...10
1.1 Структура підприємства……...10
1.2 Режими роботи……...11
2 ОБГРУНТУВАННЯ АСОРТИМЕНТУ ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ….13
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СПОСОБІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ…… 13
3.1 Принципово-технологічна схема..... 13
3.2 Техніко-економічний аналіз і вибір технологічних способів та режимів приготування пивного сусла…… …… 13
3.3 Опис апаратурно-технологічної схеми 31
4 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ..... 33
4.1 Характеристика проектованої продукції. 33
4.2 Характеристика сировини 36
4.3 Характеристика основних і допоміжних матеріалів 44
5 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ..... 45
5.1 Вихідні дані до технологічних розрахунків 45
5.2 Продуктові розрахунки..... 45
5.3 Розрахунки витрат основних і допоміжних матеріалів..... 54
6 РОЗРАХУНКИ ПЛОЩ ВИРОБНИЧИХ І СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ 57
7 РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ..... 58
8 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ 66
8.1. Основи системи управління якості та безпечності харчової продукції……...66
8.2. Технохімічний і мікробіологічний контроль виробництва та його метрологічне забезпечення…….64
9 СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТА ЕНЕРГО- І РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ……..65
10 ЗАХОДИ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ НА ВИРОБНИЦТВІ……..67
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……..80
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ……..……81

ВСТУП

Варильне відділення пивоварного заводу включає технологічні процеси, від ефективності яких залежать якісні показники готового пива. Потужність відділення суттєво залежить від ефективності роботи фільтраційного обладнання і становить від 8 до 12 варок на добу. Від типу фільтраційного обладнання залежить тривалість процесу розділення заторів, якість отриманого пивного сусла, вологість дробини, витрати промивної води, енерговитрати, а також способи і типи дробарок для подрібнення солоду. Процеси розділення пивних заторів на тверду і рідку фази та вилужування дробини є самими трудомісткими і подовженими у часі в загальному технологічному циклі приготування пивного сусла, тому пошук більш ефективних конструкцій фільтраційного обладнання, вибір оптимальних режимів та інноваційних способів фільтрування заторів для їх інтенсифікації є актуальною проблемою для сучасного пивоваріння.

На передових підприємствах України для розділення заторів на тверду і рідку фази (дробину і сусло) в теперішній час використовують сучасні фільтраційні апарати (Whirpool, Huppmann, Ziemann) і фільтр-преси (наприклад, бельгійський фільтр-прес Meura-2001). Фільтрування затору у фільтраційному апараті складається з таких операцій: підготовки апарата, заливка сит водою (15 хв), перекачування затору у фільтраційний апарат (20 хв), відстоювання затору з утворенням фільтруючого шару (25-30 хв), пропускання кранів, повернення першого мутного сусла (10 хв), фільтрування сусла (90 хв), промивання дробини (120 хв) та її вивантаження (25 хв). Перевагами фільтраційного апарата є висока якість отриманого пивного сусла, недоліком - довготривалий процес фільтрування. Режим роботи фільтр-преса наступний: заповнення камер – 8 хв, перекачування затору – 3 хв, збір першого сусла – 15 хв, промивання дробини – 65 хв, видалення із пресу промивної води – 6 хв, розбирання фільтра – 1 хв, переміщення плит – 13 хв, складання фільтру – 1 хв. Загальний час роботи – 111 хв. На першій стадії протягом 90 хв фільтрується близько 70 % всього затору. Стадія промивання дробини водою триває 120 хв і триває до зменшення концентрації сухих речовин в дробині в межах 0,5 %. Перевагами фільтр-преса є висока швидкість фільтрування. У фільтр-пресі перше сусло фільтрується протягом 30-35 хв. За цей час фільтрується 85…90 % затору. До недоліків відносять погіршення смаку і кольору сусла і пива завдяки екстрагуванню із подрібнених оболонок зерна лігніну, поліфенольних, гірких, дубильних, зольних речовин, петозанів, алкалоїду горденіну, а також висока трудомісткість процесів розбирання, розвантаження та подальшої збрки обладнання для проведення наступного фільтрування.

Для ефективного фільтрування пивних заторів на сучасних фільтр-пресах використовують тонкий помел солоду і зернопродуктів. Останні подрібнюють на молоткових дробарках або дезінтеграторах.

У разі використання фільтраційних апаратів для інтенсифікації процесу фільтрування пивних заторів здійснюють модернізацію фільтраційного обладнання. Перспективними напрямками є мультифункціональне управління процесом фільтрування, встановлення «подвійного днища» і ножів нової конструкції. Інноваційні технічні рішення дозволяють зменшити кількість помутнінь в

підситовому просторі, скоротити тривалість фільтрування заторів і промивання дробини, а також суттєво зменшити витрати промивної води.

Під час виконання кваліфікаційної роботи був проведений літературний пошук раціональних способів фільтрування заторів для підвищення потужності варильного відділення шляхом збільшення кількості варок до 12 на добу, покращення якісних показників пивного сусла та зменшення енерговитрат. Для вирішення поставлених актуальних задач в роботі використано практичний досвід передових підприємств галузі, інноваційні технології та сучасне технологічне обладнання.

Згідно обраної технологічної схеми транспортування солоду і несолодженої сировини відбувається механічним способом (за допомогою норії і шнекового транспортеру). Подрібнення зернопродуктів здійснюють на дробарці мокрого помелу, що дозволяє забезпечити цілісность оболонок, які в подальшому слугують фільтруючим шаром у фільтраційному апараті.

Для затирання солоду і несолодженої сировини (ячменю і рису) обрано одновідварний спосіб. Для створення оптимальної кислотності для гідролізу крохмалю підкислення затору проводять до pH 5,1…5,2 додаванням розчину молочної кислоти. Затирання відбувається в сучасних заторних апаратах, в яких підтримується рівномірне перемішування затору, виключається можливість утворення комків і доступу кисню повітря.

Фільтрування заторів проводять в сучасному модернізованому і автоматизованому фільтраційному апараті «Ziemann», оснащеного додатковим фільтраційним блоком для верхнього зняття і фільррування першого прозорого сусла. Обраний спосіб також доцільно використовувати для фільтрування високощільного сусла з підвищеним вмістом сухих речовин. Через надмірну в'язкість такого сусла на типовому фільтраційному обладнанні погіршується ефективність фільтрування пивних заторів.

Кип’ятіння сусла з хмелем проводять у сусловарильному апараті «Steinecker» з подвійним відбивним екраном. Для інтенсифікації процесу кип’ятіння обрано динамічний спосіб за низького надлишкового тиску і температури 104-106 °С. За обраного способу кип’ятіння пискорюються всі процеси, у тому числі видалення небажаних летких ароматичних речовин і диметилсульфіду до нормативних (не більше 60 мкг/дм^3) та заощадити до 30 % енерговитрат завдяки скороченню тривалості кип’ятіння від 90 до 60 хв.

Освітлення сусла здійснюють у гідроциклонному апараті «Вірпул», охолодження – у двосекційному пластинчастому теплообміннику.

В кваліфікаційній роботі передбачено приготування проектованих сортів пива: «Поліське світле» (11 %), «Коростенське світле» (12 %) та «Коростенське темне» (14 %).

Пояснювальна записка включає 83 с.; графічна частина містить 4 аркуші формату А1: апаратурно-технологічну схему – 1 аркуш, плани відділення – 1 аркуш, розрізи – 1 аркуш, демонстраційний плакат – 1 аркуш.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТА РЕЖИМИ ЙОГО РОБОТИ

1.1 Структура підприємства

Загальна структура підприємства включає сукупність всіх виробничих, невиробничих та управлінських його підрозділів. До управлінських підрозділів відносяться: планово-виробничий відділ, відділ заробітної плати, відділ кадрів, відділ збуту і постачання, бухгалтерія, відділи головного механіка і головного пивовара. Виробничі підрозділи спеціалізуються на виконання певної частки виробничого процесу. Так, отримання солоду відбувається в солодовій дільниці; приготування сусла - у варильному відділенні; зброджування пивного сусла і доброджування молодого пива здійснюють у бродильно-лагерному відділенні; фільтрування пива від дріжджів і стабілізацію його колоїдної стійкості - у фільтрувальній дільниці; розлив готової продукції - в цехах розливу пива.

До невиробничих і допоміжних відділень підприємства належать дільниці, які призначені для обслуговування, проведення ремонтних робіт технологічного обладнання, забезпечення запчастинами, джерелом енергії тощо. Лабораторія призначена для контролю якості вихідної сировини, напівпродуктів і готової продукції, допоміжних матеріалів. До складу допоміжних відділень відносяться складські приміщення: зерносклад, склад хмелю, молочної кислоти, готової продукції, котельна, холодильно-компресорне відділення, ремонтно-механічний цех та ін.

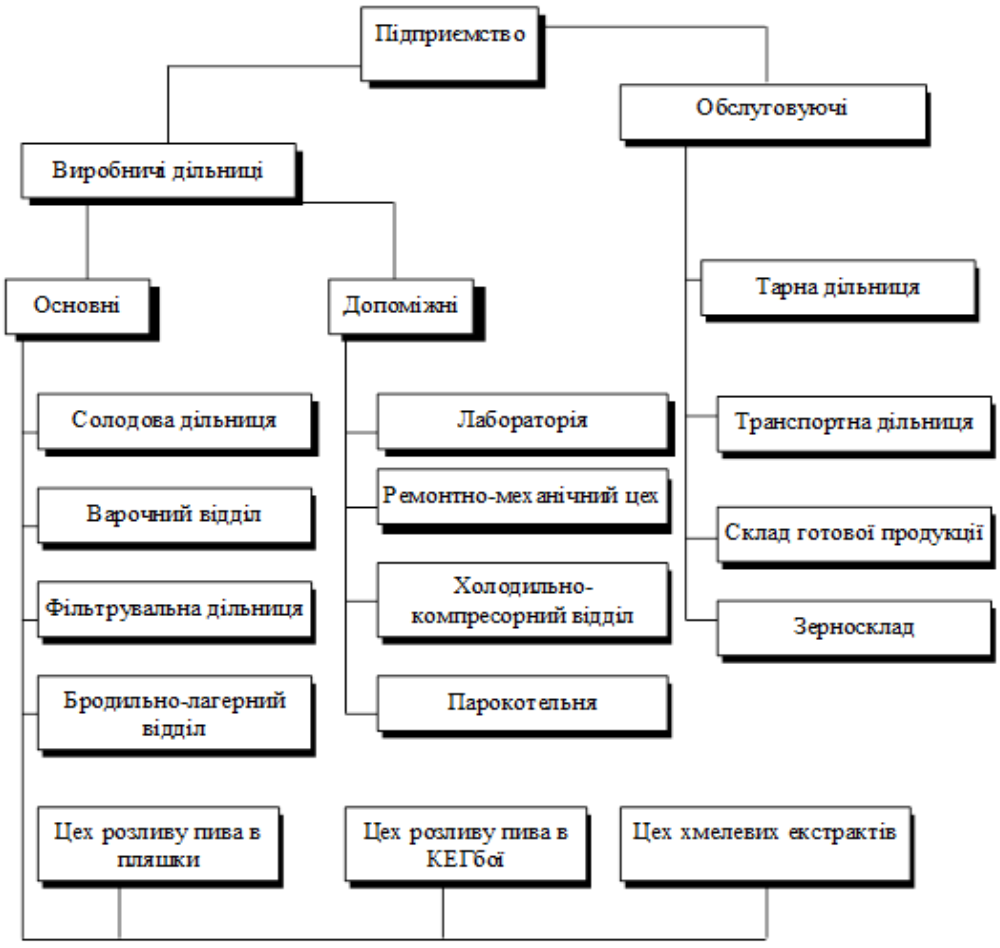

Рисунок 1.1 — **Функціональна схема пивоварного заводу**

1.2 Режими роботи

На підприємстві передбачено двозмінний режим роботи варильного відділення:

1) перша зміна - від 7^{00} до 19^{00} год.
2) друга зміна - від 19^{00} до 7^{00} год.

За нормами робочий тиждень не повинний перевищувати 48 год. Тривалість обідньої перерви становить 45 хв. Протягом робочої зміни робітникам надаються дві перерви на відпочинок тривлістю 20 хв кожна.

Згідно регламенту підприємство працює 330 діб на рік.

Тривалість однієх зміни становить 12 год; кількість робочих змін – 4.

Виробнича потужність пивоварного заводу становить 12 млн дал пива на рік.

Режими роботи цехів і відділень наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Режими роботи цехів і відділень

№ з/п	Цеха і відділення	Початок зміни, год.	Кінець зміни, год.	Перерва, год.	Тривалість зміни, год.
1.	Адміністративний корпус 1 зміна Керівництво заводу (працюють в одну зміну)	$8^{\underline{30}}$	$17^{\underline{00}}$	$12^{\underline{30}} – 13^{\underline{00}}$	$8^{\underline{00}}$
2.	Основні цехи 1 зміна 2 зміна	$7^{\underline{00}}$ $19^{\underline{00}}$	$19^{\underline{00}}$ $7^{\underline{00}}$	$13^{\underline{00}} –13^{\underline{30}}$ $22^{\underline{00}} – 22^{\underline{30}}$	$12^{\underline{00}}$ $12^{\underline{00}}$
3.	Цехи розливу 1 зміна 2 зміна	$7^{\underline{00}}$ $19^{\underline{00}}$	$19^{\underline{00}}$ $7^{\underline{00}}$	$14^{\underline{00}} – 14^{\underline{30}}$ $21^{\underline{00}} – 21^{\underline{30}}$	$12^{\underline{00}}$ $12^{\underline{00}}$
4.	Допоміжні цехи	$8^{\underline{00}}$	$17^{\underline{00}}$	$13^{\underline{00}} – 13\text{-}^{\underline{30}}$	$8^{\underline{00}}$

2 ОБҐРУНТУВАННЯ АСОРТИМЕНТУ ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Проектовані сорти пива виготовляють згідно вимог ДСТУ 3888-2015 [17].

Для розрахунків обсягів проектованої продукції приймаємо, що пивоварний завод працює 338 діб на рік.

Асортимент проектованої продукції представлений трьома сортами пива.

Асортимент і обсяги виробництва проектованих сортів пива наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Асортимент і обсяги виробництва проектованих сортів пива

Найменування Сорту пива	Відсоток від загальної кількості	Виробництво на		Розливається у	
		рік, млн дал	добу, тис. дал	скляну пляшку місткістю 0,5 дм^3, млн дал	кеги місткістю 5 дал, млн. дал
Поліське світле	42	5,0	14,8	3,5	1,5
Коростенське світле	33	4,0	11,8	4	–
Коростенське темне	25	3,0	8,9	3	–
Всього, %	100	12,0	35,5	10,5	1,5

Пиво «Поліське світле» (концентрація сухих речовин у початковому суслі 11 %) готують за рецептурою:

- солод світлий – 85 %;
- ячмінне борошно – 15 %.

Пиво «Коростенське світле (концентрація сухих речовин у початковому суслі 12 %) готують за рецептурою:

- солод світлий – 90 %;
- рисова січка – 10 %.

Пиво «Коростенське темне» (концентрація сухих речовин у початковому суслі 14 %) готують за рецептурою:

- солод світлий – 50 %;
- солод темний – 40 %;
- солод карамельний – 10 %.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СПОСОБІВ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СУСЛА ТА ОПИС АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ

3.1 Принципова технологічна схема

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

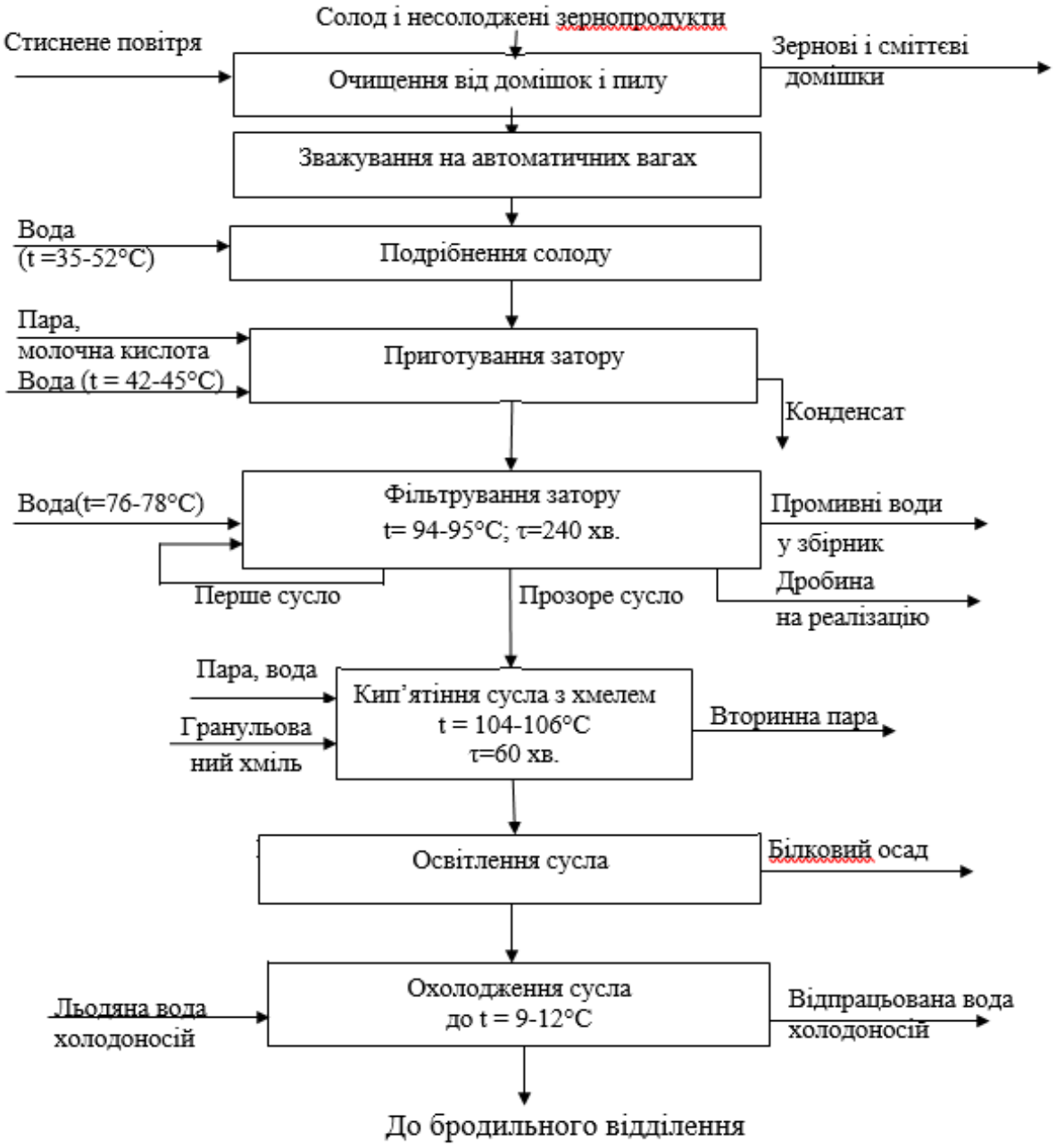

Рисунок 3.1 — **Принципова технологічна схема варильного відділення**

3.2 Техніко-економічний аналіз і вибір технологічних способів та режимів приготування пивного сусла

Для обгрунтування та обрання раціональних способів і оптимальних режимів приготування пивного сусла головною задачею було вибір інноваційних технологій і підбір сучасного технологічного обладнання для забезпечення роботи варильного відділення шляхом проведення літературного пошуку і використання практичного досвіду провідних пілприємств.

Технологічна схема приготування пивного сусла включає такі стадії: очищення солоду і несолоджених зернопродуктів від зернових і сміттєвих домішок, подрібнення зернопродуктів, затирання, фільтрування затору, кип'ятіння сусла з хмелем, освітлення сусла від білкового осаду і його охолодження до початкової температури бродіння [19,20,22,24].

Транспортування зернопродуктів. Транспортні засоби поділяються на дві групи: пневматичні і механічні.

Пневматичні засоби транспортування. В пневматичному транспортному засобі сипучі матеріали транспортуються по трубопроводам за допомогою потоків повітря [26]. Основна його перевага полягає у тому, що пневмотранспорт дозволяє повністю забезпечити комплексну механізацію та автоматизацію вантажно-розвантажувальних робіт сипучих матеріалів. При цьому виключаються втрати сировини при транспортуванні, покращуються санітарно-гігієнічні умови роботи та умови безпеки, є можливість поєднувати процес транспортування з технологічними процесами сушіння, охолодження та очищення від домішок.

Для переміщення безтарних сипучих матеріалів разом з механічним транспортом на пивоварних підприємствах широко використовується пневматичне обладнання. У цих пристроях ячмінь або солод переміщуються по трубопроводах потужним повітряним потоком. Щоб підняти матеріал, потрібна швидкість повітря близько 11 м/с, однак щоб сировина переміщалася надійно, зазвичай застосовують значно більші швидкості потоку повітря – близько 20 м/с. Такий повітряний потік отримують за допомогою вентиляторів високого тиску.

Механічні засоби транспортування. До механічниї засобів транспортування матеріалів відносяться стрічкові та шнекові трансортери і норії.

Стрічковий транспортер. Для стрічкових транспортерів характерна «дбайливість» при переміщенні матеріалу і низьке енергоспоживання. Стрічкові транспортери доцільно використовувати лише для переміщення великих об'ємів матеріалу, оскільки вони займають відносно велику площу. Конструкція станції приймання і вивантажування матеріалу повинні виключати втрати сировини та пилоутворення. Вивантажування може бути організовано в декількох місцях.

Транспортерна стрічка виготовлена на тканинній основі і може бути плоскою або коритоподібною в залежності від виду переміщуваного матеріалу. Коритоподібні стрічки характеризуються більшою продуктивністю в порівнянні з плоскими, так як можуть приймати більше матеріалу без його втрат.

Шнековий транспортер. Найбільш поширеним засобом для горизонтального транспортування несолодженої сироини і солоду є шнековий транспортер - - різновид конвеєра, в якому сипучий матеріал переміщується уздовж нерухомого жолоба лопатями обертового гвинта. Швидкість

транспортування заданого об'єму матеріалу пропорційна швидкості обертання гвинта. Через кожні 2-3 метри для виключення провисання передбачені проміжні опори. Привід вала здійснюється від двигуна, а число обертів вала не перевищує 200 об/хв. При обертанні шнек переміщує ячмінь або солод до розташованих знизу шиберів для спорожнення, яке здійснюється шляхом простого відкривання. Щоб уникнути перевантаження шнека, жолоб повинен заповнюватися не більше ніж на одну третину.

Шнекові транспортери зазвичай використовуються для транспортування сипких, дрібнокускових, пилоподібних, порошкових матеріалів у горизонтальному, вертикальному або похилому напрямках на відстань до 60 м по горизонталі і до 15 м по вертикалі. Їх потужність досягає до 150 т/год, діаметр гвинта становить 100…600 мм, частота обертання - 10…120 об/хв.

Перевагами є: простота конструкції, невеликі габаритні розміри у порівнянні з іншими транспортувальними пристроями однакової продуктивності; герметичність та здатність транспортування гарячих, пилоутворювальних і токсичних матеріалів; зручність проміжного розвантаження і технічного обслуговування.

До переваг шнекового транспортера також відноситься те, що незважаючи на досить високе енергоспоживання, він є цілком рентабельним видом горизонтального (або з підйомом до 30 °) транспорту. Тому для переміщення на короткі відстані здебільшого застосовують саме шнекові транспортери.

Недоліками є: можливість пощкодження оболонок сипучого матеріалу (зерна), підвищені енерговитрати, зношування жолобу і гвинта.

Норія. Транспортування може відбуватися в горизонтальному, вертикальному напрямках та по похилій з можливістю зміни кута нахилу. Основними технічними характеристиками норії є продуктивність її роботи, висота переміщення робочого матеріалу, ступінь пошкодження і втрат зерна. За показниками швидкості руху ковшів норії класифікують на два типи:

тихохідні (до 1,25 м/с) і швидкохідні (до 4 м/с). У тихохідній норії розвантажування ковшів зазвичай гравітаційне, у швидкохідній – відцентрове.

Норії складаються із замкненого тягового органу – вантажонесучої стрічки або ланцюга, який огинає приводний і натяжний барабани або зірочки, короба конвеєра, приводної головки та черевика. На кільцевій стрічці розміщені ковші на відстані 0,3-0,4 м один від одного, кожен з яких вміщує від 2 до 15 дм^3 ячменю або солоду. Стрічка з ківшами рухається зі швидкістю 4 м/с, а з наповненими зерном ківшами - 2,5 м/с. Ківш зачерпує транспортований матеріал з жолоба і піднімає його вгору, спорожняючи при повороті навколо верхнього ролика. Через випуск сипкий матеріал виходить назовні. Для транспортування солоду застосовують ланцюгові або стрічкові норії з ґратчастим приводом, який необхідний для запобігання сповзання стрічки через налипання вологого матеріалу.

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

До недоліків роботи норії можна віднести те, що нижня частина норії (черевик) ніколи повністю не спорожняється. Це особливо негативно позначається, коли одним і тим же підйомником піднімають різні види сипучих матеріалів. Крім того, якщо проходить збій в електропостачанні, то норія під вагою наповнених ківшів починає рухатисб у зворотний бік. В зв'язку з цим монтують спеціальний блокуючий пристрій.

В кваліфікаційній роботі для транспортування зернопродуктів передбачено використання норії [26].

Контроль кількості солоду і несолодженої сировини у збірники добового запасу і збірниках на одну варку виконують за допомогою автоматичних вагів, оснащених днищем, що відкривається автоматично.

Очищення зернопродуктів. Солод що відлежався, містить залишки паростків, пил, волокна, металевий пил та інші домішки. Для очищення солоду від пилу, сміттєвих, зернових і мінеральних домішок у варильному відділенні передбачено використання повітряно-ситових сепараторів. Для відділення легких домішок (пилу, полови, частинок стебел) крізь потік зерна в повітряно-ситовому сепараторі продувають струмінь очищеного повітря. Дрібні металеві предмети (цвяхи, шматочки сталі, продукти корозії і ін.) видаляються за допомогою сепаратора з постійними магнітами (електромагнітного сепаратора).

Подрібнення зернопродуктів.

Метою подрібнення зернопродуктів є створення найспиряятливіших умов для дії води і ферментів на фракції помелу, прискорення фізико-біохімічних процесів розчинення речовин зернопродуктів та ферментативне перетворення нерозчинних сполук (крохмалю, білків) у розчинні для максимального переходу екстрактивних речовин у сусло під час затирання.

Ступінь подрібнення солоду і несолодженої зернової сировини відіграє важливу роль під час затирання зернопродуктів і фільтрування затору.

Найбільш поширеними є сухе, кондиційоване і мокре подрібнення [20,22].

Сухе подрібнення солоду здійснюють на чотири- і шестивалкових дробарках, обладнаних ефективною аспірацією. Шляхом регулювання щілини між валками отримують помел оптимального складу. Недоліком чотиривалкової дробарки є те, що дрібна крупка виділяється з помелу не в повній мірі і тому піддається повторному подрібненню. Шестивалкова дробарка має високу продуктивність, але її собівартість більша. Дробарка у розрізі зображена на рис. 3.2.

Подрібнений солод — це суміш частинок, які за розміром і зовнішнім виглядом поділяють на 4 фракції: оболонку (лузгу) 15...18 %; крупну 18...22 % і дрібну крупку 30...35 % та борошно 25...35 %. У разі більш тонкого помелу зерна внаслідок сильного ущільнення лузги фільтрування затору у фільтраційному апараті сповільнюється, тому такі затори фільтрують на фільтр-пресах.

Несолоджені зеренопродукти подрібнюють на двовалкових дробарках. У випадку використання фільтр-пресу для подрібнення сировини використовують молоткові дробарки або дезінтегратори (рис. 3.3).

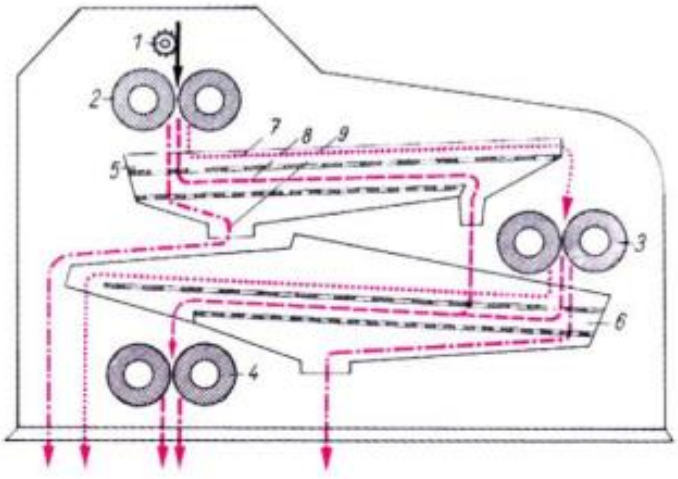

Рисунок 3.2 — **Шестивалкова дробарка**

1 - розподільний вал; 2 - перша пара вальців (для попереднього крупного подрібнення); 3 - друга пара вальців (для відділення м'якинних оболонок); 4 - третя пара вальців (для отримання крупки); 5 - набір верхніх вібросит; 6 - набір нижніх вібросит; 7 - лушпиння з прилиплою крупкою; 8 - крупка; 9 - борошно; 10 – лушпиння

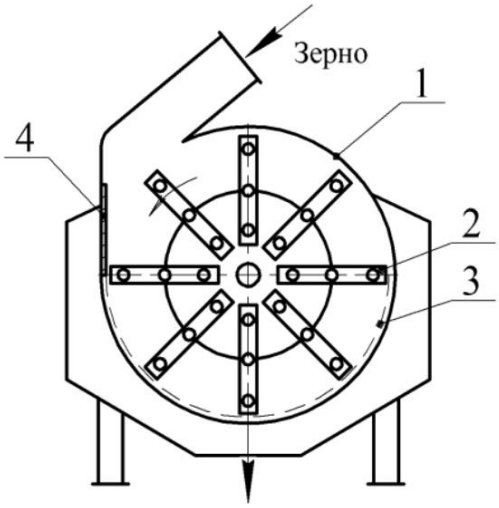

Рисунок 3.3 — **Молоткова дробарка**
1- корпус; 2 – молоток; 3 – сито; 4 - дека

Кондиційоване подрібнення. В бункер дробарки завантажують солод, в якому протягом 60 с зерна зволожуються водою з температурою 50...55 °С. Зволожений солод подається в нижню частину дробарки, де подрібнюється на валках. Через підвищення вологості оболонок зерен до 15...20 % вони стають еластичними і під час подрібнення залишаються цілими.

Мокре подрібнення. Перевагою мокрого подрібнення є те, що оболонки солоду зволожуються водою температурою 30...50 °С до вологості 20...22 %, стають еластичними і не руйнуються. Воду, що стікає донизу, за допомогою насосу

повертають на повторне зволоження солоду. Таким чином процес триває 30...40 хв. При цьому відбувається рівномірне зволоження зерен до вологості 30 %, набухання зерен (їх об'єм збільшуються на 30...40 %) і активація гідролітичних ферментів. Замочене зерно подрібнюють на валках, зазор між якими становить 0,45 мм. Затір отримують легкий і пухкий, а фільтрування протікає швидше.

В технологічній схемі передбачено використання модернізованого фільтраційного апарата, тому для подрібнення солоду обираємо дробарку мокрого подрібнення фірми Штайнеккер (Німеччина). Її перевагами є можливість збереження цілісними оболонки зерна, що містять лігнін, поліфенольні та гіркі речовини, петозани, алкалоїд горденін, дубильні та зольні речовини, які при подрібнення можуть переходити у сусло і погіршувати смак і колір сусла та пива (рис. 3.4). Оптимальною для подрібнення зерна є вологість 6 % і більше, за якої оболонки стають еластичними.

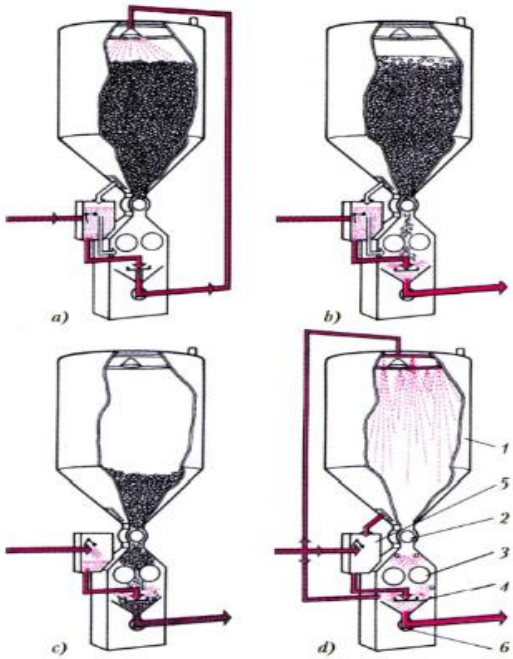

Рисунок 3.4 — **Дробарка мокрого подрібнення**

а)- замочування; б) відкачка замочувальної води; с) затирання; d) промивка (1- бункер для солоду; 2- ролики для живлення; 3- дробильні валки; 4 – заторно-змішувальна камера з зрошувальними форсунками; 5- регулювання подачі води; 6- насос для затору).

Дозуючі валки оснащені індивідуальними приводами з регуляторами частоти. Частотою обертання нижнього дозуючого валка регулюють продуктивність дробарки. Верхній дозуючий валик, незалежно від нижнього, безперервно управляється датчиком рівня. За його допомогою забезпечується тривалість перебування солоду в камері зволоження в залежності від обраного рівня. Під дробильними валками розташована камера змішувача, призначена для змішування подрібненого солоду з водою і отримання однорідної заторної маси - бескомкового затору.

Основні технологічні режими подрібнення варіюються в наступних діапазонах:

- температура води 40-70 °С;
- тривалість зволоження 30-120 с;
- міжвалковий зазор 0,2-1,0 мм.

Затирання зернопродуктів. Першою операцією приготування пивного сусла є отримання затору, яке проводять в заторному апараті змішуванням подрібнених солоду і несолодженої сировини з водою при гідромодулі (1:4)…(1:2,5).

Метою затирання є переведення у розчин максимальної кількості сухих розчинних (екстрактивних) речовин зернопродуктів. Для цього створюють сприятливі умови для дії гідролітичних ферментів (цитолітичних, протеолітичних і амілолітичних). Основними засобами регулювання ферментативних процесів під час затирання є температура, pH середовища і інактивація ферментів шляхом кип'ятіння частини затору.

Існують дві групи способів затирання: інфузійний (настійний) спосіб та декокційні (відварні) способи (одно-, дво- і тривідварні). Настійний спосіб передбачає поступове нагрівання всього об'єму затору з витримкою температурних пауз, необхідних для дії ферментів, до закінчення затирання без кип'ятіння частин затору. При використанні відварних способів температура затору підвищується завдяки кип'ятінню частини затору (відварки) і змішування цієї частини з основною частиною затору [6,20,22].

Настійний спосіб. Цей спосіб застосовують у разі використання високоякісного солоду з високою амілолітичною активністю. При цьому способі вихід екстракту нижчий, ніж при відварних, але в заторі краще зберігаються амілолітичні та протеолітичні ферменти, в суслі міститься більше амінокислот і мальтози, менше декстринів. Спосіб дозволяє зменшити витрати гріючої пари для максимального переведення екстрактивнихречовин у розчин у порівнянні з відварними способами.

Зернопродукти змішують з водою, нагрітою до температури 40...45 °С при працюючій мішалці за гідромодулю 1:4 (цитазна пауза). Протягом наступних 20...30 хв температуру затору підіймають до 50...52 °С (білкова пауза), далі — до температури 63...65 °С з витримкою 10...30 хв (мальтозна пауза) з подальшим нагрівом до температури 70...72 °С і витримкою затору до оцукрення, але не більше 60 хв. Після оцукрення затір підігрівають до температури 76…78 °С і перекачують на фільтрування на фільтраційних апаратах або фільтраційних пресах.

Затирання з відварками застосовують у разі переробки солоду низької якості або приготування затору з використанням несолодженої сировини. Для реалізації відварних способів необхідною умовою є встановлення двох заторних апаратів (заторного і відварного). Для відварювання використовують по можливості найбільш густу частину затору. Для отримання світлого пива затір кип'ятять 10…15 хв, темного пива — 20…30 хв. Використання відварних способів потребує збільшення енерговитрат на 20 % у порівнянні з настійним способом.

Одновідварний спосіб. Спосіб затирання з однією відваркою доцільно використовувати для переробки солоду з високою оцукрювальною здатністю й добре розчиненого солоду. Схема одновідварного способу може бути наступною: початок затирання за температури 35…42 °С; поступове нагрівання до 50 °С (або початок затирання відразу за цієї температури); білкова пауза при температурі 52…53 °С; нагрівання всього затору до 63 °С (мальтозна пауза);

відділення та кип'ятіння відварки — 15…30 хв, потім об'єднання відварки і залишку затору з подальшим підвищенням температури до 72 °С і оцукрюванням (76…78 °С).

Двовідварний спосіб найбільш поширений. Спосіб дозволяє переробляти солод різної якості, змінювати температурний режим залежно від якості солоду та підвищити вихід екстракту. В заторний апарат набирають воду 1/2...1/3 від необхідної для приготування затору, вмикають мішалку, засипають подрібнений солод і додають решту води. Температура затору досягає 50...52 °С. За такої температури його витримують 15...30 хв. Далі у відварний апарат спускають приблизно 1/2...1/3 густої заторної маси, підігрівають її при перемішуванні до температури 63 °С, вимикають мішалку і нагрівання. Тривалість мальтозної паузи 15...30 хв. Потім відвар підігрівають до температури 70 оС при перемішуванні, перекривають подачу пари, зупиняють мішалку та витримують за цієї температури 20...30 хв для оцукрювання. Масу відвару швидко нагрівають до кипіння і кип'ятять 15...30 хв. Цю частину затору називають першим відваром. Далі при працюючих мішалках у заторному та 139 відварному апаратах перший відвар повільно перекачують в основний затір. Після змішування основного затору з першим відваром температуру маси встановлюють у межах 62...63 °С. Затір витримують протягом 10...15 хв. Потім 1/3 густої заторної маси перекачують у відварний апарат, нагрівають до кипіння і кип'ятять від 5 до 20 хв залежно від якості солоду та сорту пива.

Тривалість кип'ятіння відвару збільшують при переробці погано розчинного солоду та приготуванні темного пива. Після кип'ятіння цю частину затору (другий відвар) повільно, при неповному заповненні труби, що з'єднує два заторних апарати, повертають до основної маси. Далі температуру всього затору підвищують до 70 °С і залишають у спокої на 30 хв. У разі неповного оцукрювання витримують паузу за температури 72 °С до повного оцукрення, після чого затір нагрівають до температури 76...77 °С і перекачують на фільтрування.

Тривідварний спосіб з трьома відварками найбільш складний і тривалий (до 5,5 год) і потребує підвищених енерговитрат. Його застосовують у випадку переробки темного солоду або солоду з низькою ферментативною активністю для приготування темних сортів пива. Подрібнений солод і воду змішують так, як і на початку затирання з одним або двома відварами. Температуру води визначають з таким розрахунком, щоб температура затору становила 35...37 °С.

Після ретельного перемішування 1/3 затору (густу частину) відбирають у відварний апарат (перший відвар) і нагрівають до кипіння з паузами: 5...10 хв при температурі 50 °С, 20...30 хв при температурі 63 °С, до оцукрювання при температурі 70 °С. Тривалість кип'ятіння відвару для світлих сортів пива становить 15...20 хв, темних — 30...45 хв. Більш тривале кип'ятіння сприяє поліпшенню оцукрювання затору та посиленню інтенсивності його забарвлення. По закінченні кип'ятіння відвар повільно перекачують у заторний апарат, при цьому температура загальної маси підвищується до температури 52...53 °С. Після витримування затору протягом 15 хв відбирають 1/3 його маси (густа частина) у відварний апарат (другий відвар). Оскільки маса другого відвару складається частково з першої і непрокип'яченої частини основного затору, в яких уже відбулися ферментативні процеси, другий

відвар нагрівають так: спочатку повільно до температури 70 °С для оцукрювання, а потім швидко до кипіння та кип'ятять 15...20 хв. Поверненням другого відвару в заторний апарат температуру загального затору підвищують до 63...68 ºС. Для солоду з більшою тривалістю оцукрювання затір витримують при температурі 63...68 °С протягом 20 хв. За цей час він повністю оцукрюється і досягається необхідне співвідношення між кінцевими та проміжними продуктами гідролізу крохмалю й білків. Метою проведення третього 140 відварювання є підвищення температури всього затору та інактивація ферментів. Тому на третє відварювання необхідно відбирати рідку частину затору, в якій концентрація ферментів вища, ніж у густій. Для цього мішалку заторного апарата вимикають і дають можливість дробині осісти, потім 1/2 рідкої частини спускають у відварний апарат, де швидко доводять її до кипіння й кип'ятять 10...20 хв, а потім повертають у заторний апарат. По закінченні перемішування температуру всього затору встановлюють на рівні 70 °С. Після 30-ти хвилинної витримки перевіряють повноту оцукрювання. При неповному оцукрюванні затір витримують ще при температурі 72 °С, потім нагрівають до температури 76...77 °С і передають його на фільтрування.

За тривідварного способу кип’ятіння зазнає до 75 % всього затору, за двовідварного до 60 % і одновідварного — до 50 %. Основні температурні паузи: 35 °С — температура початку затирання; 50 °С — білкова пауза / розщеплення гумі-речовин; 64 °С — мальтозна пауза; 75 °С — пауза оцукрювання. Залежно від способу затирання і температурних пауз можливо отримати сусло різного складу і, відповідно, різні сорти пива.

Характеристика процесів, які відбуваються на стадії затиранні сировини.

Розщеплення крохмалю відбувається в три етапи:

1) *клейстеризація* — набухання і розрив оболонки зерен крохмалю в теплому водному розчині: на відміну від неклейстеризованого крохмалю у в'язкому розчині вивільнені молекули крохмалю легко піддаються впливу амілаз,;

2) *розрідження* призводить до зниження в'язкості клейстеризованного крохмалю під дією фермента ά-амілази;

3) *оцукрювання* — розщеплення крохмалю до редукуючих цукрів, що зброджуються (найбільше мальтози — до 60 %) під впливом α, β і глюко-амілаз.

Розщеплення β-глюкану. β-глюкан — високомолекулярна речовина, ланцюжки якої пронизують переплетіння білкових речовин, целюлози і геміоцелюлози; має здатність до гелеутворення, завдяки чому збільшується в'язкість сусла і пива. Така в’язкість приводить збільшення втрат і погіршує ефективність фільтрування затору. Тому на виробництві застосовують сорти ячменю з низьким вмістом β-глюкану, а солод — з високим вмістом ендо-β-глюканази має добре розчинний вміст зерна.

Клітинні стінки ендосперму містять в своєму складі більше 75% β-глюкану. Якщо будуть не до кінця зруйновані клітинні стінки, то буде обмежений доступ ферментів до крохмалю і білку, внаслідок чого вихід екстракту при переробці солоду зменшиться.

В прцесі клейстеризації крохмалю на кінчиках зерна додатково звільнюється β-глюкан. Для активації ендо-β-глюканази створюють оптимальну температуру 40-45°С.

Розщеплення білкових речовин. Під час дії ферментів, які розщеплюють білкові речовини, проходить декілька важливих процесів. По перше, під час роботи пептидази, розщеплюються пептидні зв'язки і звільнюється азот із амінокислот. Далі азот потрібен дріжджам для нормальної життєдіяльності. По друге, не менш важливим процесом під час білкової паузи є зниження в'язкості затору. Це відбувається під час дії фермента протеінази. Окрім цього, білкова пауза сприяє збільшенню піностійкості в готовому пиві.

Розщеплення білкових речовин за допомогою ферментів поділяють на два етапи:

1) за температури 45-50°С утворюються низькомолекулярні речовини, в основному, амінокислоти і пептиди;

2) за температури 60-70°С утворюються високомолекулярні речовини, які в подальшому забезпечують піностійкість пива.

Перетворення ліпідів. Під час роботи таких ферментів як ліпази, частина ліпідів, яка знаходиться в солоді, в процесі затирання буде розщеплюватись на гліцерин і жирні кислоти. Одночасно з дією ферментів, відбувається окислювальне розщеплення ненасичених жирних кислот, які згодом негативно впливають на стійкість і смак пива.

В кінці процесу «оцукрювання»крохмалу виконують «йодну пробу» (якісна реакція на крохмаль), для того щоб переконатись у повному його гідролізі.

Для приготування проектованих сортів пива, в рецептуру яких входить несолоджена сировина (рисова січка, ячмінне борошно), використовуємо одновідварний спосіб затирання солоду і несолодженої сировини.

Фільтрування затору — відокремлення сусла від дробини з найменшими втратами екстрактивних речовин. Процес розділення затору на рідку і тверду фази протікає у дві послідовні стадії: фільтрування першого (основного) сусла та промивання дробини для вилужування екстрактивних речовин, які в ній утримуються. Фільтрування затору здійснюють у фільтраційних апаратах або фільтр-пресах [20,22,24,26].

Оптимальний склад фракцій помелу при роботі на фільтраційному апараті (%): оболонки — 15…18, крупна крупка — 18…22, дрібна крупка — 30…35; борошно — 25…35. У разі фільтрування на фільтр-пресі збільшується частка дрібної крупки і борошна за рахунок зменшення частки крупної крупки і оболонок. Для ефективного фільтрування затору у фільтраційному апараті необхідне рівномірне розподілення дробини по всій поверхні сит. Під час промивання дробини для прискорення процесу дифузії дробину перемішують розпушувачем і безперервно зрошують гарячою водою температурою 76...78 °С. Використання води вищої температури призводить до інактивації амілази, сприяє клейстеризації крохмалю, який залишився у кінчиках солодових зерен, і помутнінню сусла. Під час фільтрування затору за вказаної температури відбувається дооцукрювання крохмалю. Пивне сусло і промивні води повинні бути прозорими. Фільтрування сусла у фільтраційному апараті складається з таких операцій: заливка сит водою температурою 76...78 °С і прогрівання апарату (15 хв), перекачування затору (20 хв), формування фільтруючого шару і відстоювання затору (25...30 хв), пропускання кранів і повернення мутного сусла (10 хв),

фільтрування першого сусла (90 хв), промивання дробини до вмісту в ній сухих речовин 0,5 % (120 хв), вивантаження дробини (25 хв). На першій стадії фільтрування затору у фільтраційному апараті отримують 70 % від загальної кількості сусла. Дробину промивають до вмісту сухих речовин у промивній воді 0,5 %.

У разі використання фільтр-пресу солод подрібнюють на молоткових дробарках (отримують солод тонкого помелу). Фільтрування таких заторів відбувається у автоматизованому режимі протягом 100...110 хв. Перше сусло фільтрується протягом 30...35 хв; при цьому отримують 85...90 % від загальної кількості сусла. Друга стадія (промивання дробини водою температурою 76...78 °С) триває 75...90 хв за тиску 0,25...0,28 МПа. Під час промивання періодично перевіряють масову частку сухих речовин у промивній воді. Фільтрування закінчують, коли їх вміст становитиме 0,5...0,7 %. Залишки промивної води видаляють стисненим повітрям, фільтр розбирають, а дробину вивантажують у жолоб для подальшого її транспортування шнеком. Фільтр промивають, серветки миють і висушують. Повний цикл роботи фільтр-преса триває 111 хв.

В сучасних умовах використовують автоматизовані фільтр-преси бельгійської компанії «Meura», які складається із мембранно-камерних модулів і гратчастих поліпропіленових плит (до 60 шт.) розмірами 2×1,8 м (рис. 2.5).

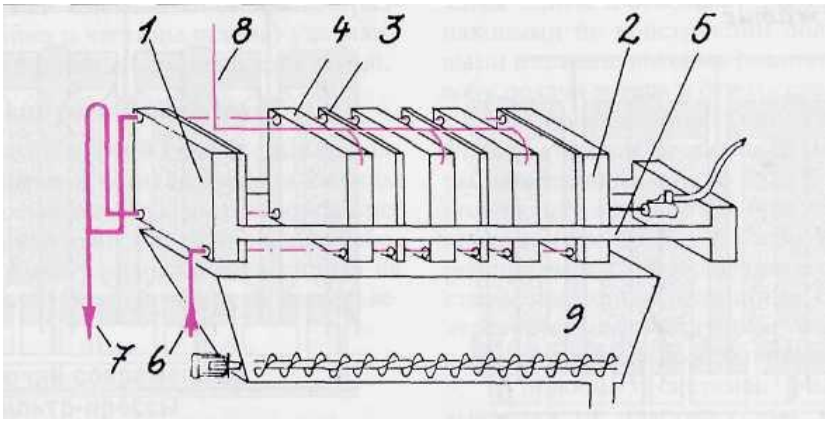

Рисунок 2.5 — **Фільтр-прес Meura 2001**

1 - нерухома торцева плита, 2- рухома торцева плита, 3- гратчаста плита, 4 – модуль, 5 - несуча балка, 6 - подача затору, 7- відведення сусла, 8 - підведення стисненого повітря, 9 - жолоб для дробини з розвантажувальним шнеком

Їх перевагами є скорочення тривалості фільтрування та збільшення завдяки цьому кількості варок на добу від 8 до 12, збільшення виходу екстракту на 0,5...1 %, зменшення вологості дробини від 82...85 до 32...35 % і можливість переробки недостатньо розчиненого солоду.

Основною перевагою роботи фільтр-преса є підвищений вихід екстракту і можливість проведення 12 варок на добу. *До недоліків* його роботи відносять погіршення смаку і кольору сусла та пива завдяки екстрагуванню із подрібнених оболонок зерна лігніну, поліфенольних, гірких, дубильних, зольних речовин, петозанів, алкалоїду горденіну, а також висока трудомісткість процесів

розбирання, розвантаження, та подальшої збірки обладнання для наступного фільтрування.

Перевагою фільтраційних апаратів є підвищення якості пивного сусла: седиментація твердих завислих частинок відбувається природньо, без зовнішнього втручання. Важкі частинки (оболонки з залишком ендосперму, крупка, помутніння) швидко осідають на дно і утворюють щільний фільтруючий шар. Над ним осідають легкі частинки, оболонки, нерозчинні частинки ендосперму, залишки плівок із алейронового шару, високомолекулярні білки. Цей шар більше щільніший. Над ним осідають тільки тонкі суспензії, які складаються із коагульованих білків. *До недоліків* їх роботи відносять подовжену тривалість процесу фільтрування і скорочення кількості варок до 8-10 на добу.

Нове покоління високопродуктивних фільтраційних апаратів компаній «Steinecker», «Huppmann», «Ziemann» мають сучасну конструкцію. Вони оснащені автоматизованою системою для керування процесом, що забезпечує технологічні вимоги щодо розділення затору на прозоре сусло і дробину і дозволяє знизити до мінімуму втрати на експлуатацію та їх технічне обслуговування (рис. 3.6).

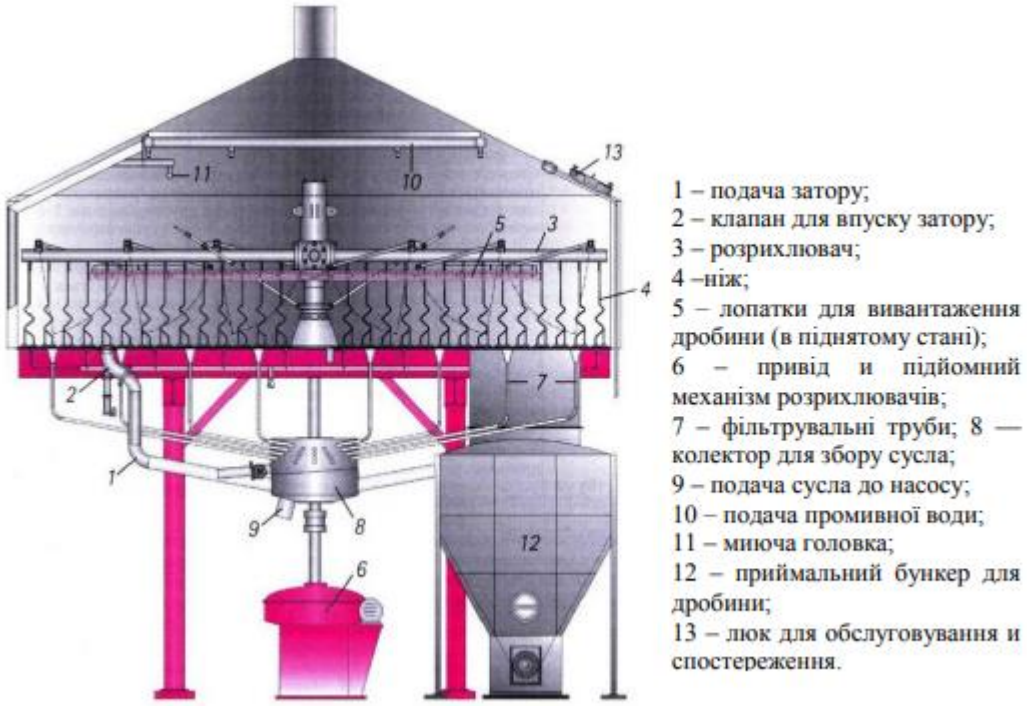

Рисунок 3.6. — **Фільтраційний апарат «Ziemann»**

На першій фазі фільтрування затір перекачують у фільтраційний апарат, в якому він відстоюється для формування фільтруючого шару висотою 30-40 см. Потім починають фільтрування, причому перше каламутне сусло повертають у фільтраційний апарат. Після закінчення фільтрування затору дробину промивають температурою води 76-78 °С до вмісту сухих речовин у промивній воді 0,5 %. Подальше вимивання екстракту економічно недоцільно, оскільки

веде до вилуговування речовин, які погіршують смак сусла і пива. При цьому підвищуються енерговитрати на випаровування надлишкової води у сусловарильному апараті.

Перед подачею затору спочатку під сита подають воду температурою 76-78 °С таким чином, щоб над ними утворився шар води висотою 2,5 см (заливка сит). Щоб знизити навантаження на сито і зробити розподіл густої фракції затору рівномірним, під час перекачування затору включають розпушувач.

Для утворення фільтруючого шару затір залишають у спокої на 25-30 хв. Щоб не порушити його цілісність (не «прорвати» його), швидкість обертання розпушувальних елементів (ножів) повинна бути мінімальною. Після закінчення фільтрування для запобігання втратам екстрактивних речовин дробину промивають.

Процеси, які відбуваються на стадії фільтрування сусла

З пониженням концентрації сусла його pH зростає від 5,7 до 6,2. Це призводить до збільшення розчинення кремнієвої кислоти, поліфенольних, дубильних, гірких та інших речовин оболонок зернопродуктів. В результаті підвищується кольорність сусла, погіршуються його смакові показники.

На швидкість фільтрування впливає температура, яка не повинна перевищувати 78 °С для запобігання інактивації ферменту α-амілази, під дією якої відбувається дооцукрювання крохмалю. Крім того, висока температура сприяє підвищенню розчинності продуктів гідролізу білку, поліфенольних речовин, що впливає на стійкість пива. В лужній воді легко розчиняються дубильні та гіркі речовини. Але при довготривалому екстрагуванні вода вилужує із оболонок речовини, які погіршують смак пива.

Окислення сусла можливо запобігти шляхом виключення потрапляння повітря під час перекачування сусла із фільтраційного апарата в проміжний збірник сусла або в сусловарильний апарат. Вміст кисню в суслі не повинний перевищувати 0,1 мг/дм^3. Прозорість сусла повинна гарантувати протягом всього процесу фільтрування. Вільні вищі жирні кислоти при правильному проведенні фільтрування затримуються фільтруючим шаром дробини. Їх перехід в сусло можливий при окисленні сусла киснем, в результаті якого можуть утворюватись гідроксикислоти, гідропероксиди та інші сполуки, які негативно впливають на стабільність і смак готового пива.

На якість фільтрату впливають спосіб подрібнення солоду, розміри отворів сітчастого днища (не більше 0,8 мм), товщина шару дробини і швидкість фільтрування. Суттєво впливає швидкість фільтрування, конструкція і спосіб управління розпушувачем. У сучасних фільтраційних апаратах вміст твердих частин не перебільшує 50 мг/дм^3 (при середній мутності сусла менше 20 од. ЄВС), тоді як у класичних апаратах їх концентрація може досягати 80-150 мг/дм^3.

З метою виключення недоліків, притаманних для типових фільтраційних апаратів, збільшення потужності варильного відділення та підвищення якісних показників пивного сусла в квадіфікаційній роботі передбачено використання модернізованого фільтраційного апарата з боковим відведенням сусла із верхніх шарів через додатково встановлений фільтрувальний блок (рис. 3.7).

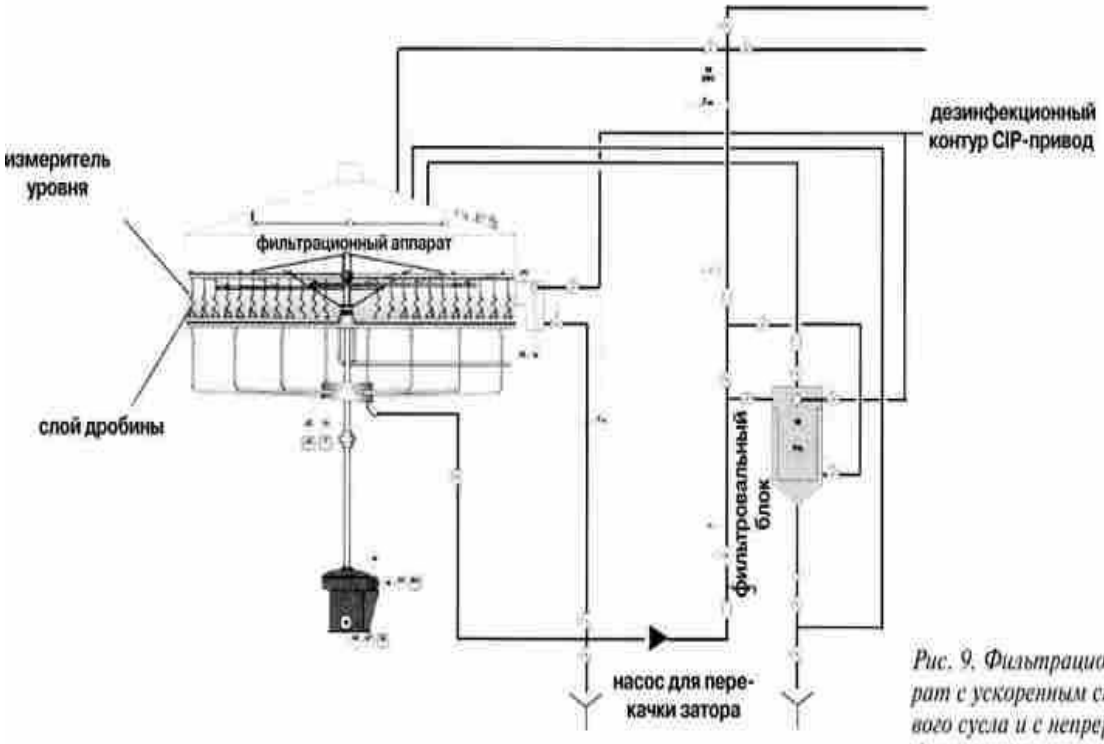

Рис. 9. Фильтрационный аппарат с ускоренным снятием первого сусла и с непрерывным фильтрованием сусла

Рисунок 3.7 — **Модернізований фільтраційний апарат з боковим відведенням сусла із верхніх шарів через додатковий фільтрувальний блок**

Технічне рішення дозволяє збільшити потужність фільтраційного обладнання, скоротити час процесу фільтрування затору без погіршення якості пивного сусла Запропонований спосіб також доцільно використовувати для фільтрування високощільного сусла, яке має високу концентрації сухих речовин. Завдяки відведенню більше прозорого сусла із верхніх шарів і одночасному фільтруванні сусла через шар оболонок зерна дробина ущільнюється повільніше, зменшується вміст твердих частин у суслі і навантаження на сита, внаслідок чого скорочується тривалість роботи розпушувача, відпадає необхідність глибокого прорізання дробини, що запобігає попаданню частинок зависі у сусло. Відведення першого сусла із верхніх шарів здійснюють в боковій частині фільтраційного апарата за допомогою спеціального пристрою, який автоматично підтримує заданий рівень у апараті. Коли у фільтраційному модулі утворюється шар з високим опором, відбувається автоматичне очищення сита з подальшою його промивкою. Промивну воду повертають у фільтраційний апарат для запобігання втрат екстракту. Зазвичай при високому вмісті сухих речовин у охмеленому суслі накопичується значна кількість жирних кислот, але при впровадженні запропонованого способу їх не було виявлено [20,22].

Перспективними напрямками інтенсифікації процесу фільтрування пивних заторів є мультифункціональне управління фільтруванням, використання «подвійного днища» і ножів нової конструкції.

Кип’ятіння сусла з хмелем. Під час кип’ятіння сусла з хмелем відбуваються упарювання сусла до заданої концентрації, екстрагування із хмелю гірких кислот і ароматичних речовин, ізомеризація гірких кислот хмелю, інактивація ферментів,

коагуляція білків, екстрагування і коагуляція поліфенолів, стерилізація сусла, видалення небажаних ароматичних речовин і диметилсульфіду (ДМС) та ін.

Метою кип'ятіння сусла є охмелення пивного сусла і стабілізація його складу. Процес відбувається в сучасних сусловарильних апаратах, виготовлених із міді або нержавіючої сталі. Охмелене сусло — складна полідисперсна система. У суслі знаходяться різного ступеню дисперсності колоїди, суспензії, емульсії та розчинені речовини. В екстраткті 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 (мінеральні речовини) 1,5...2. Із вуглеводів у суслі в незначних кількостях містяться гумі-речовини (0,2 %), інозит, ефірне хмелеве масло, хмелеві гіркі кислоти, смоли, дубильні речовини. Із азотовмісних сполук у суслі ідентифіковані альбумози та пентози, амінокислоти, аміди, аміачний азот. Значна частина азоту сусла (45...50 %) засвоюється дріжджами.

До основних показників якості сусла відносяться: колір, вміст екстракту, ізомеризованих сполук, азоту, що коагулюється (свідчить про ступінь осадження білків), амінного азоту (свідчить про кількість амінокислот, від яких залежить процес бродіння), число тіобарбітурової кислоти (свідчить про ступінь термічного навантаження на сусло, що впливає на вміст карбонільних речовин), концентрація ДМС, pH, йодне число і кінцевий ступінь зброджування.

Сусло кип'ятять з хмелем у сусловарильному апараті з такою інтенсивністю, щоб кількість води, що випаровується, становила не менше 5...6 % за 1 год. Тривалість кип'ятіння за атмосферного тиску класичним способом становить 1,5...2 год [6,20,22].

Охмелення сусла здійснюють шляхом його безперервної циркуляції спочатку через збірник з гірким хмелем, а за 15 хв до закінчення процесу кип'ятіння через збірник з ароматичним хмелем і повернення сусла у верхню частину сусловарильного апарату. Для цього використовують кращі сорти хмелю з високим вмістом α-кислоти (12…14 %): Цитра, Магнум, Нагет, Клон 18, Злато Полісся, Заграва, Слов'янка, Поліський, Промінь, Гайдамацький, Кумир, Альта та ін.

Для охмелення сусла можуть використовуватись хмелепродукти (CO_2- або спиртові екстракти). Закінчення процесу кип'ятіння визначають за масовою часткою сухих речовин у суслі, наявністю в ньому великих пластівців коагульованих білків і оцінюванням прозорості сусла у гарячому стані. Масову частку сухих речовин визначають в охолодженій пробі цукроміром. Під час кип'ятіння pH сусла зазвичай знижується на 0,1…0,2 од. (від 5,5…5,6 до 5,4…5,5).

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 і утворення ізо-α-кислоти.

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

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 видаляти до досягненя заданої концентрації сухих речовин у початковому суслі.

4. *Стерилізація сусла.* Під дією високих температурах кипятіння відбувається стерилізація пивного сусла.

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

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

7. *Підвищення кислотності сусла.* Активна кислотність сусла зростає від 5,1…5,2 до 5,6…5,7.

8. *Видалення ДМС і небажаних ароматичних летких речовин.* Концентрація ДМС у суслі і пиві зменшується від 300 до 60 мкг/дм^3.

9. *Екстрагування та ізомеризація гірких речовин хмелю*. Гіркі α-кислоти (гумулон, когумулон і адгумулон) під час кип'ятіння ізомеризуються, перетворюючись в ізогумулон, ізокогумулон та ізоадгумулон, які мають гіркий смак і підвищену розчинність у воді. Саме ці кослоти надають гіркоти суслу і пиву (в більшій мірі: 85-90 % гіркоти надає ізогумулон). Гіркі β-кислоти не ізомеризуються і екстрагуються із хмелю в невеликих кількостях.

Для кип'ятіння сусла використовують сучасні сусловарильні апарати з виносним або внутрішнім кип'ятильником (перколятором), оснащені паровою сорочкою і подвійними відбивним екраном (рис. 3.8).

Внутрішній кип'ятильник (перколятор) являє собою кожухотрубний теплообмінник *(рис. 3.9),* розміщений всередині сусловарильного апарата. 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 кнденсат виводится через патрубок ***7***. У верхньому конусі ***5*** рух сусла, що кипить, прискорюється, сусло розбризкується за допомогою розподільного екрана ***4***, який сприяє ефективному випаровуванню надлишкової вологи із тонкої плівки, забезпечуючи при цьому рівномірну концентрацію і температуру у всьому об'ємі сусловарильного апарата.

Охмелення сусла здійснюють за атмосферного або низького надлишкового тиску (0,108…0,121 МПа) за температури 104…106 °С. З підвищенням тиску зростає температура, що сприяє прискоренню та повноті екстрагування гірких речовин хмелю, коагуляції білка та інтенсифікації інших процесів.

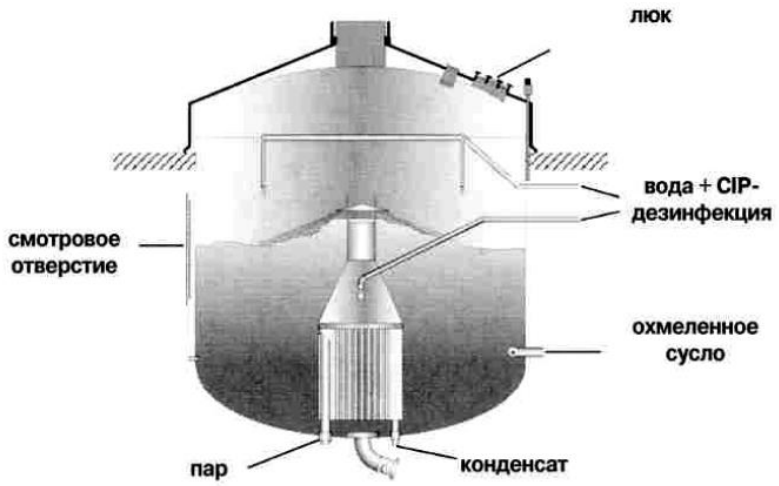

Рисунок 3.8 — **Сусловарильний апарат з внутрішнім перколятором**

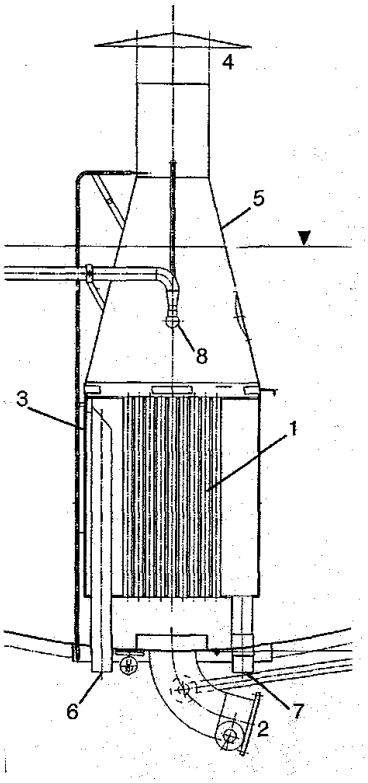

Рисунок 3.9 — **Конструкція внутрішнього перколятора**

При цьому час кип’ятіння скорочується до 60…70 хв, що призводить до зменшення енерговитрат і вмісу у суслі вільного ДМС більше ніж на 90 % (до 25…40 мкг/дм^3). Спосіб динамічного кип'ятіння сусла з хмелем розроблено німецькою фірмою Huppmann *(м. Кітцінген).*

Загальний час кип'ятіння сусла за низького надлишкового тиску може бути розділено на три фази:

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

Основна фаза кип'ятіння за низького надлишкового тиску 0,15-0,25 бар при температурі 104-106 °С протягом 40-45 хв. Під час цієї фази в котлі досягається тиск 0,20-0,25 бар протягом 3-5 хв, відразу після досягнення заданого тиску відбувається його скидання протягом 3-5 хвилин до значення 0,1 бар. Після зниженні тиску температура кип'ятіння зменшується, і за рахунок енергії, що вивільняється, утворюються бульбашки пари (вторинна пара) у всьому обсязі рідини. Це забезпечує велику площу контакту пари і рідини і призводить до оптимального стріпінгу летких ароматичних речовин, зокрема вільного ДМС. Завдяки високій температурі досягається швидший обмін речовин, з кожним скиданням тиску небажані ароматичні речовини видаляються більш ефективно завдяки лопанню бульбашок. Крім того, за рахунок скорочення тривалості кип'ятіння ті подачі пари зменшується термічне навантаження на сусло, що покращує смак і аромат готового продукту.

— остання фаза кип'ятіння відбувається за атмосферному тиску протягом 5 хв. для досягнення необхідного значення відсотка випаровування сусла. Таким чином проводять до 25 періодів зміни тиску і температури сусла, що забезпечує суттєве підвищення інтенсивності та глибини випаровування летких речовин, оскільки відбувається активне кипіння з утворенням у суслі бульбашок пари і їх дуже швидке піднімання на поверхню.

В кваліфікаційній роботі передбачено використання динамічного способу кип’ятіння сусла за низького надлишкового тиску в сусловарильному апараті з внутрішнім перколятором і подвійним відбивним екраном конструкції Steinecker.

Освітлення охмеленого сусла. Суспензії гарячого сусла за якісним складом представляють переважно скоагульовані в процесі кип'ятіння білки, які перейшли з розчинної в нерозчинну форму, та гіркі хмелеві речовини. Ці суспензії досить великі — їх розмір становлять 20…80 мкм. Необхідність їх видалення із сусла визначається тим, що вони забруднюють бродильні апарати, блокують дріжджові клітини під час бродіння, надають пиву неприємну грубу гіркоту, містять жирні кислоти солоду та сприяють втратам з білковим відстоєм. Зазвичай вміст гарячих суспензій білкового відстою в процесі освітлення зменшують від 6000…8000 до 100 мг/дм^3.

Для освітлення сусла на пивоварних заводах найчастіше використовують гідроциклонні апарати — циліндричний резервуар з невеликим конусом посередині або з похилим днищем. Гаряче сусло подається в апарат у вигляді струменя тангенційно і з відносно великою швидкістю (15…20 м/с), внаслідок чого воно набуває обертового руху, і під дією доцентрової сили зважені частинки осідають на дно апарата і видаляються у вигляді білкового осаду.

Для освітлення сусла від білкового осаду в технологічній схемі передбачено використання *гідроциклонного апарата «Вірпул», який* представляє собою посудину циліндричної форми з конічною кришкою і плоским похилим днищем. На обичайці корпусу на відстані 900 мм від днища приварений вхідний патрубок для тангенційної подачі сусла.

Для збільшення швидкості потоку патрубок виконаний у вигляді завуженого сопла, яке роташоване під кутом 30° до дотичної обичайки корпусу. Струмінь потоку спрямовується тангенційно, тому всередині апарату відбувається обертання

сусла. Під дією доцентрової сили зважені частинки збираються в центрі днища, утворюючи осадовий конус. Після освітлення сусла (приблизно через 20 хв) починають його відкачку насосом, відкриваючи спочатку крани патрубка на рівні сусла. Після освітлення сусло охолоджують до початкової температиури бродіння.

Охолодження сусла. Пивні дріжджі не витримують температури, вищої за 40 °С, тому перед бродінням сусла його охолоджують до початкової температури бродіння залежно від властивостей застосованих пивних дріжджів. У разі використання дріжджів низового бродіння періодичним способом сусло охолоджують до температури 5...6 °С, а для дріжджів верхового бродіння — до 14...16 °С. У разі використання суміщеного способу бродіння і доброджування в одному циліндрично-конічному бродильному апараті – ЦКБА сусло охолоджують до температури 9-12 °С.

Сусло із гідроциклонного апарату виводиться з температурою 90...92 °С і відразу надходить у двосекційний пластинчатий теплообмінник на охолодження. Для охолодження сусла від 95 до 60 °С в першій секції теплообмінника використовують льодяну воду або розсіл з температурою 1 °С. Для охолодження сусла до початкової температури бродіння в другій секції використовують холодоносії, які мають низькі температури замерзання (наприклад, етиленгліколь, пропіленгліколь та ін.).

3.3 Опис апаратурно-технологічної схеми

Солод і несолоджена сировина норією 1 подаються на шнековий транспортер 2, з якого через автоматичні ваги світлий солод надходить в бункер добового запасу 3, темний — в бункер добового запасу 4, карамельний — в бункер доового запасу 5, а несолоджена сировина в бункер 6. Далі солод очищують від зернових, сміттєвих домішок і пилу в повітряно-ситовому сепараторі 7, а від металевих домішок в магнітному сепараторі 8. Несолоджена сировина (ячмінне борошно) одразу подається в магнітний сепаратор 7. 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 відбувається в дробарці мокрого подрібнення 12, в яку подається холодна і гаряча вода із напірних збірників води через змішувач. Несолоджена сировина подрібнюється в двовальцевій дробарці 13 сухого подрібнення. Далі подрібнений ячмінь подають в передзаторний апарат 14, в який подають гарячу воду із напірного 27 і збірника промивної води 21, і суміш перекачують в заторний апарат 16 відцентровим заторним насосом 15 знизу.

В заторний апарат 16 перекачують і подрібнений зволожений солод із передзаторного апарата 14. Затирання здійснють одновідварним способом. Для цього ¼ густої маси затору після білкової паузи відцентровим насосом 15 перекачують в другий заторний апарат (відварний). Після нагрівання затору до температури 76-78 °С для дооцукрення крохмалю і закінчення процесу затирання солоду і зернопродуктів заторну масу насосом 15 перекачують у фільтраційний апарат 17. Перше мутне сусло, одержане на початку фільтрування, повертають у фільтраційний апарат, а прозоре сусло подають в проміжний збірник сусла 20.

Для інтенсифікації процесу фільтрування і скорочення його тривалості після осідання домішок і утворення фільтруючого шару у фільтраційному апараті 17 прозоре сусло із верхніх шарів подають у фільтраційний блок 19, оснащеного ситом. Фільтроване сусло після фільтраційного блоку 19 об’єднують із основним суслом і подають в збірник 20. Для запобігання втрат екстрактивних речовин після закінчення процесу фільтрування сусла промивають дробину.

Після промивання дробину із фільтраційного апарату 17 подають в збірник дробини 18, а промивну воду в збірник промивної води 21, в якому вода підігрівається до температури 70 ºС і відцентровим насосом 15 подається в передзаторний апарат 14.

Гранульований хміль задають зі складу в збірники гіркого та ароматичного хмелю 23, через які безперервно і почергово циркулює сусло із сусловарильного апарату 22. Останній обладнаний внутрішнім кип'ятильником (перколятором). Динамічне кип’ятіння сусла у сусловарильному апараті 22 здійснюють за низького надлишкового тиску за температуріи104…106 ºС протягом 60 хв. Після закінчення кип’ятіння охмелене гаряче сусло відцентровим насосом 24 перекачують на освітлення від білкового осаду.

Для освітлення сусло тангеційно подають у гідроциклонний аппарат 25 «Вірпул», в якому видаляється білковий осад. Освітлене сусло далі перекачується насосом 24 у двосекційний пластинчатий теплообмінник 26 на охолодження до температури бродіння (9-12º С). Далі охолоджене пивне (початкове) сусло перекачують в цех ферментації на бродіння і доброджування.

4 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ, СИРОВИНИ, ОСНОВНИХ ТА ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

4.1 Характеристика проєктованої продукції

Рецептура проектованих сортів пива наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Рецептура проєктованих сортів пива

Сорт пива	Сировина						
	Солод світлий, %	Солод темний, %	Солод карамельний, %	Ячмінне борошно, %	Рисова січка, %	Хміль гран. гіркий, г/дал	Хміль аромат. г/дал
Поліське світле (11,0 %)	85	-	-	15	-	26,78	4,23
Коростенське світле (12,0 %)	90	-	-	-	10	66,61	1,93
Коростенське темне (14,0 %)	50	40	10	-	-	9,5	5,51

В табл. 4.2 наведені органолептичні показники проектованих сортів пива

Таблиця 4.2

Органолептичні показники проектованих сортів пива

Показники	Поліське світле 11,0 %	Коростенське світле 12,0 %	Коростенське темне 14,0 %
	Фільтроване		
Зовнішній вигляд	Пініста прозора рідина, без сторонніх домішок і осаду		
Показники	Поліське світле 11,0 %	Коростенське світле 12,0 %	Коростенське темне 14,0 %
	Фільтроване		
Зовнішній вигляд	Прозора пініста рідина, без осаду і сторонніх включень		
Смак	Смак з гіркотою, відповідний сорту пива, спостерігається солодовий і хмельовий прикус	Відрізняється своїм унікальним м'яким солодкуватим смаком із слабко вираженою хмелевою гіркотою	Солодовий смак з яскраво вираженим карамельним смаком, з приємною гіркотою

Закінчення табл. 4.2

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.
Смак	Солодовий і хмельовий смак з гіркотою, відповідний сорту пива	Пиво з унікальним м'яким солодкуватим смаком із слабко вираженою хмелевою гіркотою	Повний солодовий смак з яскраво вираженим карамельним смаком і приємною гіркотою
Аромат	Аромат, який відповідає 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 повинні відповідати нормативним згідно ДСТУ 3888-15 і наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Фізико-хімічні показники проектованих сортів пива

Показник	**Сорт пива**		
	Поліське світле (11,0 %)	Коростенське світле (12,0 %)	Коростенське темне (14,0 %)
Масова частка СР у початковому суслі, %	11,0	12,0	14,0
Масова частка спирту, не менше, %	2,8	2,8	3,8
Кислотність, $см^3$ розчину гідроксиду натрію концентрацією 1 моль/$дм^3$ на 100 $см^3$ пива	1,3 – 2,8	1,3 – 2,8	2,1 – 3,5
Колір, $см^3$ розчину йоду концентрацією 0,1 моль/$дм^3$ на 100 $см^3$ води	0,4 – 1,8	0,4 – 1,8	4,0 – 8,0

Закінчення табл. 4.3

Масова частка діоксиду вуглецю, не менше, %	0,30	0,30	0,32	
Стійкість, не менше, діб, не менше	*Фільтроване*		*Нефільтроване*	
	пастеризоване	непастеризоване	освітлене	неосвітлене
Поліське світле 11,0 %	90	7	5	5
Коростенське світле 12,0 %	90	7	7	7
Коростенське темне 14,0 %	30	8	5	3

В табл. 4.4 наведені мікробіологічні показники проєктованих сортів пива.

Таблиця 4.4

Мікробіологічні показники пива [17]

Назва показника	**Норма**				**Метод випробу-вання**
	непастеризоване			***Пастеризо-ване***	
	пиво в пляшках з масовою часткою сухих речовин, %		пиво розливне фільтроване та нефільтроване	пиво в пляшках, металевих банках та інших видах тари	
	5-11,5	12-20			
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), БГКП	не допускаються в 3 $см^3$	не допускаються в 10 $см^3$	не допускаються в 1 $см^3$	не допускаються в 10 $см^3$	згідно нормативної документації
Кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних м.о., не більше ніж КУО/$см^3$	—	—	—	$5*10^2$	згідно нормативної документації
Патогенні мікроорганізми, у тому числі бактерії роду Сальмонела	не допускаються в 25 $см^3$	не допускаються в 25 $см^3$	не допускаються в 25 $см^3$	не допускаються в 25 $см^3$	згідно нормативної документації

В табл. 4.5 наведені вимоги щодо вмісту токсичних елементів у пиві.

Таблиця 4.5

Вміст токсичних елементів у пиві [7]

Назва токсичного елементу	**Допустимі рівні, не більше, мг/кг**	**Метод випробування**
Ртуть	0,005	Згідно нормативної документації
Залізо	15,0	Згідно нормативної документації
Миш'як	0,2	Згідно нормативної документації
Мідь	5,0	Згідно нормативної документації
Свинець	0,3	Згідно нормативної документації
Кадмій	0,03	Згідно нормативної документації
Цинк	10,0	Згідно нормативної документації

4.2 Характеристика сировини

Основна сировина для виробництва пива є солод (світлий, темний, карамельний), ячмінне борошно, рисова січка, хміль, вода і дріжджі. Основна сировина і допоміжні матеріали повинні відповідати вимогам нормативно-технічної документації.

В табл. 4.6-4.9 наведено органолептичні та фізико-хімічні показники сортів солоду, які відповідають вимогам ДСТУ 4282:2018 «Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови»

Таблиця 4.6

Органолептичні показники світлого ячмінного солоду [11]

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 4.7

Фізико-хімічні показники світлого солоду

Назва показника	Норма для типів солоду		
	Світлого		
	Високої якості	І класу	ІІ 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 -склоподібних, не більше -темних, не більше	 90,0 2,0 не дозволено	 85,0 4,0 не дозволено	 80,0 8,0 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

Закінчення табл. 4.7

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 °С	1,45 – 1,54	1,55 – 1,60	1,61 – 1,78

Для виробництва карамельного солоду використовують високобілковий ячмінь (із вмістом білку 12...16 %). Показники якості карамельного солоду згідно ДСТУ 4282:2018 наведені в табл. 4.8.

Таблиця 4.8

Органолептичні показники карамельного солоду [11]

Показник	Характеристика
Зовнішній вигляд	Однорідна зернова маса, яка не містить плісневілих зерен і зернових шкідників.
Колір	Від світло-жовтого до буруватого з глянцевим 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.

В залежності від температури і тривалості термічної обробки отримують різний за кольором і ароматом карамельний солод. Для отримання світлого карамельного солоду термічну обробку проводять за температури 120 °С протягом 3 год, середньої кольоровості — 130...150 °С протягом 2,5 год, а темного (який використовують для приготування тільки темних сортів пива) — 150...170 °С протягом 4 год.

Оптимальна температура термічної обробки карамельного солоду становить 130...140 °С. Фізико-хімічні показники карамельного солоду наведені в табл. 4.9.

Таблиця 4.9

Фізико-хімічні показники карамельного солоду [11]

Назва показника	**Норма для солоду**	
	1 клас	**2 клас**
Масова частка вологи, %, не більше	6,0	6,0
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 табл. 4.10 наведені вимоги ДСТУ 3769-98, яким повинний відповідати ячмінь пивоварний за своїми органолептичними і фізико-хімічними показник

Таблиця 4.10

Органолептичні та фізико-хімічні показники ячменю [16]

№ з/п	**Показники**	**Вимоги до зерна ячменю, яке використовують в пивоварінні**	
		1 класу	**2 класу**
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

Закінчення табл. 4.10

11.	Зіпсовані зерна	У границях норми загального вмісту смітної домішки	
12.	Вівсюг	У границях норми загального вмісту смітної домішки	
13.	Кукіль	0,3	0,3
14.	фузаріозні зерна	Не допускається	
15.	шкідлива домішка	0,2	0,2
16.	у 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.	датність 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 4.11-4.12 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 питна вода.

Таблиця 4.11

Органолептичні показники питної води [5,9]

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

Таблиця 4.12

Фізико-хімічні показники питної води [5,9]

Назва показника	Норматив	Метод випробовування
Водневий показник, pH	6,0-9,0	Вимірюється pH-метром будь-якої моделі зі скляним електродом з похибкою вимірювань не більше 0,1 pH
Залізо, мг/дм^3, не більше	0,3	Згідно нормативної документації
Загальна жорсткість,$мг \cdot екв/дм^3$, 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 табл. 4.13-4.14 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 4.13

Мікробіологічні показники води

№ з/п	Показники	Норма
1.	Число мікроорганізмів в 1см^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 4.14

Токсикологічні показники води

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

В табл. 4.15 наведені вимоги ДСТУ 4099-02 «Хміль гранульований. Технічні умови». Фізико-хімічні показники використаного хмелю повинні відповідати нормативним.

Таблиця 4.15

Фізико-хімічні показники хмелю гранульованого [13,14,!5]

№ з/п	Показники	Норма
1.	Кондуктометричний показник гіркоти (масова частка альфа-кислот), % у сухій речовині, не менше	10-14
2.	Масова частка хмельових домішок, %, не більше	0,5
3.	Масова частка води, %, не більше	12,0
4.	Масова частка сірчистого ангідриду, % у сухій речовині	0,5
5.	Масова частка золи, % у сухій речовині, не більше	0,6
6.	Вміст не хмельових домішок	Не дозволено
7.	Наявність плісняви	Не дозволено
8.	Масова частка токсичних елементів, мг/кг, не більше - свинець - кадмій - ртуть - миш'як	 10, 0 0, 5 0, 1 0, 5

В табл. 4.16 наведені вимоги ДСТУ 7067:2009 «Хміль. Технічні умови». Фізико-хімічні показники використаного гіркого хмелю повинні відповідати нормативним.

Таблиця 4.16

Показники якості хмелю гіркого [15]

Колір	Вміст α-к-ти в перерахунку на абс. СР, % не менше	Вміст вологи, % не більше	Вміст хмельових домішок, % не більше	Вміст насіння, % не більше
Зелений, жовто-зелений, жовтий з коричневими плямами, бурий	2,5	3,5	5,0	4,0

В табл. 4.17 наведені вимоги ДСТУ 7067:2009 «Хміль. Технічні умови». Фізико-хімічні показники використаного ароматичного хмелю повинні відповідати нормативним.

Таблиця 4.17

Показники якості хмелю ароматичного [14]

№ з/п	**Показники**	**Норма**
1.	Кондуктометричний показник гіркоти (масова частка альфа-кислот), % у сухій речовині, не менше	10-14
2.	Масова частка хмельових домішок, %, не більше	0,5
3.	Масова частка води, %, не більше	12,0
4.	Масова частка сірчистого ангідриду, % у сухій речовині	0,5
5.	Масова частка золи, % у сухій речовині, не більше	0,6
6.	Вміст не хмельових домішок	Не дозволено
7.	Наявність плісняви	Не дозволено
8.	Масова частка токсичних елементів, мг/кг, не більше - свинець - кадмій - ртуть - миш'як	 10, 0 0, 5 0, 1 0, 5

В табл. 4.18 наведені вимоги ГОСТ 6292-93 «Крупа рисова. Технічні умови», яким органолептичні і фізико-хімічні властивості рисової січки повинні відповідати.

Рисова січка – дроблений рис. Переробка рису в крупу складається з колотих, додатково відшліфованих ядер рису 1, 2, 3, 4 типів, розміром 2 /3 цілого ядра, які не проходять через сито з отворами діаметром 1,5 мм.

Таблиця 4.18

Органолептичні і фізико - хімічні показники рисової січки [10]

Показник	Характеристика і норма
Колір	Білий з різними відтінками
Запах	Властивий рисовій крупі без сторонніх запахів, не затхлий, не пліснявий
Смак	Властивий рисовій крупі без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий
Вологість, %, не більше	15,5
Смітна домішка, %, не більше - мінеральна домішка - органічна домішка	0,8 0,10 0,05
Зараженість шкідниками хлібних запасів	Не допускається
Металомагнітна домішка, мг на 1 кг, не більше	3

4.3 Характеристика основних і допоміжних матеріалів

До допоміжних матеріалів відноситься молочна кислота, яка повинна відповідати вимогам ДСТУ 4621:2006 «Кислота молочна харчова. Загальні технічні умови» [12]. Характеристика молочної кислоти наведена в табл. 2418 -4.19.

Таблиця 4.19

Фізико-хімічні показники кислоти молочної харчової [12]

Назва показника	Характеристика
Масова частка загальної молочної кислоти, %, не менше	40±1
Масова частка ангідридів, %, не більше	2,5
Колірність, градуси, не більше	6,5
Масова частка золи, %, не більше	0,6
Масова частка заліза, %, не більше	0,007
Масова частка сульфатів, %, не більше	0,3
Масова частка хлоридів, %, не більше	0,1
Масова частка редукувальних речовин, %, не більше	1,0

Таблиця 4.20

Токсикологічні показники кислоти молочної харчової

Назва токсичного елемента	Допустимі рівні, мг/дм^3, не більше
Свинець	5,0
Кадмій	0,5
Ртуть	0,1
Миш'як	1,0

5 ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

5.1 Вихідні дані до технологічних розрахунків

Для проектування було обрано варильне відділення пивоварного заводу потужністю 12 млн дал пива на рік.

Асортимент товарної продукції включає наступні сорти пива:

Пиво «Поліське світле» 11 % - готується із 85 % світлого солоду і 15% ячмінного борошна.

Пиво «Кростенське світле» 12 % - готується з 90 % світлого солоду і 10 % рисової січки.

Пиво «Коростеньке темне» 14 % - готується з 50 % світлого солоду, 40 % темного солоду і 10 % карамельного солоду.

Від загального об'єму виробництва частка кожного сорту пива становить:

- «Поліське світле» - 42 %;
- «Коростенське світле» - 33 %;
- «Коростенське темне» - 25 %.

В табл. 5.1 приведені вихідні дані сировини для технологічних розрахунків.

Таблиця 5.1

Характеристика сировини

Сировина	Вологість,%	Екстрактивність,% на СР	Насипна маса, кг/м^3
Солод світлий	4,5	78,0	530
Солод темний	4,5	74,0	530
Карамельний солод	5,5	72,0	530
Ячмінне борошно	14,0	72,0	530
Рисова січка	15,5	85,5	560

5.2 Продуктові розрахунки

Технологічні розрахунки виконуються, незалежно від того яке відділення розглядається у дипломному проекті, від початку технологічного циклу і до кінця. Тобто від сировини до отримання товарної продукції та її фасування [23].

Алгоритм виконання технологічних розрахунків продуктів виробництва пива складається з таких етапів:

1. визначення кількості екстрактивних речовин у сировині;
2. визначення кількості проміжних продуктів;
3. визначення витрат основних матеріалів (хмелепродуктів, ферментних препаратів, молочної кислоти та ін.);
4. визначення кількості відходів;
5. складання зведеної таблиці продуктових розрахунків;
6. розрахунки витрат допоміжних матеріалів та подання результатів у вигляді зведеної таблиці.

Таблиця 5.2

Втрати при виробництві пива [23]

Втрати	Пиво з масовою часткою початкового сусла, %		
	«Поліське світле» (11 %)	«Коростенське світле» (12 %)	«Коростенське темне» (14 %)
Екстракту: - з пивною дробиною, % від маси зернопродуктів	1,75	1,75	2,2
- під час охолоджування, на замочування трубопроводів, % від об'єму гарячого сусла	5,8	5,8	6,0
У цеху бродіння, % від об'єму бродіння сусла	2,5	2,5	2,3
Під час доброджування та фільтрування, % від об'єму молодого пива	2,3	2,3	2,5
у тому числі під час фільтрування	1,1	1,1	1,1
	2,5	2,5	2,5
	0,5	0,5	0,5
Середньозважені під час розливу 75 % — у пляшки, 25 % — у кеги	1,53	1,53	1,53
Загальні видимі з рідкою фазою (від гарячого сусла до товарного пива)	12,0	12,0	12,5
Загальні дійсні з рідкою фазою (від сусла у варильному цеху, приведеного до 20º С)	8,3	8,3	8,8
Під час пастеризації пива в пляшках, % від об'єму пастеризованого пива	2,2	2,2	2,2

Визначення кількості екстрактивних речовин в сировині

Пиво «Поліське світле». В рецептурі даного типу пива використовують 85 % солоду і 15 % несолодженої сировини (ячмінного борошна), тобто в 100 кг вихідної сировини міститься 85 кг світлого солоду і 15 кг ячмінного борошна.

Під час очищення солоду його втрати становлять 0,1 %, або 85·0,001 = 0,085 кг. Тому кількість солоду, яку передають на подрібнення, становить:

$$85 – 0,085 = 84,915 \text{ кг.}$$

Приймаємо вологість світлого ячмінного солоду 5 %, а ячмінного борошна 15 %. Розраховуємо кількість сухих речовин у заторі:

$$84,915 \cdot (1 – 0,05) = 80,67 \text{ кг — у світлому солоді;}$$

$$15 \cdot (1– 0,15) =12,75 \text{ кг — в ячмінному борошні;}$$

$$80,67+12,75 = 93,42 \text{ кг - всього сухих речовин в сировині.}$$

Приймаємо екстрактивність світлого солоду 78 %, а ячмінного борошна 72 %. Розраховуємо вміст екстрактивних речовин у сировині:

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

$$12,75 \cdot 0,72 = 9,18 \text{ кг — в ячмінному борошні;}$$

$$62,92+9,18 = 72,1 \text{ кг — загальна кількість екстрактивних речовин.}$$

Втрати екстракту з дробиною — 1,75 % від маси екстрактивних речовин сировини, що затирається. Тоді, в сусло перейде екстрактивних речовин:

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

Кількість сухих речовин, що залишається у дробині:

$$93,42 – 70,84 = 22,58 \text{ кг.}$$

Пиво «Коростенське світле». Згідно рецептури для даного типу пива використовують 90 % солоду і 10 % несолодженої сировини (рисової січки), тобто в 100 кг вихідної сировини міститься 90 кг світлого солоду і 10 кг рисової січки.

На стадії очищення солоду його втрати становлять 0,1 % або 90 · 0,001 = 0,09 кг. Тоді кількість солоду, яка наджодить на подрібнення становить:

$$90 – 0,09 = 89,91 \text{ кг.}$$

Вологість солоду становить 5 %, рисової січки 15,5 %. Розраховуємо кількість сухих речовин у заторі:

$$89,91 \cdot (1– 0,05) = 85,41 \text{ кг — у світлому солоді;}$$

$$10 \cdot (1– 0,15) = 8,5 \text{ кг — в рисовій січці;}$$

$$85,41+8,5= 93,91 \text{ кг — всього сухих речовин в сировині.}$$

Екстрактивність світлого солоду становить 78 %, а рисової січки 85,5% сухих речовин. Розраховуємо вміст екстрактивних речовин у сировині :

$$85,41 \cdot 0,78 = 66,61 \text{ кг — в світлому солоді;}$$

$$8,5 \cdot 0,85 = 7,22 \text{ кг — в рисовій січці;}$$

$$66,61+7,22 = 73,83 \text{ — всього екстрактивних речовин в сировині.}$$

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

$$73,83 \cdot (1– 0,022) = 72,21 \text{ кг.}$$

В дробині залишиться сухих речовин:

$$93,91 –72,21 = 21,7 \text{ кг.}$$

Пиво «Коростенське темне». В рецептурі даного типу пива використовують 50 % світлого солоду, 40 % темного солоду, 10 % карамельного солоду. На стадії очищення світлого і темного солодів (при поліруванні солоду) їх втрати становлять 0,1 % від маси солоду або (50+40) · 0,001 = 0,09 кг.

Тоді на подрібнення надходить:

світлого солоду: 50 – 0,05 = 49,95 кг;

темного солоду: 40 – 0,05 = 39,96 кг.

Світлий солод має вологість 5 %, темний солод 5% і карамельний солод 6 %. Розраховуємо кількість сухих речовин:

$49,95 \cdot (1– 0,05) = 47,45$ кг у світлому солоді;

$39,96 \cdot (1– 0,05) = 37,96$ кг у темному солоді;

$10*(1–0,06) = 9,4$ кг у карамельному солоді;

47,45+37,96+9,4 = 94,81 кг — всього сухих речовин у сировині.

Світлий солод має екстрактивність 78 %, темний солод 74 % і карамельний 72 % від маси сухих речовин. Розраховуємо кількість екстрактивних речовин в сировині:

$47,45 \cdot 0,78 = 37$ кг — у світлому солоді;

$37,96 \cdot 0,74 = 28,09$ кг — в темному солоді;

$9,4 \cdot 0,72 = 6,77$ кг — в карамельному солоді;

37+28,09+6,77 = 71,86 кг — всього екстрактивних речовин в сировині.

Враховуючи втрати сухих речовин з дробиною 2,2 %, кількість екстрактивних речовин, які переходять у сусло становить:

$71,86 \cdot (1–0,022) = 70,28$ кг.

В дробині залишається сухих речовин: 94,81–70,28 = 24,53 кг.

Визначення проміжних продуктів

Для розрахунку кількості проміжних продуктів використовуємо значення початкової концентрації сусла і об'ємних втрат на виробництва пива (табл. 4.2).

Гаряче сусло. За вищенаведеними розрахунками кількість екстрактивних речовин, які переходять в сусло, становлять:

Поліське світле —70,84 кг;

Коростенське світле —72,21 кг;

Коростенське темне —70,28 кг.

Враховуючи прийняті в рецептурах початкові концентрації сусла для Поліського світлого пива 11 %, для Коростенського світлого пива 12 %, для Коростенського темного пива 14 %, розраховуємо кількість сусла, яке отримають для пива із вказаної кількості екстрактивних речовин:

Поліське світле — $70,84 \cdot 100)/11 = 644,00$ кг;

Коростенське світле — $(72,21 \cdot 100)/12 = 601,75$ кг;

Коростенське темне — $(70,28 \cdot 100)/13 = 540,62$ кг.

Об'єми пивного сусла за температури 20 °С і відносній густині сусла

Поліське світле —1,0442,

Коростенське світле —1,04835

Коростенське темне —1,0526

для пива:

Поліське світле — 644,41/1,0442= 616,74 дм^3;

Коростенське світле — 601,75/1,04835 = 574,07 дм^3;

Коростеньке темне — 540,62/1,0526 = 513,6 дм^3.

Гаряче сусло під впливом тепла розширюється в 1,04 рази, тому його об'єми

з урахуванням розширення для проектованих сортів пива становлять:

Поліське світле — 616,74 · 1,04 = 641,41 дм^3;

Коростенське світле — 574,07 · 1,04 = 597,03 дм^3;

Коростенське темне — 513,6 · 1,04 = 534,14 дм^3.

Холодне сусло. Норми технологічних втрат гарячого сусла (на відстоювання, охолодження, змочування трубопроводів, на бродіння і доброджування в цеху ферментації) наведені в таблиці 4.2 і становлять: для Поліського світлого пива — 5,8 %; для Коростенського світлого пива — 6,3 %; для Коростенського темного пива — 5,5 % від об'єму гарячого сусла, приведеного до об'єму за температури 20 °С .

Розраховуємо об'єми холодного сусла для проєктованих сортів пива:

Поліське світле — 641,41· (1 – 0,058) = 604,21 дм^3;

Коростенське світле — 597,03 · (1 – 0,063) = 559,42 дм^3;

Коростенське темне —534,14 · (1 – 0,055) = 504,76 дм^3.

Молоде пиво. У бродильном відділенні втрати становлять: для пива Поліське світле — 2,5 %, Коростенське світле і Коростенське темне — 2,2 % до об'єму холодного сусла (табл. 4.2). Тому кількість молодого пива становитиме:

Поліське світле — 604,21· (1 – 0,025) = 581,1 дм^3;

Коростенське світле — 559,42 · (1 – 0,022)= 547,11 дм^3;

Коростенське темне — 504,76 · (1 – 0,022) = 493,63 дм^3.

Фільтроване пиво. Під час доброджування і фільтрування втрати сухих речовинг становлять: для пива Поліське світле — 2,3 %, Коростенське світле і Коростенське темне — 2,4 % від об'єму молодого пива (табл. 4.2).

Тоді кількість фільтрованого пива становитиме:

Поліське світле — 581,1 · (1 – 0,023) = 567,73 дм^3;

Коростенське світле — 547,11 · (1 – 0,024)= 533,98 дм^3;

Коростенське темне — 493,63(1 – 0,024) = 481,78 дм^3.

Готове пиво. Для всіх проєктованих сортів пива втрати готового пива до об'єму відфільтрованого пива під час розливу у пляшки становлять 2,5 %, під час розливу у кеги — 0,5 %. Враховуючи, що пиво Поліське світле виготовляють в кількості 5 млн дал, з яких 3,5 млн дал розливається у пляшки і 1,5 млн дал в кеги, тоді в процентному співвідношенні це становитиме 70 % і 30 % відповідно (табл. 2.1). За таких умов середньозважені втрати пива Поліське світле становитимуть:

$$0{,}70 \cdot 2{,}5 + 0{,}30 \cdot 0{,}5 = 2{,}0\ \%.$$

Тоді, кількість готового пива буде:

Поліське світле — 567,73 · (1–0,02) = 556,38 дм^3;

Коростенське світле — 533,98 · (1 – 0,025) =520,63 дм^3;

Коростенське темне — 481,78 · (1 – 0,025) = 469,74 дм^3.

За різницею об'ємів гарячого сусла і готового пива визначаються загальні видимі втрати з рідкою фазою:

Поліське світле — (641,41 – 556,38) = 85,03 дм^3;

Коростенське світле — (597,03 – 520,63) = 76,4 дм^3;

Коростенське темне — (534,14 – 469,74) = 64,4 дм^3,

або у відсотках від об'єму гарячого сусла

Поліське світле — 85,03 · 100/641,41 = 13,25 %;

Коростенське світле — 76,4 · 100/597,03 = 12,8 %;
Коростенське темне — 64,4·100/534,14 = 12,06 %.

Розрахунки витрат хмелепродуктів і молочної кислоти

Хмелепродукти. Розрахунок кількості хмелю на 1 дал сусла розраховують за формулою:

$$Н_{п} = \frac{Г_{с} \times 100 \times 100 \times 100}{(\alpha + 1) \times (100 - W) \times (100 - В_{тр})},$$

де Гс — необхідна гіркота сусла в перерахунку на суху речовину, г/дал;

α — масова частка α – кислот, %; 1 — розрахункова величина, яка враховує гіркоту β-фракцій гірких речовин хмелю, %; W — вологість хмелю, %; $В_{тр}$ — втрати по рідкій фазі від гарячого сусла до товарного пива, % .

За рецептурою гіркота сусла становить для сортів пива:

Поліське світле – 0,72;

Коростенське світле – 0,98;

Коростенське темне – 0,57.

Пиво Поліське світле (11 %) за прийнятою рецептурою виготовляється з додаванням гранульованого гіркого хмелю в кількості 55 % від загальної кількості.

Пиво Коростенське світле (12 %) виготовляється з додаванням 85 % гранульованого гіркого хмелю і 15 % ароматичного хмелю.

Для приготування пива Коростенське темне (14 %) витрачається 25 % гранульованого гіркого хмелю і 75 % гранульованого ароматичного хмелю.

Вміст α-кислоти в гіркому хмелі становить 9 %, в ароматичному – 6 %.

Тоді, розраховуємо витрати хмелевої сировини:

<u>для 11 % - го світлого пива:</u>

гранульованого гіркого хмелю:

$$Н_{п} = \frac{0{,}72 * 100 * 100 * 100}{(9 + 1) * (100 - 12) * (100 - 13{,}25)} * 0{,}55 = 5{,}19\ ^{г}/_{дал};$$

гранульованого ароматичного хмелю:

$$Н_{п} = \frac{0{,}72 * 100 * 100 * 100}{(6 + 1) * (100 - 9) * (100 - 13{,}25)} * 0{,}45 = 5{,}86\ ^{г}/_{дал};$$

<u>для 12 %-го світлого пива:</u>

гранульованого гіркого хмелю:

$$Н_{п} = \frac{0{,}98 * 100 * 100 * 100}{(9 + 1) * (100 - 12) * (100 - 12{,}8)} * 0{,}85 = 10{,}85\ ^{г}/_{дал};$$

гранульованого ароматичного хмелю:

$$Н_{п} = \frac{0{,}98 * 100 * 100 * 100}{(6 + 1) * (100 - 9) * (100 - 12{,}8)} * 0{,}15 = 2{,}64\ ^{г}/_{дал};$$

<u>для 14 %-го пива:</u>

гранульованого гіркого хмелю:

$$Н_{п} = \frac{0{,}57 * 100 * 100 * 100}{(9 + 1) * (100 - 10{,}3) * (100 - 12{,}06)} * 0{,}25 = 1{,}8\ ^{г}/_{дал};$$

гранульованого ароматичного хмелю:

$$Н_п = \frac{0{,}57 * 100 * 100 * 100}{(6+1) * (100-9) * (100-12{,}06)} * 0{,}75 = 7{,}63\ ^г/_{дал.}$$

Молочна кислота. Кількість молочної кислоти розраховують за формулою:

$$М_{м.к} = М_{сир} \cdot 0{,}08;$$

де $М_{м.к}$ – маса молочної кислоти, кг;

$М_{сир}$ – маса сировини, кг;

0,08 – коефіцієнт витрат молочної кислоти для підкислювання заторів (0,08 кг на 100 кг сировини). Тоді:

$$М_{м.к} = 23100 \cdot 0{,}08 = 2887{,}5 \text{ кг.}$$

Визначення кількості відходів

Пивна дробина. Вологість утвореної пивної дробини після фільтраційного апарата становить 80 %. Кількість дробини розраховується за допомогою множення кількості сухих речовин, що залишились в дробині, на коефіцієнт 100/(100 – 80) = 0,2.

Тоді кількість пивної дробини становитиме:

для пива Поліське світле — 22,58 · 0,2 =161,22 кг;

для пива Коростенське світле — 21,7 · 0,2 = 154,90 кг;

для пива Коростенське темне — 24,53 · 0,2 =175,14 кг. Тоді:

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

Діоксид вуглецю

Із сумарного рівняння спиртового бродіння випливає, що із 342 г зброженої мальтози утворюється 176 г (44× 4) діоксиду вуглецю (CO_2) і 184 г спирту.

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 4\ C_2H_5OH + 4\ CO_2$$

Якщо прийняти, що зброженим екстрактом є мальтоза, то кількість CO_2 розраховують наступним чином.

Приймаємо, що весь зброджуваний екстракт — мальтоза.

Дійсний ступінь зброджування (Sз) для 11 %-го пива приймемо – 47 %,

12 %-го пива – 51%, 14 %-го пива — 53 %.

За наведеними розрахунками об'єми холодного сусла на 1 дал товарного пива 11 %-го світлого пива — 604,21 дм^3, 12 %-го світлого пива — 559,42 дм^3, 14 %-го — 504,76 дм^3, а їх масу розраховують за формулою:

$$G_{сх(м)} = G_{сх} \cdot d \cdot 10;$$

за певної концентрації, сусло містить екстракту :

$$Ge = G_{сх(м)} \cdot e,$$

з цієї кількості екстракту зброджується :

$$G_{ез} = G_e \cdot S_з,$$

у процесі зброджування виділяється діоксиду вуглецю :

$$G(CO_2) = \frac{G_{ез} \times 176}{342};$$

Приймаємо, що вміст зв'язаного діоксиду вуглецю становить (х % мас).

Його кількість знаходять за формулою :

$$Gз_{(CO2)} = G_{сх(м)} \cdot x, (\% \text{ мас.})$$

Під час зброджування 1 дал сусла виділяється вільного CO_2 :

$$Gв_{(CO2)} = G_{(CO2)} - Gз_{(CO2);}$$

Для 11 %-го світлого пива приймаємо ступінь зброджування 47 %.

Вміст зв'язаного діоксиду вуглецю приймаємо – 0,3 % мас.

Тоді, маса холодного сусла становитиме:

$$G_{сх(м)} = 604,21 \cdot 1,0442 = 630,92 \text{ кг;}$$

Вміст екстракту у суслі становитиме:

$$G_е = 630,92 \cdot 0,11 = 69,4 \text{ кг;}$$

Кількість збродженого екстракту:

$$G_{ез} = 69,4 \cdot 0,47 = 32,62 \text{ кг;}$$

Утворюється діоксиду вуглецю:

$$G_{CO_2} \frac{32,62*176}{342} = 16,78 \text{ кг}$$

З цієї кількості зв’язується пивом CO_2:

$$G_з(CO_2) = 630,92 \cdot 0,003 = 1,89 \text{ кг;}$$

Виділяється вільного CO_2:

$$G_в(CO_2) = 16,78\text{-}1,89 = 14,89 \text{ кг;}$$

Для 12% - го світлого пива приймаємо ступінь зброджування 51 %.

Вміст зв'язаного діоксиду вуглецю приймемо – 0,35 % мас.

Маса холодного сусла ставитиме:

$$G_{сх(м)} = 559,42 \cdot 1,04835 = 586,47 \text{ кг;}$$

Вміст екстракту у суслі:

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

Кількість зброджуваного екстракту:

$$G_{ез} = 70,38 \cdot 0,51 = 35,89 \text{ кг;}$$

Кількість діоксиду вуглецю, що виділяється :

$$G_{CO2} = \frac{35,89*176}{342} = 18,47\text{кг}$$

Кількість зв'язаного діоксиду вуглецю:

$$Gз(CO_2) = 586,47 \cdot 0,0035 = 2,05 \text{ кг;}$$

Кількість вільного CO_2, що виділяється в атмосферу:

$$Gв(CO_2) = 18,47 – 2,05 = 16,42 \text{ кг.}$$

Для 14%-го темного пива приймаємо ступінь зброджування 53 %.

Вміст зв'язаного діоксиду вуглецю приймемо – 0,4% масових.

Маса холодного сусла:

$$G_{сх(м)} = 504,76 \cdot 1,0526 = 531,31 \text{ кг;}$$

Вміст екстракту у суслі:

$$G_е = 531,31 \cdot 0,14 = 74,38 \text{ кг;}$$

Кількість зброджуваного екстракту:

$$G_{ез} = 73,38 \cdot 0,53 = 39,42 \text{ кг;}$$

Виділяється в атмосферу діоксиду вуглецю :

$$G_{CO2} = \frac{39,42*176}{342} = 20,29 \text{ кг}$$

Кількість зв'язаного діоксиду вуглецю:

$$G_з(CO_2) = 531,31 \cdot 0,004 = 2,12 \text{ кг;}$$

Кількість вільного CO_2, що виділяється в атмосферу:

$$G_в(CO_2) = 20,29 – 2,12 = 18,17 \text{ кг.}$$

Розрахунок витрати дріжджів. За періодичного способу бродіння норма внесення дріжджів у розрахунку на рідкі вологістю 88 % становить 0,5 %, в ЦКБА – 0,7 % від об'єму сусла [23]..

Вихід надлишкових дріжджів після бродіння за періодичного способу 1,0; безперервного – 1,5; у ЦКБА – 1,5 – 2,0 від об'єму на один об'єм дріжджів, які задають на бродіння.

Вихід дріжджів дорівнює 0,18 $дм^3$ на 1 дал пива, причому 0,085 $дм^3$ використовують як насіннєві, а 0,095 $дм^3$– осадові товарні дріжджі.

Вихід осаду (відстою) із апаратів для доброджування приймаємо 0,03 $дм^3$ на 1 дал пива.

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

Зведена таблиця розрахунку продуктів наведена в табл. 5.3.

Таблиця 5.3

Зведена таблиця розрахунку продуктів

Продукт та сировина	Поліське світле, 11,0 %			Коростенське світле 12,0 %			Коростенське темне, 14,0%			∑, на 12 млн дал пива
	на 100 кг	на 1 дал	на 5 млн. дал	На 100 кг	на 1 дал	на 4 млн. дал	на 100 кг	на 1 дал	на 3 млн.дал	
Зернова сировина, кг -світлий солод	85	1,52	7600000	90	1,72	6880000	50	1,06	3180000	17660000
темний солод	—	—	—	—	—	—	40	0,85	2550000	255000
карамельний солод	—	—	—	—	—	—	10	0,21	630000	630000
ячмінна борошно	15	0,27	1350000	—	—	—	—	—	—	1350000
Рисова січка	—	—	—	10	0,19	760000	—	—	—	760000
Всього	100	1,79	8950000	100	1,91	7640000	100	2,12	6360000	20655000
Хміль гранульований, кг: гіркий;	—	0,00519	25950	—	0,01085	43400	—	0,0018	5400	35690
Ароматичний,кг	—	0,00586	29300	—	0,00264	10560	—	0,00763	22890	62750
Всього, кг	—	0,011	55250	—	0,01349	53960	—	0,00943	28290	98440
Сусло										

Закінчення табл. 5.3

-гаряче, дал	641,41	11,52	57600000	597,03	11,47	45880000	534,14	11,31	33930000	137410000
-холодне, дал	604,21	10,86	54300000	559,42	10,75	43000000	504,76	10,75	32250000	129550000
Пиво										
- молоде,дал	581,1	10,44	52200000	547,11	10,5	42000000	493,63	10,53	31590000	83790000
фільтроване, дал	567,73	10,2	51000000	533,98	10,26	41040000	481,78	10,26	30780000	122820000
- товарне,дал	556,38	1	5000000	520,63	1	4000000	469,74	1	3000000	12000000
Пивна дробина, кг	161,22	2,9	14500000	154,90	2,97	11880000	175,14	3,73	11190000	37570000
CO_2 бродіння, кг	14,89	0,27	1350000	154,90	2,98	11920000	175,14	3,73	11190000	24460000
Дріжджі, $дм^3$: -насіннєві	0,085	0,002	10000	0,085	0,002	8000	0,085	0,002	6000	24000
-товарні	0,095	0,002	10000	0,095	0,002	8000	0,095	0,002	6000	24000
Відстій у апаратах добродження, кг	0,03	5,4	27000000	0,03	5,8	23200000	0,03	6,4	19200000	69400000

5.3 Розрахунки витрат основних та допоміжних матеріалів

Товарне пиво «Поліське світле» розливається у скляні пляшки об'ємом 0,5 $дм^3$ та у кеги об'ємом 30 $дм^3$ у процентному співвідношенні 70/30, вся інша продукція розливається у скляні пляшки об’ємом 0,5 $дм^3$.

При зберігані, внутрішньо-заводському транспортуванні і митті враховується бій пляшок. Приймаємо: в процесі виробництва бій пляшок становить 2,5 %, при зберіганні на складі готової продукції 0,1 %, на тарному складі 0,8 %.

Приймаємо, що за рік здійснюється 40 обертів пляшок [23,30,32].

Пляшки. 70 % пива «Поліське світле», 100 % пива «Коростенське світле», а також 100 % пива «Коростенське темне» розливаються у скляні пляшки об'ємом 0,5 $дм^3$. Кількість пляшок розраховують за формулою:

$$N_{\text{пл.заг.}} = \frac{Q_{\text{пл.}} * 10 * 100}{V(100 - К_б)} = \frac{10500000 * 10 * 100}{0{,}5(100 - 3{,}04)} = 216584158 \text{ (шт)},$$

де $Q_{\text{пл.}}$ – кількість продукції в пляшках за рік;

V – об’єм пляшки (0,5 $дм^3$);

$К_б$ - бій пляшок, під час миття, зберігання на складі, тощо, дорівнює – 3,04.

$$N_{пл.нов.} = \frac{Q_{пл.} * 10(К_н + К_б)}{100 * V} = \frac{10500000 * 10(5 + 3,04)}{100 * 0,5} = 16884000 \text{ (шт.)}$$

де $К_н$ – кількість пляшок, які не повертаються після використання населенням, %.

$$N_{пл.об.} = \frac{Q_{пл.} * 10}{V_n} = 2625000 \text{ (шт.)}$$

Кеги. Враховуючи, що у кеги місткістю 3 дал за рік розливають 1500000 дал пива «Поліське світле» і число обертів кег на рік становить 40, потреба у нових кегах —10 % від кількості оборотних, які становлять 90 %. Тоді загальні витрати кег становитимуть, шт:

$$N_{заг.кег} = \frac{Q_{кег}}{V_{кег}} = \frac{1500000}{3} = 500000 \text{ шт;}$$

$$N_{кег\ об.} = \frac{N_{заг.кег}}{40} = \frac{500000}{40} = 12500 \text{ шт}$$

$$N_{кег\ нов.} = N_{кег\ об.} * 0,1 = 1250 \text{ шт.}$$

Гофролотки. 20 пляшок місткістю 0,5 дм^3 розміщують у стандартні гофрлотки і обгортають плівкою ПЕТ. Втрати гофролотків становлять 0,1 %, тоді загальну кількість гофролотків розраховують за формулою:

$$N_{гофр} = \frac{Q_{пл.}}{0,5 * 20 * 0,999} = 1051051 \text{ (шт);}$$

Кількість термозбіжної плівки ПЕТ для обгортання становитиме:

$$G_{пл.ПЕТ} {}^{N_{гофр.} * 40}/_{1000} = 42042,04 \text{ (кг).}$$

Кронен-пробки для пляшок. За нормами витрати кронен-пробки становлять 104,5 % від кількості пляшок готової продукції і розраховуються за формулою:

10500000*2*1,045= 21945000 (шт)

Етикетки для пляшкової і кегової продукції. Для пляшкової продукції витрата етикеток становить 20,9 шт / дал пива, а для кегової продукції — 0,2 шт / дал пива. Тоді, необхідна кількість етикеток для пляшок і кегів становить:

для пляшок —10500000·20,9 = 219450000 шт.,

для кегів —1500000·0,2 = 300 000 шт.

Миття пляшок. Витрати лугу становлять в середньому 1000 - 1100 кг на 1 млн пляшок продукції. Річна потреба лугу для випуску пляшкового пиву становить:

$$G_{луг} = \frac{10500000 * 1000}{0,5 * 1000000} = 21000 \text{ кг.}$$

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

(21945000+ 500000)0,275/1000= 6172,375 кг.

Таблиця 5.4

Зведена таблиця розрахунку витрат допоміжних матеріалів

Назва тари, допоміжних матеріалів	Кількість	
	На добу	На рік
Пляшки, шт, в т.ч.: - оборотні		2625000
- нові		16884000
Кеги, шт - оборотні		12500
- нові		1250
Гофролотки, шт		1051051
Плівка ПЕТ, для обгортання, кг		42042,04
Кронен-корка для пляшків, шт		21945000
Етикетки, шт: -кеги		300000
-пляшки		21945000
Луг, кг		21000
Клей, для наклеювання етикеток, кг		6172,375

6 РОЗРАХУНКИ ПЛОЩ ВИРОБНИЧИХ І СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

Площі складських приміщень розраховують за кількістю і характером вантажів, розміщених в них та за нормами розміщення вантажів [23,32].

Склад для світлого солоду. Річна витрата світлого солоду становить 17660,0 т на рік, тоді запас зернопродуктів на два місяця становитиме:

$$(17660 \times 2)/11,33 = 31255,66 \text{ т};$$

У випадку складання мішків в штабелі висотою в 5 мішків та окремого навантаження на 1м² площі 1200 кг, площа складу з урахуванням 50 % площі, потрібної для обслуговування і проїзду, буде становити:

$$3125566 \times 1,5/1200 = 3908 \text{ м}^2.$$

Склад темного і карамельного солоду. Річна витрата темного солоду – 255 т, а карамельного – 630 т, тому запас на два місяця буде:

$$((255 + 630) \times 2)/11,33 = 156,224 \text{ т};$$

У випадку складання мішків в штабелі висотою в 5 мішків та окремого навантаження на 1м² площі 1200 кг, площа складу з урахуванням 50 % площі, потрібної для обслуговування і проїзду, буде становити:

$$156224 \times 1,5/1200 = 195,3 \text{ м}^2.$$

Склад для несолодженої сировини.

Річна витрата ячменю – 1350 т, а рисової січки – 760 т, тому запас на два місяця буде становити:

$$(1350 + 760) \times 2/11,33 = 372,5 \text{ т}.$$

При складанні мішків в штабелі висотою в 5 мішків та окремого навантаження на 1 м² площі 1200 кг, площа складу з урахуванням 50 % площі, потрібної для обслуговування і проїзду, буде:

$$372500 \times 1,5/1200 = 465,63 \text{ м}^2.$$

Склад хмелю. Склад хмелю повинен вміщувати річний запас хмелю для охелення пивного сусла. Враховуючи, що річні витрати гікого хмелю становлять 35690 кг, а ароматичного хмелю 870000 кг, загальні витрати хмелю становлять:

$$35690 + 62750 = 98440 \text{ кг}.$$

При складуванні по 400 кг хмелю на 1 м^2 площі складу і з розрахунком 50% вільної площі для проходів і проїздів, площа складського приміщення становитиме:

$$S = (98440 / 400) \times 1,5 = 369,15 \text{ м}^2.$$

7 РОЗРАХУНКИ ТА ПІДБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Обладнання варильного цеху підбирають за добовою витратою зернопродуктів у найбільш напружений період роботи цеху. З найбільшим навантаженням обладнання працює у другому і третьому кварталах року.

Потужність заводу $Q_{заводу}$ =12 000 000 дал/рік.

Річна витрата зернопродуктів розраховується, виходячи із даних зведеної таблиці витрат сировини на 1 дал пива: для пива «Поліське світле» 1,79 кг зернової сировини, для пива «Коростенське світле» - 1,91 кг, для пива «Коростенське темне» - 2,12 кг. Витрати сировини на 1 дал пива наведені у табл. 7.1.

Таблиця 7.1

Витрати сировини на 1 дал пива

Масова частка сухої речовини початкового сусла, %	Зернопродукти	Кількість, кг	Масова частка в засипі, %
11,0 світле	Солод світлий, ячмінь	1,52 0,27 1,79	85 % світлого ячмінного солоду 15 % ячмінного борошна
12,0 світле	Солод світлий, рисова січка	1,72 0,19 1,91	90 % світлого ячмінного солоду 10 % рисової січки
14,0 темне	Солод: світлий темний карамельний	1,06 0,85 0,21 2,12	50 % світлого ячмінного солоду 40 % темного солоду 10 % карамельного солоду

Отже, отримаємо:

$$G_{річн1} = Q * 1{,}79 = 5000000 * 1{,}79/1000 = 8950 \text{ т};$$

$$G_{річн2} = 4000000 * 1{,}91/1000 = 7640 \text{ т};$$

$$G_{річн3} = 3000000 * 2{,}12/1000 = 6360 \text{ т};$$

$$G_{річн} = 8950 + 7640 + 6360 = 22950 \text{ т}.$$

В найбільш напружений квартал випуск продукції становить приблизно 30% від річного обсягу пива. При роботі варильного відділення 28,5 діб в місяць (так як 1,5 доби в місяць відводиться для дезінфекції і профілактичного ремонту апаратів і трубопроводів). Добова витрата зернопродуктів розраховується за формулою [30]:

$$G_{доб} = \frac{G_{річн.} * 0{,}3}{28{,}5 * 3} = \frac{6885}{85{,}5} = 80{,}53 \text{ т}$$

Якщо варильні цехи, які працюють за періодичною схемою, обладнані в основному дво-, чотири- та шестипосудними агрегатами.

Використовуємо один чотирьопосудний варильний агрегат, у якого продуктивність становить 8 варок на добу.

Таблиця 7.2

Характеристика варильних агрегатів пивоварних заводів

Варильні агрегати	Кількість варок за добу	Добова кількість переробки зернопродуктів у разі засипу на 1 затір, т				
		0,5	1,0	1,5	3,0	5,5
Двохпосудний	2,0	1,0	2,0	-	-	-
Чотирьохпосудний	3,6 4,0	- -	- 4,0	- 6,0	10,8 -	19,8 -
Шестипосудний	6,0	-	6,0	9,0	18,0	33,0

Об'єм засипу на 1 варку становить:

$$\frac{80,53}{8} = 10,06 \text{ т}$$

Норію для солоду та несолодженої сировини розраховуємо наступним чином.

Приймаємо, що солод із зерносховища надходить щоденно протягом 4,5 год (за денної зміни). Тоді потужність підіймальної норії повинна бути не менше, ніж:

$$G_{\text{норії}} = \frac{G_{\text{доб}}}{4,5} = \frac{80,53}{4,5} = 17,9 \ {}^{\text{т}}/_{\text{год}}$$

Використовуємо норію НЦ-20, яка має продуктивність 20 т/год по «важкому» зерну, насипна маса дорівнює 0,76 т/м^3. При транспортуванні солоду насипною масою 0,53 т/м^3 продуктивність норії становить:

$$\frac{17,9 * 0,53}{0,76} = 12,5 \ {}^{\text{т}}/_{\text{год}}$$

Транспортер шнековий за продуктивністю має бути як і норія 20 т/год. Встановлюємо транспортер КВ-400.

Встановлюємо *ваги автоматичні для зважування солоду* ДН-100 (2 шт.) потужністю до 15 т/год. Величина порції зважування 50 – 100 кг.

Добовий запас зернопродуктів становить 80,53 т, тому *бункери виробничого запасу зернопродуктів* мають поміщати їх добовий запас. Для проектованих сортів пива необхідно передбачити відповідні бункери з різними об'ємами сировини, виходячи із рецептури: 85 % світлого солоду; 40 % темного солоду, 10 % карамельного солоду, 10% рисової січки, 15 % ячменю від загальної маси зерно продуктів [15].

Об'єм бункера добового запасу світлого солоду становить:

$$V_{\text{доб.св.солод.}} = \frac{G_{\text{доб}} * 1}{0,53} * 0,9 = \frac{80,53 * 0,85}{0,53} * 0,9 = 116,23 \text{ м}^3;$$

Об'єм бункера добового запасу темного солоду:

$$\text{V}_{\text{доб.темн.солод}} = \frac{\text{G}_{\text{доб}} * 1}{0,53} * 0,9 = \frac{80,53 * 0,4}{0,53} * 0,9 = 55 \text{ м}^3$$

Об'єм бункера добового запасу карамельного солоду:

$$V_{\text{доб.карам.солд}} = \frac{G_{\text{доб}} * 1}{0,53} * 0,9 = \frac{80,53 * 0,1}{0,53} * 0,9 = 13,7 \text{ м}^3$$

Об'єм бункера добового запасу рисової січки становить:

$$V_{\text{доб.рис.січ.}} = \frac{G_{\text{доб}} * 1}{0{,}53} * 0{,}9 = \frac{80{,}53 * 0{,}1}{0{,}53} * 0{,}9 = 13{,}7 \text{ м}^3$$

Об'єм бункера добового запасу ячменю становить:

$$V_{\text{доб.ячмен.}} = \frac{G_{\text{доб}} * 1}{0{,}53} * 0{,}9 = \frac{80{,}53 * 0{,}15}{0{,}53} * 0{,}9 = 20{,}51 \text{ м}^3$$

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

Виходячи із результатів розрахунків, обираємо 2 бункери (добового запасу) для світлого солоду об'ємом по 120 м^3, 1 бункер темного солоду об'ємом 60 м^3, 1 бункер карамельного солоду об'ємом 15 м^3 та 1 бункер для ячменю і рисової січки об'ємом 25 м^3. Бункери проектуємо квадратного січення із пірамідальним днищем.

При стороні квадрату а = 4 м і куті відкосу α = 30° геометричні розміри бункера для світлого солоду 120 м^3 будуть наступні:

Висота пірамідальної частини:

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

Висота прямокутної частини:

$$h = \frac{V}{a^2} - \frac{1}{3} \times h_1 = \frac{120}{4^2} - \frac{1}{3} \times 1{,}6 = 6{,}96 \text{ м},$$

При стороні квадрата а=4 м і куті відкоса α=30° геометричні розміри бункера для темного солоду будуть наступні:

Висота пірамідальної частини:

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

Висота прямокутної частини:

$$h = \frac{V}{a^2} - \frac{1}{3} \times h_1 = \frac{60}{4^2} - \frac{1}{3} \times 1{,}6 = 3{,}22 \text{ м},$$

При стороні квадрату а = 2 м і куті відкосу α = 30° геометричні розміри бункера для карамельного солоду будуть наступні:

Висота пірамідальної частини:

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

Висота прямокутної частини:

$$h = \frac{V}{a^2} - \frac{1}{3} \times h_1 = \frac{15}{4^2} - \frac{1}{3} \times 0{,}8 = 3{,}5 \text{ м},$$

При стороні квадрату а = 3 м і куті відкосу α = 30° геометричні розміри бункера для ячменю і рисової січки об'ємом 25 м^3 будуть наступні:

Висота пірамідальної частини:

$$h_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} \times 0{,}5774 \times 3 = 1{,}2 \text{ м},$$

Висота прямокутної частини:

$$h = \frac{V}{a^2} - \frac{1}{3} \times h_1 = \frac{25}{3^2} - \frac{1}{3} \times 1{,}2 = 2{,}37 \text{ м}, .$$

Далі обираємо *повітряно-ситовий сепаратор*. Його параметри розраховують виходячи з того, що на одну варку потрібно 10,06 т зернопродуктів, а подрібнення солоду на одну варку повинно проводитись за 1,5-2 год. За таких умов продуктивність повинна становити 10,06/1,5 = 6,7 т/год. Обираємо апарат ЗСП-5 з геометричними розмірами 1500х800х1100 мм.

По потужності повітряно-ситового сепаратора обирають *ваги автоматичні для зважування очищеного ячменю*. Встановлюємо автоматичні ваги ДН-500 продуктивністю 1,5-7 т/год.

Магнітний сепаратор має бути по продуктивності не менші ніж повітряно-ситовий сепаратор. Тоді, для встановлення використовуємо магнітний сепаратор марки Б8-БММ продуктивністю 8 т/год.

Об'єм бункера для очищеного солоду розраховують, враховуючи потужність повітряно-ситового сепаратора. Бункер повинен вміщувати запас солоду не менше, ніж 6,7 т. Тоді, об'єм бункера становитиме:

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

При а = 2 м геометричні розміри бункера для очищеного солоду становлять:

- висота пірамідальної частини:

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

- висота прямокутної частини:

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

Подрібнення солоду на одну варку повинно проводитись за 1,5-2 год, тому потужність *дробарки мокрого помелу для солоду* розраховують за формулою*:*

$$Q_{\text{дроб.}} = \frac{10{,}06 * 1{,}0}{1{,}5} = 6{,}7 \text{ т/год};$$

Встановлюємо дробарку мокрого помелу Millstar System Lenz потужністю 7 т/год. *Двовальцева дробарка* для подрібнення ячменю на одну варку за 1,5-2,0 год.

Продуктивність дробарки становить:

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

Габаритні розміри дробарки, мм: 1700х1700; маса - 3050 кг.

Заторний насос. Відповідно до режиму затирання заторна маса із заторного апарата повинна перекачуватись за 20 хв. З кожного кілограму зернопродуктів отримуємо 3,0-3,5 м^3 заторної маси. Об'єм заторної маси із 10,06 т зернопродуктів відповідно:

$$V_{\text{зат.}} = 10{,}06 * 3{,}5 = 35{,}21 \text{ м}^3 = 35210 \text{ дм}^3$$

Потужність насоса становить:

$$Q_{\text{зат.нас.}} = 35210 * \frac{60}{20} = 105630 \ {}^{\text{дм}^3}/_{\text{год}}$$

Приймаємо до встановлення насоси НФ 1100/240.238-7,5/4-210 продуктивністю 100 м^3/год. і напором 11 м. Габаритні розміри, мм: 2200х820х600; маса – 49 кг.

Заторний апарат. Приймаємо два апарати марки ВКЗ-7 засипом на 10 т. Габаритні розміри, мм: діаметр – 5300, висота – 5500.

Фільтраційний апарат. Приймаємо один апарат «Ziemann». На 1 т зернопродуктів для затирання приймається 6-7 м^3 його місткості і 5 м^2 необхідної площі фільтрації. Висота шару дробини 0,35 м. Затір – 10,0 т; місткість 37,5 м^3, площа поверхні фільтрації 25,9 м^2, габаритні розміри, мм: діаметр – 6400, загальна висота –7800; висота циліндричної частини 2800, кришки – 1800; вага порожнього апарата – 13720 кг, вага заповненого апарата – 46500 кг.

Збірник дробини. Кількість дробини , що утвориться в найнапруженіший квартал року за добу: $G_{др.}$ =37570000*0,3/28,5·3 = 131 т.

Приймаємо один збірник Huppmann BCT-V9,9. V=90 м^3, кількість бункерів – 1. Габаритні розміри, мм: 5500х4000х4000.

Фільтраційний блок. Для інтенсифікації роботи фільтраційного апарата встановлюємо додатковий фільтраційний блок. Габаритні розміри, мм: 3600х2400.

Збірник промивних вод, у який поступає вода, яка утворилась під час промивці дробини, повинен мати об'єм 2,4 м^3 на 1 т зернопродуктів, що поступають на варку, тобто:

$$V_{\text{збір.}} = 2{,}4 * 10{,}06 = 24{,}14 \text{ м}^3;$$

Використовуємо збірник об'ємом 25 м^3. Збірник виготовляється у формі горизонтального циліндра, що оснащений змійовиком для підігріву. Діаметр збірника приймаємо рівним D=2м, довжину знаходимо за формулою:

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

Приймаємо: V=90 м^3, D=2,25 м, L=5 м, кількість бункерів - 4, тоді h=90/36=2,5 м

Заторна маса із заторного апарата повинна перекачуватись за 20 хв.

Кількість мутного сусла, що повертається на фільтраційний апарат, становить 10 % від загального об'єму заторної маси. Процес повернення відбувається протягом 10 хв. Продуктивність *насосу для мутного сусла* становить:

$$Q_{\text{мут.суслов.нас.}} = 35210 * 0{,}1 * \frac{60}{10} = 21126 \ {}^{\text{дм}^3}/_{\text{год}}$$

Встановлюємо насос марки *К20 – 18.*

Охмелене сусло із сусловарильного апарату перекачується протягом 30 хв. Потужність *суслового насосу* розраховують таким чином. Об'єм сусла, відповідно до продуктового розрахунку приймаємо 640 дм^3 на 100 кг перероблюваних зернопродуктів. Тоді, із однієї варки отримуємо сусла:

$$\text{Vсусла} = 10100 \times \frac{640}{100} = 64640 \text{ дм}^3.$$

Потужність насоса становить:

$$Q_{\text{сусл.насос}} = 64640 * \frac{60}{30} = 12928 \ {}^{\text{дм}^3}/_{\text{год}}.$$

Охмелене сусло перекачується за допомого відцентрового, багатоступінчастого, консольного насосу типу СОТ, призначеного для подачі води та інших незабруднених рідин температурою до 105 °С. Для встановлення використовуємо насос марки СОТ-100М потужністю 100 м^3/год напором 50 м.

Об'єм *гідроциклонного апарату* розраховується за формулою:

$$V_г = V_{зат} \cdot К$$

де $V_{зат}$– кількість сусла,одержувана з одного затору, м^3;

К –коефіцієнт заповнення.

Приймаємо, що із 1 т зернопродуктів можна отримати до 6 м^3 сусла. Враховуючи коефіцієнт заповнення 0,8, місткість апарата $V_г$ становитиме:

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

Пластинчастий теплообмінник. Для охолодження сусла приймаємо до установки двохсекційний пластинчастий теплобмінник АОГ-М продуктивністю 6000 л/год. Габаритні розміри 3100х700х1300 мм, вага 525 кг.

Специфікація технологічного обладнання наведена в табл. 7.3.

Таблиця 7.3

Специфікація технологічного обладнання

Номери позицій на АТС	Назва, тип (марка) обладнання	К-сть	Технічна характеристика (габаритні розміри, мм)	Потуж-ність електро-двигуна, кВт	Трива-лість роботи двигуна, год/добу	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
1	Норія зернова НЦ-20	1	Продуктивність: 20 т/год, висота 15 м	2	8	ПП Елеватор-БудМаш
2	Транспортер шнековий КВ-400	1	Продуктивність: 20 т/год, довжина 10 м	1	8	OGRANT м. Черкаси
3	Бункер добового запасу світлого солоду	1	Об'єм 120 м^3; Габаритні розміри 3200х4500	-	-	-
4	Бункер добового запасу темного солоду	1	Об'єм 60 м^3, Габаритні розміри 1600х3000	-	-	-
5	Бункер добового запасу карамельного солоду	1	Об'єм 15 м^3, Габаритні розміри 1200х2500	-	-	-

Продовження табл. 7.3

1	2	3	4	5	6	7
6	Бункер добового запасу несолодженої сировини	1	Об'ємом 15 м^3, Габаритні розміри 800х1200	-	-	-
7	Повітряно-ситовий сепаратор ЗСМ-5	1	Продуктивність: 6,7 т/год; 1500х800х1100, вага 1450 кг	2,1	8	-
8	Магнітний сепаратор Б8-БММ	2	Продуктивність: 7 т/год. 290х340х700, вага 40 кг	1,3	8	НВО Агросімо -машбуд, Україна
9	Ваги автоматичні порційні ДН-500	2	Продуктивність 15 т/год, порція 250-500 кг. 1500х1700х1850, вага 350 кг	-	-	ТОВ Веста МК, Україна
9	Автоматичні ваги порційні для солоду ДН-100		Продуктивність 15 т/год, порція 15-100 кг. 300х400х550, вага 80 кг	-	-	ТОВ Веста МК, Україна
10	Бункер солоду на одну варку	1	Об'єм – 20 м^3; габаритні розміри: 1250х3000	-	-	
11	Бункер несолодженої сировини на одну варку	1	Об'єм – 20 м^3; габаритні розміри: 1000х1500	-	-	
12	Дробарка мокрого помелу Huppmann M-16	1	Потужність: 7 т/год Габаритні розміри: 3000х8000	26,6	8	
13	Двовальцева дробарка сухого подрібнення	1	Габаритні розміри: 1700х1700; вага -3050 кг	15	4	
14	Передзаторний апарат	1	Габаритні розміри: 2000х2700;	11	6	
15	Заторний насос НФ1100/240.238-7,5/4-210	6	Продуктивність: 100 м^3/год, напір - 11 м;2200х820х600; вага – 49 кг	7,5	4	

Закінчення табл. 7.3

1	2	3	4	5	6	7
16	Заторний апарат ВКЗ-7	2	Габаритні розміри: 5300х5500	15	6	
17	Фільтраційний апарат Ziemann	1	Об'єм: 37,5 $м^3$ 7800х6400	22,2	24	
18	Збірник дробини Huppmann ВСТ-V9,9	1	Габаритні розміри 55000х4000х4000 Об'єм 90 $м^3$	-	-	
19	Фільтраційний блок	1	Габаритні розміри: 2400х3600	-	-	
20	Проміжний збірник сусла	1	Габаритні розміри: 2000х5000	-	-	
21	Збірник промивної води	1	Об'єм: 25 $м^3$, 2400х3600	-	-	
22	Сусловарильний апарат Huppmann	1	Габаритні розміри: 5200х5600	-	12	
23	Збірник хмелю	2	Габаритні розміри: 700х900	-	-	
24	Насос сусловий СОТ-100М		Потужність: 100 $м^3$/год; напір–50 м. 3700х1800 мм.	37	4	
25	Гідроциклонний апарат «Вірпул»	1	Об'єм 75,7 $м^3$ Габаритні розміри: 5500х5200 мм; вага – 3250 кг.	-	-	
26	Двохсекційний пластинчастий теплообмінник АОГ-М	1	Продуктивність 6 м3/год; 3100х700х1300мм, маса 525кг.	-	-	
27	Напірний збірник гарячої води	1	Габаритні розміри: 1700х3200 мм	-	-	
28	Напірний збірник холодної води	1	Габаритні розміри: 1700х3200 мм	-	-	

8 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

8.1 Основи системи управління якості та безпечності харчової продукції

У виробництві харчових продуктів першочергове значення мають заходи, що гарантують їх безпечність для життя та здоров'я людини. В останні роки зростає кількість країн, законодавство яких вимагає впровадження в організаціях-виробниках систем управління безпечністю харчових продуктів, що базуються на концепції «Аналіз небезпечних чинників та критичні точки контролю» (англійською мовою «Hazard Analysis and Critical Control Points - HACCP).

Система управління безпечністю харчових продуктів - це насамперед запобіжна система, яка передбачає проведення систематичної ідентифікації, оцінювання та контролювання небезпечних чинників (біологічних, хімічних, фізичних) в критичних точках технологічного процесу виробництва. Система базується на безумовному виконанні організацією-виробником вимог чинних санітарних норм і правил, може функціювати самостійно або бути складовою частиною системи управління якістю згідно з ДСТУ ISO 9001.

На пивоварних заводах основами системи управління якістю та безпечністю харчової продукції є система аналізу ризиків і контролю критичних точок (HACCP) та стандарт ISO 22000. HACCP фокусується на запобіганні ризиків на всіх етапах виробництва, а ISO 22000 забезпечує загальну систему управління безпекою харчових продуктів.

Система аналізу небезпек і критичних точок контролю (англ. HACCP Hazard Analysis Critical Control Point, HACCP) — є науковообгрунтованою системою, що дозволяє створити на підприємстві умови для виробництва безпечної продукції шляхом визначення (ідентифікації) і контролю небезпечних чинників. Система HACCP є єдиною системою управління безпечністю харчової продукції, яка довела свою ефективність і прийнята міжнародними організаціями. В законодавстві України прийнято вживати англомовну абревіатуру в назві концепції (HACCP — Hazard Analysis and Critical Control Point), однак популярності набула кирилична транслітерація ХАССП. Система аналізу небезпек і критичних точок контролю забезпечує контроль на всіх етапах виробництва харчових продуктів, будь-якій точці процеса виробництва, зберігання та реалізації продукції, де можуть виникнути небезпечні ситуації. При цьому особлива увага направлена на критичні точки контролю, в яких всі види ризиків, пов'язані з використанням харчових продуктів можуть бути попереджені, усунені або знижені до припустимих рівней в наслідок цілеспрямованих заходів контролю. Для запровадження системи HACCP виробники зобов'язані не лише досліджувати свій власний продукт та засоби виробництва, але й використовувати цю систему та її вимоги до постачальників сировини, допоміжним матеріалам, а також системи оптової та роздрібної торгівлі.

Система HACCP не є системою відсутності ризиків. Вона розрахована на зменшення ризиків, що викликані можливими проблемами з безпеки харчових продуктів. Основними методами системи є аналіз ризиків та небезпек, визначення потенційних дефектів продукції по відношенню до виробничих факторів (критичні

контрольні точки), профілактичний (превентивний), а не наступний (реагуючий) контроль, звітність та відповідальність.

На базі концепції HACCP було розроблено декілька стандартів, у тому числі ISO серії 22000 на системи управління безпечністю харчових продуктів, розроблені Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO) і FSSC 22000:2010 – стандарт для виробників окремих категорій харчових продуктів, що поєднує вимоги ISO 22000:2005 та PAS 220:2008, прийнятий об'єднанням спеціалістів із харчової безпеки Global Food Safety Initiative (GFSI). ISO (Міжнародна організація зі стандартизації) – це всесвітня федерація національних органів стандартизації (органів-членів ISO), яких на сьогодні нараховується понад 150.

Міжнародним стандартом ISO 22000:2005 користуються підприємства в понад 60 країнах світу з надзвичайно широкою географією. Слід зазначити, що цей стандарт офіційно перекладений та виданий в Україні як державний стандарт, що значно полегшує вітчизняному оператору ринку роботу з ним. Остання версія стандарту затверджена Наказом Національного органу стандартизації № 340 від 31 жовтня 2019 року. Цим же Наказом в Україні вперше ухвалено ряд стандартів, що окреслюють програми-передумови безпечності харчових продуктів, а також вимоги до органів, що забезпечують аудит і сертифікацію систем управління безпечністю харчових продуктів:

– ДСТУ ISO 22000:2019 (ISO 22000:2018, IDT) «Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-якої організації в харчовому ланцюгу» – на заміну ДСТУ ISO 22000:2007;

– ДСТУ ISO/TS 22002-1:2019 (ISO/TS 22002-1:2009, IDT) «Програми-передумови безпечності харчових продуктів. Частина 1. Виробництво харчових продуктів».

Щоб провести аналіз небезпечних чинників для розробки плану ХАССП, виробнику харчової продукції необхідно мати робочі знання про потенційні джерела небезпеки. Метою плану HACCP є контроль всіх небезпечних факторів, які з достатньою імовірністю можуть загрожувати безпеці харчових продуктів. Такі небезпечні чинники можна розділити на три групи: біологічні, хімічні та фізичні.

В ДСТУ ISO 22000:2007 небезпечний чинник харчового продукту (food safety hazard) визначається як біологічний, хімічний або фізичний агент у харчовому продукті, або стан харчового продукту, що потенційно може спричинити негативний вплив на здоров'я. Також зазначається, що термін **«небезпечний чинник»** не слід плутати з терміном **«ризик»**, який у контексті безпечності харчових продуктів означає функцію ймовірності виникнення негативного впливу на здоров'я (наприклад, захворювання) та істотності наслідків такого впливу (наприклад, смерть, госпіталізація, відсутність на робочому місці тощо) в разі ураження цим небезпечним чинником.

Ризик визначено в ISO/IEC Guide як комбінацію ймовірності виникнення шкоди та істотності наслідків цієї шкоди. Згідно стандарту до небезпечних чинників харчових продуктів відносять алергени.

Небезпечні чинники біологічного походження

Харчовим продуктам можуть загрожувати небезпечні чинники біологічного походження. Їх джерелом може бути сировина, або вони можуть виникати на певних етапах технологічної обробки, що застосовується для виробництва

кінцевого продукту. Біологічні чинники поділяються на такі групи: мікроорганізми, бактерії, віруси, паразити; гриби, дріжджі.

Хімічні небезпечні чинники

Забруднення хімічного характеру може трапитися на будь-якому етапі процесу виробництва та обробки. Хімічні речовини можуть бути корисними та спеціально додаватися до деяких продуктів, наприклад, пестициди застосовуються у вирощуванні фруктів та овочів. Хімічні речовини не становлять небезпеки, якщо вони використовуються правильно, або перебувають під контролем. Потенційний ризик для споживачів підвищується, коли вміст хімічних речовин не контролюється, або коли рекомендовані норми перевищуються. Присутність хімічної речовини не завжди становить небезпеку. Чи є вона небезпечною, чи ні, залежить від її кількості. Токсичний ефект деяких хімічних речовин виявляється тільки у випадку піддавання їхньому впливу протягом тривалого часу. Щодо таких речовин нормами встановлюються певні обмеження. Хімічні небезпечні чинники можна розділити на три категорії:

- хімічні речовини, що виникають природнім шляхом;
- спеціально додані хімічні речовини;
- неспеціально або випадково додані хімічні речовини.

Фізичні небезпечні чинники

До небезпечних чинників фізичного походження відносяться будь-які потенційно шкідливі сторонні предмети, яких звичайно у харчових продуктах немає. Якщо помилково спожити сторонній матеріал або предмет, це, вірогідно, призведе до задухи, фізичного пошкодження або інших шкідливих наслідків для здоров'я. Саме на фізичні небезпечні чинники споживачі скаржаться найчастіше, бо травма виникає одразу або незабаром після споживання їжі, і джерело небезпеки виявити легко. Прикладами матеріалів, які можуть становити фізичну небезпеку можуть бути: скло, метал, каміння — якщо потрапляє в продукти харчування спричиняє порізи, кровотечі, пошкодження ротової порожнини та шлунково-кишкового тракту; для виявлення або видалення може бути потрібне хірургічне втручання.

Якість продукції – це сукупність властивостей продукції, що зумовлюють її придатність задовольняти певні потреби у відповідності з її призначенням (ГОСТ 15467-79). Якісна продукція має високі споживчі властивості, стає предметом підвищеного попиту, повністю задовольняє потреби споживачів, сприяє зростанню прибутку. Мета управління якістю продукції – це забезпечення виробництва продукції, яка відповідає вимогам конкуренції на ринку при мінімізації витрат, з урахуванням інтересів споживачів і вимог безпеки та екологічності продукції.

В Україні впровадження системи управління безпечністю харчових продуктів на основі концепції НАССР розпочато ще у 2002 р. Через рік введено в дію національний стандарт України ДСТУ 4161-2003 «Систем управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги» [3]. Цей стандарт можна використовувати як для впровадження систем управління безпечністю харчових продуктів (продовольчої сировини) так і для сертифікації цих систем.

8.2 Технохімічний і мікробіологічний контроль виробництва та його метрологічне забезпечення

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

Лабораторію доцільно розміщувати в головному корпусі на першому або другому поверсі. Приміщення має бути світлим, просторим, без можливості потрапляння пилу і диму, обладнане водопроводом, каналізацією, припливно - витяжною вентиляцією, опаленням, мати природне та штучне освітлення. Лабораторії мають приміщення для технічних, аналітичних і мікробіологічних аналізів. На кожну одиницю обладнання в лабораторії має бути паспорт підприємства - виробника та розроблена й затверджена керівником установи інструкція. Правильна організація роботи заводської лабораторії забезпечує успішне проведення всієї системи контролю, покладеного на її працівників [3,6].

Схему технохімічного контролю варильного відділення наведена в табл. 8.1 [31].

Таблиця 8.1

Схема технохімічного контролю виробництва

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

Продовження табл. 8.1

1	2	3	4	5	6	7
Рисовасічка	В кожній пробі	Колір	Органолептично	Від білого до жовтуватого	–«»–	–«»–
		Смак		Без сторонніх присмаків, плісняви		
		Масова частка вологи, %	Прискореного сушіння	Не більше 10 %		
Хміль гранульований	В середній пробівід партії	Масова частка вологи, %	Прискореного сушіння	7,0...10,0	Під час приймання	Інженер-хімік
		Масова часткаα-кислот, %	Полярим етричний	Не менше 2,5		
Вода для технологічних цілей	В середній пробі	Запах, смак, прозорість	Органолептично	Відповідає стандартним показникам	Кожний день	Інженер-хімік
		Жорсткість, ммоль/дм³	Комплексонометричний	2,0...4,0		
	В середній пробі	Окислюваність, мг O_2/дм³	Перманганатометричний	Не більше 0,2	Те ж	Інженер-хімік
	В середній пробі	Лужність, моль/дм³	Титрування соляною кислотою з індикатором фенолфталеїном	0,5...1,5	–«»–	–«»–
Подрібнення солоду	Бункердля солоду	Склад помелу, %:лузга крупка мілка крупка крупна борошно	Ваговий	15...18 30...35 18...22 25...35	Не рідше 1 разу на декаду і під час установлення валків солододробарок	Інженер-хімік
Приготування затору	Заторний апарат	pH затору	pH- метром	5,4...5,6	1 раз у 10 днів	Інженер-хімік

Закінчення таблиці 8.1

1	2	3	4	5	6	7
Гаряче сусло	Сусло-варильна лінія	pH сусла	pH-метром	5,4...5,6		
		Повнота оцукрювання	Проба на йод	Відсутність темного забарвлення		
		Кольоровість, $см^3$ 0,1 моль/ $дм^3$ р-ну I_2 на 100$см^3$ води	Порівняння з розчином йоду	Світле – 0,36...0,63, темне – 9...10		

Мікробіологічний контроль

Мікробіологічні показники у виробництві пива визначають за кількістю мезофільних аеробних і факультативних анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ), кількістю колоноутворюючих одиниць (КОЕ), кількістю бактерій групи кишкових паличок (БГКП) (табл. 8.2) [31].

Таблиця 8.2

Мікробіологічні показники, що регламентують якість пива

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

Метрологічне забезпечення технологічного процесу

Метрологічне забезпечення на підприємстві вказане в табл. 8.3 [32].

Таблиця 8.3

Метрологічне забезпечення заводської лабораторії

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

Закінчення табл. 8.3

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

9 СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТА ЕНЕРГО- І РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

Система екологічного управління — це сукупність організаційної структури, діяльності та ресурсів, спрямованих на формування, здійснення, аналіз та актуалізацію екологічної політики підприємства. Основними елементами цієї системи є планування, впровадження, оцінювання та удосконалення екологічних аспектів діяльності підприємства, що сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля.

У будь-якому бізнесі чи галузі існує оптимальний рівень енергоспоживання, якого можна досягти — це максимальна кількість енергетичних витрат, які можна мінімізувати за допомогою раціональних технологічних заїодів і технічних рішень. Це обмеження відповідає поточному рівню технічного оснащення галузі. Застосовуючи різні організаційні та технічні стратегії, можливо наблизитися до теоретичного значення рівня енергоспоживання.

З метою запобігання шкідливому впливу викидів летких речовин в навколишнє середовище необхідно враховувати екологічні аспекти щодо захисту середовища і кінцевих продуктів. Ведення екологічного управління слід починати з екологічного аналізу, який характеризує діяльність окремих виробничих відділень. Важливим для пивоварних заводів є показник кількості шкідливих речовин у відходах на одиницю об’єму пива, що випускається.

Виробництво пива пов’язано з утворенням ряду відходів та вторинних продуктів, які можуть нести небезпеку забруднення навколишнього середовища і по цій причині мають бути видалені або утилізовані [6]:

– відходи – дробина, пивна і хмелева дробина, картон, папір, фільтруючий матеріал, обмежено: білкові завислі часточки, відстій, пил від перероблюваної сировини;
– стічні води – залишки пива, конденсат мокрої пари, вода, в якій замочують продукт, вода для БрН, промивна вода, зависі твердих речовин, залишки хмелю, розчини із станції CIP, лужні і кислотні стоки, солі металів, залишки масел, жирів та ін.

Використання відходів пивоварного виробництва. Білковий відстій одержують при охолодженні та освітленні сусла у відстійному апараті, гідроциклоні або сепараторі. Він складається переважно з білководубильних сполук, що виділилися із сусла під час його кип’ятіння з хмелем або при охолодженні.

На 100 кг засипу солоду одержують у середньому 2…3 кг білкового відстою вологістю 80 %. Склад сухої речовини білків відстою такий, %,: водорозчинних екстрактивних речовин — 38, хмельових смол — 16, білкових речовин —35, клітковини — 6 і мінеральних речовин — 4. За хімічним складом білковий відстій на всіх підприємствах будь-якої потужності доцільно додавати до пивної дробини і реалізувати разом з нею у господарства на відгодівлю худобі або переробляти у біогаз [20,22].

Таблиця 9.1

Характеристика відходів і викидів виробництва пива та рекомендації щодо їх використання

№ з/п	Найменування відходів і викидів	Агрегатний стан	Речовини та їх склад	Фізико – хімічні і теплофізичні властивості	Рекомендації щодо використання
1.	Діоксид вуглецю	газ			Для отримання рідкої вуглекислоти
2.	Дробина (W=32%)	тверде тіло	Вода, органічні сполуки, мінеральні речовини	Не горючий	На корм худобі
3.	Білковий осад (W=80 %)	тверде тіло	Вода, органічні сполуки	Не горючий	На корм худобі
4.	Залишкові, некондиційні дріжджі	емульсія	Білкові речовини, вуглеводи, жири, мінеральні речовини	-	На корм худобі
5.	Стічні води	рідина	залишки пива, конденсат мокрої пари, вода, в якій замочують продукт, вода для БрН		Очистка на очисних спорудах
6.	Відпрацьований кізельгур	тверде тіло	Діатоміт, кларсель,	Не горючий, не розчинний у воді, висока пористість	Утилізація на декантерних центрифугах
7.	Тверді побутові відходи	тверде тіло			Висушування та переробка

Хмельова дробина — менш цінні відходи, оскільки поки що вони не набули ефективного застосування. Безводної хмельової дробини одержують 60 % від заданого в сусло хмелю. Таким чином, із 1 кг хмелю, який використовують для виробництва сусла, одержують приблизно 4 кг хмельової дробини вологістю 85 %. Вона містить 4,46 % сирого протеїну, 26,15 % безазотистих екстрактивних речовин, 3,34 % екстракту ароматичних речовин і 5,36 % клітковини. За складом і засвоюваністю хмельову дробину прирівнюють до лугового сіна, вона містить близько 50 % засвоюваних речовин.

Солодова дробина. В середньому на 1000 дал виробленого пива утворюється біля 2,5 т пивної дробини вологістю 86 % і до 50 дал залишкових дріжджів, тому на полігонах пивоварних заводів за сезон накопичується велика кількість відходів виробництва. Солодова дробина містить ще 0,5-0,7 % вимивного екстракту. До її складу входять зернові оболонки, нерозчинні частини зерна, що містять, в основному, полісахариди, майже весь жир і значну частину білкових речовин вихідної сировини, а також органічні кислоти, переважно молочну.

Солодова дробина є досить цінним кормом для тваринництва, вона містить понад 25 % поживних речовин вихідної сировини, значну кількість клітковини і білкових речовин, та 0,5-0,7 % вимивного екстракту. Утилізація пивної дробини на полігонах негативно впливає на екологію, а також згідно із статтею 68 Закону України «Про охорону навколишнього середовища» є платною процедурою, тому вигідніше продавати дробину на корм для тварин. Сира пивна дробина використовується фермерами для відгодівлі домашніх тварин як молокогінний високобілковий корм та як корм для птиці [20]. Солодову дробину зневоднюють за допомогою спеціального барабанного сита або конічного шнекового пресу, і в такому вигляді вона може зберігатися тривалий час [6].

Одним із варіантів є перетворення відходів, зокрема дробини, в біогаз [22,33]. Перетворення органічних відходів в метан здійснюється за допомогою анаеробних змішаних культур.

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

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

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

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

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

У варильному відділенні пивзаводу мають місце втрати вторинної теплової енергії, Одним із обов'язків організації в енергетиці є впровадження заходів, спрямованих на мінімізацію невиробничих втрат енергії, що стосується використання енергозберігаючих технологій [22,33]. Енергозберігаючі технології — це інвестиції в майбутнє. Найбільш надійним підходом до боротьби зі зростанням вартості обмежених джерел енергії є використання енергоефективних та енергозберігаючих технологій. Останнім часом дискусії навколо альтернативних джерел енергії та систем енергозбереження набувають все більшого значення.

У контексті управління енергією підприємства енергетичні ресурси класифікують на первинні та вторинні джерела. Первинні енергетичні ресурси — це легкодоступні або спеціально вироблені підприємством джерела енергії для власного використання чи підтримки своєї діяльності. Вторинні енергетичні ресурси відносяться до потенціалу певного виду енергії (теплової, хімічної, механічної, електричної), що зберігається у відходах, напівпродуктах або готових продуктах, що утворюються в процесі виробництва. Першим кроком до ресурсозбереження має бути зменшення виробничих втрат. Удосконалення технологічних операцій для мінімізації втрат сировини, напівфабрикатів і готової продукції на кожному етапі

виробництва є високоефективним і досить доступним ресурсозберігаючим прийомом [2]

Заходи щодо енергозбереження:

Освітлення: установка регуляторів освітлення і датчиків; енергозберігаючі лампи для приміщень і вулиці; фарбування стін та стелі в світлі тони.

Збереження тепла. Теплозахист приміщень: встановлення склопакетів, утеплення вікон та дверей, підлоги, стін. Ізоляція, яка може посилити теплообмін і зменшити втрати теплової енергії. Рішення для теплоізоляції стін складських приміщень забезпечується зовнішнім використанням таких матеріалів, як поліуретан і кераміка. Піна товщиною 10 см, нанесена на зовнішню поверхню резервуарів, може знизити теплопровідність до 35 %.

Повторне використання води. Вода, яка використовується в процесі охолодження пивного сусла, може бути повторно використана для приготування заторів, що призводить до збереження пари та гарячої води.

Відходи пивоварного виробництва збільшують концентрацію речовин в забруднених стічних водах. Ці забруднювачі в стічних водах потребують ефективної очистки і визначають матеріальні затрати у вигляді податку за скидання промислових стоків. Для економії потрібно проводити заходи, направлені на зменшення кількості забруднюючих речовин шляхом включення в роботу очисних установок [6,9].

В заторних, фільтраційнму і сусловарильному апаратах вторинна пара відводиься через трубопровід в атмосферу. Доцільно використовуквати її енергетичний потенціал для нагрівання технічної води або на потребу відділення.

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

Заходи щодо охорони навколишнього середовища

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

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

10 ЗАХОДИ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ПРАЦІ НА ВИРОБНИЦТВІ

В Україні у виробництві харчових продуктів спеціалізується більше 22 тисяч підприємств при цьому існує проблема недостатності полігонів, неефективного поводження з відходами та їх утилізація.

Зростання обсягів виробництва продовольства супроводжується зростанням екологічного навантаження на природне середовище через дію антропогенних, техногенних чинників та ресурсоспоживання.

Екологічна безпека при здійсненні промислового виробництва – це стан, за якого функціонування промислових підприємств прямо або опосередковано не призводить до погіршення якості навколишнього середовища, нанесення прямих або опосередкованих збитків населенню або державі, або підприємницьким структурам. Забезпечення екологічної безпеки можливо у тому разі, коли здійснюватиметься управління екологічними ризиками протягом усього технологічного циклу виробництва продукції.

У процесі виробництва пива утворюється значний обсяг забруднених стічних вод, включаючи відбракований продукт і воду для промивки обладнання. При цьому стічні води містять токсичні речовини, і якщо не проводити очищення таких стоків, вони можуть завдати шкоду навколишньому середовищу завдяки високому вмісту органічних речовин.

Особливу небезпеку складають тверді відходи, які можуть містити: органічні речовини, включаючи дріжджі, відходи від процесів фільтрації та освітлення; гідрокарбонат, одержаний під час попереднього очищення води; шлак із очисних споруд стічних вод; небезпечні відходи, включаючи відпрацьоване масло і розчинники після технічного обслуговування та експлуатації обладнання.

Відпрацьовані залишки на дні цистерни і в трубах, а також відбраковане пиво утворюють значну кількість органічних відходів. Для пакування у пивоварній промисловості використовується скло, алюміній, пластик, картон, поліетилентерефталат та целофанова плівка. Частина пакування виступає як зворотна тара, а інша – повинна утилізуватися [18,19].

Відходи пивоварного виробництва збільшують концентрацію речовин в забруднених стічних водах. Ці забруднювачі в стічних водах потребують сильної очистки, установок і визначають матеріальні затрати у вигляді податку за скид промислових стоків. Для економії потрібно проводити заходи по зменшенню кількості забруднюючих речовин і збільшення кількості очисних установок. Для очищення стічних вод використовуються різні очисні установки [18,19].

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

При прийомі несолоджених зернопродуктів, при їх транспортуванні і подрібненні утворюється пил, який, є джерелом забруднення на виробництві. Пил повинен видалятися шляхом аспірації, відділення і збору. Все обладнання підготовчого цеху підключено до єдиної аспіраційної системи, примусової витяжки, яка забезпечена на виході очисткою газопилового потоку з високим коефіцієнтом очистки [18,19,20].

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

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

Одним із варіантів є перетворення відходів, зокрема дробини, в біогаз [33]. Перетворення органічних відходів в метан здійснюється за допомогою анаеробних змішаних культур.

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

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

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

Солодова дробина є досить цінним кормом для тваринництва, вона містить понад 25 % поживних речовин вихідної сировини, значну кількість клітковини і білкових речовин, та 0,5-0,7 % вимивного екстракту. На заводі солодову дробину зневоднюють за допомогою спеціального конічного шнекпресу, і в такому вигляді вона може зберігатися тривалий час [18,19].

Хмельова дробина – менш цінний відхід, оскільки не набула ще ефективного застосування. Безводної хмелевої дробини одержують 60 % від заданого в сусло хмелю. Вона містить 50 % засвоюваних речовин. Однак через дуже виражений гіркий хмелевий смак худоба не їсть такого корму. Найкращий спосіб використання хмелевої дробини – одержання з неї біогазу [33].

Білковий осад одержують при освітленні та охолодженні сусла у гідро циклоні. Він складається переважно з білково-дубильних сполук [20].

Надлишкові пивні дріжджі являють собою високоякісний харчовий продукт. Вони є джерелом легкозасвоюваних білків, вуглеводів, жирів, вітамінів комплексу В, а також Е, Д. На заводі надлишкові дріжджі реалізують в сирому вигляді на корм тваринам [20].

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

Загазованість.

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

Запиленість.

За вимогами ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» природний пил знаходиться в повітрі в звичайних умовах мешкання людини в межах концентрацій 0,1... 0,2 мг/м^3. В промислових центрах, де працюють великі підприємства, його концентрація не буває нижчою від 0,5 мг/м^3, а на робочих місцях запиленість повітря іноді сягає 100 мг/м^3 . Значення ГДК для нейтрального пилу, не маючого отруйних домішок, дорівнює10 мг/м^3.

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

Шум.

У варильному відділенні джерелом шуму є насоси і приводи пристроїв для перемішування. Норми шуму на робочих місцях регламентуються відповідно до вимогам ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» і вказані в таблиці 13.2 [8].

Засоби захисту від шуму:

1) використання засобів індивідуального захисту;

2) дистанційне управління, що виключає передачу шуму на робочі місця;

3) приміщення в якому розміщене обладнання з підвищеним шумом, повинні бути ізольовані і обладнаними засобами для шумоізоляції.

Вібрація

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

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

Освітлення.

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

Штучне освітлення може бути робочим, аварійним та евакуаційним. Система загального освітлення повинна забезпечити рівномірне освітлення всього відділення для візуального контролю за перебігом технологічних процесів приготування пивного сусла. Для освітлення робочих місць крім стаціонарних приладів можуть використовуватись переносні світильники. Для освітлення внутрішньої поверхні технологічного обладнання дозволяється використовувати світильники з напругою до 12 В [4].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи був проведений літературний пошук інноваційних технологій приготування пивного сусла. Для виробництва проектованих сортів пива розроблені принципова і апаратурно-технологічні схеми з використанням сучасного обладнання і модернізованого фільтраційного апарата, використаний передовий досвід провідних вітчизняних та зарубіжних підприємств. Для вирішення поставлених задач були в роботі прийняті наступні технологічні рішення і технічні заходи:

1. Транспортування зернопродуктів із сховища відбувається механічним транспортом (за допомогою норії та шнекового транспортеру).
2. Подрібнення солоду здійснюють у дробарці мокрого помелу; для подрібнення ячменю встановлена двохвалкова дробарка.
3. Затирання солоду і несолодженої сировини (ячменю і рисової січки) проводять одновідварним способом.
4. Фільтрування заторів відбувається у модернізованому фільтраційному апараті, оснащеного окремим фільтраційним блоком для зняття прозорого сусла із верхніх шарів.
5. Кип'ятіння сусла здійснюють у сусловарильному апараті компанії «Shteinekker», оснащеного внутрішнім перколятором з подвійним відбивним екраном. Для кип'ятіння сусла обрано динамічний спосіб за низького надлишкового тиску. Такий спосіб дозволяє інтенсифікувати всі процеси, які відбуваються у сусловарильному апараті, у тому числі видалення небажаних ароматичних речовин, зменшити концентрацію диметилсульфіду до нормативних значень (до 50 мкг/дм^3), скоротити тривалість кип'ятіння від 90 до 60 хв і завдяки цьому зменшити енерговитрати у варильному відділенні на 30 %.
6. Охмелення сусла відбувається шляхом екстрагування гірких α і β-кислот під час циркуляції сусла через збірники з гранульованим гірким та ароматичним хмелем та їх ізомеризації в сусловарильному апараті.
7. Освітлення охмеленого сусла здійснюють в гідроциклонному апараті «Вірпул», охолодження – в двохсекційному пластинчастому теплообміннику.

В кваліфікаційній роботі приведені продуктові розрахунки, розрахунки витрат основних і допоміжних матеріалів, габаритних розмірів основного і допоміжного технологічного обладнання, обрано марку (тип) устаткування, розроблено принципову та апатурно-технологічну схеми, схеми технохімічного та мікробіологічного контролю, вказано метрологічне забезпечення технологічних процесів приготування пивного сусла.

Обрані технологічні способи і режими дозволяють виготовляти проектовані сорти пива: «Поліське світле» (11%), «Коростенське світле» (12 %) і «Коростенське темне» (14 %), якісні показники яких відповідають вимогам ДСУ 3888-2015, а фільтрування заторів у модернізованому фільтраційному апараті, дає можливість підвищити потужність варильного відділення без погіршення якості пивного сусла шляхом зменшення тривалості фільтрування і збільшення кількості варок до 12 на добу, зменшити навантаження на сито і енерговитрати на роботу розпушувача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гетун Г.В. Основи проектування промислових будівель: навч. посіб./ Г.В. Гетун. — К.: Кондор, 2003. — 210 с.
2. Гуць, В.С. Основи будівництва в галузі: конспект лекцій для студентів напряму 6.051401 «Біотехнологія» денної та заочної форм навчання / В. С. Гуць, О. В. Євтушенко. – К.: НУХТ, 2011. – 109 с.
3. Державні санітарні норми і правили для підприємств, що вироблюють солод, пиво та безалкогольні напої: ДСанПіН 4.4.4-152-2008. – [Чинний від 2011-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 37 с. (Державні санітарні норми та правила).
4. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. Наказ від 03.10.2018 № 264 Про затвердження ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Київ: ДП «НДІБК» , 2018.
5. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Вода питна. «Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». [Чинний від 12.05.2010 р.]. Зареєстровано в міністерству юстиції України 1 липня 2010 р. за № 452/17747. (Нормативний документ Мінздраву України. Державні санітарні норми та правила). [Чинний від 2010-12-05]. Київ: Держспоживстандарт, 2015. 38 с.
6. ДСанПіН 4.4.4.-152-2008. Державні санітарні норми і правила для підприємств, що виробляють солод, пиво та безалкогольні напої. [Чинний від 2008- 01-01]. Київ: Держспоживстандарт, 2007. 9 с
7. ДБН А.2.2-3-2014. Державні будівельні норми України. Склад та зміст проектної документації на будівництво [Введ. в дію 01.10.2014]. Київ: Мінрегіон України, 2014. 33 с.
8. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова від 01.12.1999 № 39. [Чинний від 1999-12-01]. Київ: МОЗ України, 1999. 9 с.
9. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. [Чинний 2015-02-01]. Київ: Мінекономрозвитку України, 2014. 25 с.
10. ДСТУ 4965:2008 Рис. Технічні умови [Чинний від 2010–07–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 14 с.
11. ДСТУ 4282:2018. Солод пивоварний ячмінний. Загальні технічні умови. [Чинний від 2018–1–01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 14 с.
12. ДСТУ 4621:2006. Кислота молочна харчова. Загальні технічні умови. [Чинний від 2008-03-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 10 с.
13. ДСТУ 7067:2009. Хміль. Технічні умови. [Чинний від 2011-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 16 с.
14. ДСТУ 4098.1-2002. Хміль ароматичний. Технічні умови. [Чинний від 2003-01-01]. Київ: Держстандарт України, 2002. 16 с.
15. ДСТУ 4097.1–2002. Хміль гіркий. Загальні технічні умови. [Чинний від 2003-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2002. 19 с. – (Національний стандарт України).

16. ДСТУ 3769-98. Ячмінь. Технічні умови. [Чинний від 1998-26-06]. Київ: Держспоживстандарт України, 1998. 18 с.
17. ДСТУ 3888:2015. Пиво. Загальні технічні умови:. – [Чинний від 2015-05- 28]. – К.: Держспоживстандарт України, 2015. – 15 с. – (Національний стандарт України).
18. Домарецький В.А. Технологія солоду та пива: підруч./ В.А. Домарецький. — К.: ІНКОС, 2004. — 426 с.
19. 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.
20. Кунце В. Технология солода и пива: пер. с нем. /В. Кунце, Г. Мит. — СПб.: Профессия, 2009. — 1100 с.
21. Курсове і дипломне проектування: методичні рекомендації щодо складання принципових і апаратурно-технологічних схем та умовно-графічних зображень вапаратурно-технологічних 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.– К.: НУХТ, 2012. – 39 с.
22. Куц, А.М. Комплексна дисципліна. Харчові технології. Модуль 6. Технології продуктів бродіння і виноробства: [Електронний ресурс]: конспект лекцій для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 181 «Харчові технології» освітньо-професійних програм «Харчові технології та інженерія» та «Харчова експертиза та безпека харчової продукції» денної та заочної форм навчання /А.М. Куц, Ю.В. Булій, М.В. Карпутіна. Київ: НУХТ, 2023. 322 с.
23. Метод. вказівки до виконання кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 181 «Харчові технології» освітньо-професійної програми «Харочрві технології та інженерія» денної та заочної форм здобуття освіти [Електронний ресурс] / О.В. Кочубей- Литвиненко, А.Г. Пухляк, В.Г. Юрчак, Г.О. Сімахіна, Н.О. Стеценко, А.М. Куц, В.І. Бабенко, Є.1. Харченко, 0.1. Гаїцук, Н.А. Гусятинська, [СЙ. Крижанівський Т.Т. Носенко - К.: НУХТ, 2024. – 62 с.
24. Нарцисс, Л. Краткий курс пивоварения / Л. Нарцисс; при участии В. Бака; пер. с нем. А. А. Куреленкова. — СПб.: Профессия, 2007. — 640 с.
25. НПАОП 0.00-7.14-17 Вимоги безпеки та захисту здоров’я під час використання виробничого обладнання працівниками. [Чинний від 23.01.2018]. Київ. 2017. 24 с.
26. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: підруч. / І.С. Гулий, М.М. Пушанко, Л.О. Орлов та ін. // за ред. І.С. Гулого. — Вінниця: Нова книга, 2001. — 576 с.
27. Охорона праці в галузі: харчові технології. Навчальнй посібник для студентів спеціальності «181 Харчові технології» / О.В. Войналович, Є.І. Марчишина, М.М. Мотрич. — ЦУЛ, 2020. – 376 с.
28. Пиво. Загальні технічні умови: ДСТУ 3888:2015.– [Чинний від 2015-05-28].– К.: Держспоживстандарт України, 2015 р. – 17 с. – (Національний стандарт України).

29. Романова З.М. Проектування підприємств галузі: конспект лекцій для студентів спеціальності 6.091700 «Технологія бродильних виробництв і виноробства» денної та заочної форм навчання / З.М. Романова, М.В. Карпутіна. — К.: НУХТ, 2009. — 62 с.
30. Технологія солоду, пива та безалкогольних напоїв у задачах і прикладах/ А.Є. Мелетьєв, В.А. Домарецький, С.Р. Тодосійчук та ін.; за ред. А.Є. Мелетьєва. – К.: НУХТ, 2007. – 256 с.
31. 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.
32. Стандартизація, сертифікація, метрологія та управління якістю : навчальний посібник / укл. : Воробець М.М., Кондрачук І.В. Чернівці : Чернівец. нац. ун-т ім. Юрія Федьковича, 2022. 104 с.

Електронні ресурси

33. Технологія галузі. Проектування варильного цеху [Електронний ресурс] // Навчальний посібник. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: http://irbis.bti.secna.ru/doc3/2013-13.pdf.
34. GEA. Зниження енерговитрат [Електронний ресурс] // GEA. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: https://www.gea.com/ru/products/ess-energy-storage-system.jsp.