

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

**Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових технологій
ім. акад. І.С. Гулого**

Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 2024 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Олександр ГАВВА
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми **Інжиніринг харчових виробництв**

на тему: **Дослідження процесу подрібнення пивоварного солоду в агрегаті
мокрого подрібнення Millstar та удосконалення його конструкції**

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗОХ-2-2М

Ковальов Костянтин Вікторович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Удодов Сергій Олександрович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти Юрій БОЙКО
(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

Рецензент _____
(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) **Навчально-науковий інститут харчових технологій ім. акад. І.С. Гулого**

Кафедра **Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв**

Освітній ступінь **Магістр**

Спеціальність **133 «Галузеве машинобудування»**

(код і назва)

Освітньо професійна програма **Інжиніринг харчових виробництв**

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАХФВ

Олександр ГАВВА

“ _____ ” _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ковальова Костянтина Вікторівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи **Дослідження процесу подрібнення пивоварного солоду в агрегаті мокрого подрібнення Millstar та удосконалення його конструкції**

керівник роботи Удодов С.О., к.т.н., доц.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 08 ” листопада 2023 р. № 918-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2024р. _____

3. Вихідні дані до роботи Технічна та технологічна документація на обладнання. Технічні умови. Науково-технічна документація. Креслення. Навчальні посібники. Методичні рекомендації. Словники. Посібники.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _ Анотація. Вступ. Техніко-соціальне обґрунтування. Аналіз технологічних та технічних рішень процесу подрібнення пивоварного солоду. Опис фрагменту апаратурно-технологічної схеми приготування пивного суслу. Підбір конструкційних матеріалів. Опис будови та принцип роботи обладнання. Дослідження процесу подрібнення пивоварного солоду в установці мокрого подрібнення. Результати наукових досліджень. Розрахункова частина. Монтаж та технічний сервіс. Техніка безпеки при експлуатації обладнання. Система керування. Технологія машинобудування. Висновки. Література.

5. Перелік графічного матеріалу 1. Загальний вигляд. 2. Вузол модернізований. 3. Креслення машинобудування.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологія машинобудування	Юрій БОЙКО, доц.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.11.23	Виконано
2	Анотація	20.11.23	Виконано
3	Аналіз технологічних та технічних рішень процесу подрібнення пивоварного солоду	05.12.23	Виконано
4	Опис фрагменту апаратурно-технологічної схеми приготування пивного сусла	10.12.23	Виконано
5	Підбір конструкційних матеріалів.	20.12.23	Виконано
6	Опис будови та принцип роботи обладнання	10.01.24	Виконано
7	Дослідження процесу подрібнення пивоварного солоду в установці мокрого подрібнення	15.01.24	Виконано
8	Розрахунки	18.01.24	Виконано
9	Монтаж та технічний сервіс обладнання	20.01.24	Виконано
10	Техніка безпеки при експлуатації обладнання	22.01.24	Виконано
11	Система керування	24.01.24	Виконано
12	Технологія машинобудування	26.01.24	Виконано
13	Висновки	28.01.24	Виконано
14	Література	28.01.24	Виконано
15	Креслення	24.01.24	<i>Виконано</i>

Здобувач

(підпис)

Костянтин КОВАЛЬОВ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Сергій УДОДОВ

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на тему «Дослідження процесу подрібнення пивоварного солоду в агрегаті мокрого подрібнення Millstar та удосконалення його конструкції» виконаний згідно технічного завдання.

Під час виконання магістерської роботи здійснений глибокий та ретельний аналіз сучасного стану техніки та технології пивоварної галузі промисловості в розрізі технологічного обладнання, що застосовується для подрібнення зернових матеріалів. Проведений детальний аналіз технічних та технологічних рішень процесу подрібнення твердих матеріалів взагалі та безпосередньо процесу подрібнення пивоварного солоду. Все це дозволило визначитися із найбільш доцільним та ефективним обладнанням для здійснення процесу подрібнення пивоварного солоду в технології пивоваріння.

В результаті проведеного ретельного аналізу визначено актуальність теми дослідження, мета та об'єкт дослідження. Сформульовані задачі та здійснені теоретичні дослідження, проведені експерименти. В ході виконання роботи було розроблено:

- модель процесу мокрого подрібнення за допомоги математично – статистичних методів,
- інженерна методика розрахунку технологічних та конструктивних параметрів установки.

Здійснено енергетичний, кінематичний та конструктивний розрахунок установки для мокрого подрібнення солоду, викладені основні питання монтажу та технічного сервісу обладнання. Висвітлені питання з техніки безпеки при експлуатації обладнання, системи керування та управління, технологій машинобудування.

Ключові слова: процес, пивоварний солод, подрібнення, установка, обладнання.

ANNOTACION

The qualification work on the topic "Investigation of the brewing malt grinding process in the Millstar wet grinding unit and improvement of its design" was completed according to the technical task.

During the execution of the master's work, a deep and thorough analysis of the modern state of the equipment and technology of the brewing industry in terms of technological equipment used for grinding grain materials was carried out. A detailed analysis of the technical and technological solutions of the grinding process of solid materials in general and directly of the brewing malt grinding process was carried out. All this made it possible to determine the most appropriate and effective equipment for the milling process of brewing malt in brewing technology.

As a result of the thorough analysis, the relevance of the research topic, the goal and the object of the research were determined. Tasks were formulated and theoretical studies were carried out, experiments were carried out. In the course of the work, the following was developed:

- a model of the wet grinding process with the help of mathematical and statistical methods,
- engineering method of calculating technological and structural parameters of the installation.

The energy, kinematic and structural calculation of the unit for wet grinding of malt was carried out, the main issues of installation and technical service of the equipment were outlined. The issues of safety during the operation of the equipment, control system and management systems, engineering technologies are highlighted.

Key words: process, brewing malt, grinding, installation, equipment.

ЗМІСТ

Анотація.....	4
Зміст.....	5
Вступ.....	7
1. Техніко – соціальне обґрунтування.....	9
2. Аналіз технологічних та технічних рішень процесу подрібнення пивоварного солоду.....	12
2.1 Теоретичні аспекти процесу подрібнення пивоварного солоду.....	12
2.2 Аналіз конструктивних технічних рішень обладнання для подрібнення солоду.....	14
3. Характеристика вхідного матеріалу і готової продукції. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання	29
3.1. Характеристика вхідного матеріалу і готової продукції.....	29
3.2 Будова та принцип роботи обладнання. Опис запропонованого технічного рішення.....	33
4. Опис фрагменту апаратурно-технологічної схеми виробництва пивного сусла.....	36
5. Вибір конструкційних матеріалів	42
6. Дослідження процесу подрібнення пивоварного солоду в установці мокрого подрібнення.....	44
6.1. Мета та основні задачі наукових досліджень.....	44
6.2 Об'єкт та методика досліджень.....	45
6.3 Підбір конструкційних матеріалів до виготовлення технологічного обладнання.....	50

<i>Відповідальна організація</i>	<i>Технічне узгодження Удодов С.О.</i>	<i>Пояснювальна записка</i>			
<i>Національний університет харчових технологій</i>	<i>Ковальов К.В.</i>	<i>ЗМІСТ</i>	<i>222140.ДП.08.000.ПЗ</i>		
	<i>Габда О.М.</i>			<i>Дата видання</i>	<i>UA</i>

6.4 Експериментальна частина.....	51
6.5 Розробка моделі процесу мокрого подрібнення за допомоги математично – статистичних методів	52
6.6 Інженерна методика розрахунку конструктивно-технологічних параметрів установки мокрого подрібнення.....	59
6.7 Дослідження технічних систем із застосуванням теорії графів	63
6.8 Опис математичної моделі установки для подрібнення мокрого солоду.....	66
6.9 Аналіз результатів дослідження.....	69
6.10 Висновки.....	74
7. Розрахунки.....	75
7.1 Підбір установки.....	75
7.2 Енергетичний розрахунок.....	75
7.3 Кінематичний розрахунок.....	77
7.4 Конструктивні розрахунки.....	77
8. Монтаж та технічний сервіс.....	93
8.1 Монтаж.....	93
8.2 Технічне обслуговування	94
8.3 Сервіс.....	96
9. Система керування та управління	99
10. Техніка безпеки при експлуатації обладнання	102
11. Технологія машинобудування.....	106
Висновки.....	109
Список використаної літератури.....	110
Додатки.....	113

ВСТУП

Одне з важливих місць у виробництві життєве важливих харчових продуктів займає бродильна галузь агропромислового комплексу. Розроблення технологій нових напоїв поліпшеної харчової та енергетичної цінності – одна з основних задач харчової галузі промисловості.

Для розвитку бродильної галузі, у т. ч. пивоварної, необхідне використання інтенсивних факторів: прискорення науково-технічного прогресу; вдосконалення організації виробництва, праці та управління.

Одним з основних питань, які необхідно вирішувати, є поліпшення якості напоїв. Їх можливо досягти за рахунок удосконалення та інтенсифікації окремих стадій приготування пива, зокрема, стадії затирання пивного затору. Від ступеня досконалості обладнання для подрібнення солоду багато в чому залежать як властивості напоїв, так і загальні витрати на їх отримання.

Саме тому, моделювання процесу подрібнення пивоварного солоду є важливим та актуальним питанням у технології пивоваріння, допомагає досліджувати процеси, конструювати та удосконалювати технологічне обладнання, значно зменшивши при цьому витрати на проведення фізичних експериментів.

Актуальність теми.

В останні роки залишається актуальною проблема по розробці та впровадженню нових технологій, технологічного обладнання, інтенсифікації процесів, підвищенню продуктивності і рентабельності виробництва та покращенню якості готової продукції. Удосконалення процесів виробництва пива в напрямку поліпшення якості відповідає тенденції розвитку харчової науки.

Одним із ефективних методів приготування пивного затору є застосування процесу мокрого подрібнення зернової сировини. Заміна процесу сухого подрібнення пивоварного ячменю на мокре подрібнення сприяє позитивному впливу на фізико-хімічні показники подрібненої сировини.

Дослідження та вивчення механізму, який покращує процес подрібнення зернової сировини, її властивості та якісні показники пивного суслу, повинно привести до створення та удосконалення існуючого технологічного обладнання, яке забезпечить найбільш раціональні параметри процесу подрібнення.

Одним із шляхів вирішення проблеми покращення процесу подрібнення зернової сировини є розробка сучасних технологій та широке застосування досягнень науки і техніки у технології пивоваріння.

<i>Відповідальна організація НУХТ</i>	<i>Технічне узгодження Удадов С.О.</i>	<i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Національний університет харчових технологій</i>	<i>Ковальов К.В.</i>	ВСТУП	222140.ДП.08.000.ПЗ			
	<i>Гавда О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	UA	1/2

Розроблення та обґрунтування економічно доцільного, ефективного та раціонального технологічного обладнання, технологічного процесу, яке покращить та підвищить ефективність процесу подрібнення пивоварного солоду обумовлює актуальність та перспективи даної роботи.

1 ТЕХНІКО-СОЦІАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Дослідження процесу подрібнення пивоварного солоду в установках мокрого подрібнення є темою магістерської роботи. Останнім часом виробники напоїв намагаються завоювати ринок пивної індустрії за рахунок підвищення якості готової продукції.

Тому, у пивоварній галузі триває безперервний процес удосконалення техніки та технології пивоваріння. Він розвивається у наступних напрямках: впровадження нової більш ефективної техніки та технології, які спрянують підвищенню якості кінцевого продукту; впровадження комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів, важких і трудомістких робіт; скорочення витрат на паливо; швидка переробка виробничих відходів, скорочення загальної тривалості виробничого циклу.

Впровадження нових технологій інтенсифікує технологічні процеси, сприяє зменшенню витрат палива та електроенергії, збільшує вихід кінцевого продукту, зменшує трудові затрати та покращує якість готової продукції.

Подрібнення зернової сировини для потреб пивоваріння відіграє дуже важливу роль в процесі приготування затору та пивного суслу. Для отримання гарного помелу необхідно забезпечити певний фракційний склад подрібненого пивоварного солоду – оптимальне співвідношення крупних та дрібних фракцій.

Подрібнення зернової сировини суттєво впливає на процес приготування пивного затору. При затиранні солоду ферменти розщеплюють крохмаль і протеїни відповідно на прості цукри та амінокислоти. При затиранні лише тільки 10-15% екстракту солоду знаходиться у розчинній формі. Для вивільнення усієї маси екстракту потрібні ферменти, які були накопичені зерном під час його пророщування. Отже, затирання є цілеспрямований та планомірний процес переведення екстрактивних речовин солоду та його заміників у розчин під дією ферментів.

Значну роль у процесі затирання відіграє і ступінь подрібнення зерна. Однак, незважаючи на позитивну сторону, що відіграють мілкі частинки, оскільки в них швидше проникає вода, що забезпечує дію ферментів, а з іншої – занадто тонке подрібнення негативно впливає на наступні технологічні стадії.

Основна мета процесу подрібнення пивоварного солоду – розщеплення оболонки та подрібнення крахмаловмісної частини зерна (ендосперму) з метою забезпечення найкращого контакту з водою. Це забезпечує прискорення

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Удадов С.О.	<i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Національний університет харчових технологій</i>	Ковальов К.В.	<i>Техніко-соціальне обґрунтування</i>	22214.0.ДП.08.001.ПЗ			
	Гавда О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	UA	1

біохімічних та фізіологічних процесів, які протікають при затиранні. Результатом є інтенсивний перехід екстрактивних речовин солоду у розчин.

Якість пива є головною метою пивоварного виробництва. На сьогоднішній день якісне пиво - це перевага у конкуренції. Існуюче технологічне обладнання для подрібнення зернової сировини морально застарівши та потребує нових технічних та технологічних рішень, що дозволить вирішити цю проблему.

У сучасних конструкціях дробарок мокрого подрібнення пивоварний солод подрібнюється між парою віджимних валків. Однак, до подрібнення пивоварний солод проходить через камеру для кондиціонування.

При проведенні кондиціонування пивоварного солоду використовуються переваги мокрого подрібнення. А саме, спочатку солод протягом 50-60 с сприскується розпиленою водою температурою 50-60°C із розрахунку 60 л води на 100кг солоду. За даний короткий час воду поглинає лише тільки оболонка зернинки. Це надає їй можливість бути еластичною. Далі, орієнтовно стільки ж води поглинає поверхня зернинки. В свою чергу це впливає на те, що зерно легко відділяється від оболонки. Оболонка зернинки при цьому практично не пошкоджується і, таким чином, може бути ефективно використана у якості фільтраційного матеріалу при подальшому фільтруванні пивного затору. А це в свою чергу також позитивно впливає на швидкість фільтрації. Серединна частина зерен подрібнена значно дрібніше. Тому, може краще застосовуватися з метою розчинення крахмаловмісної сировини. Дане короткочасне кондиціонування пивоварного солоду потребує вимушеного руху солоду таким чином, щоб за короткий час досягти необхідної вологості солоду. Примусовий рух солоду здійснюють шляхом застосування шахт для замочного кондиціонування.

Пивоварний солод подрібнюється безпосередньо у розташованій нижче камері, яка призначена для зволоження. Після цього солод подрібнений відразу змішується з водою. Далі дана суміш направляється на процес затирання. Належне подрібнення зернової сировини здійснюється за рахунок спеціального рифлення пари валків.

Обладнання мокрого подрібнення значно менше пошкоджує м'якіну оболонку солоду. Це надає кращий фільтраційний прошарок при фільтрації пивного затору. Таке подрібнення зменшує запиленість приміщення де розташована дробарка. Пивоварний солод подрібнюється у мокрому вигляді, а отже можливість займання зернопродуктів у випадку створення небезпечних умов виключена. Також, зниження рівня шуму при мокрому подрібненні покращує умови праці та перебування обслуговуючого персоналу у приміщенні.

Отже, порівнюючи вітчизняне та закордонне обладнання для проведення процесу подрібнення пивоварного солоду перед його затиранням, усі переваги та

недоліки при роботі обладнання, також провівши ряд теоретичних досліджень та відповідних розрахунків, можна зробити висновок, що використання установки для мокрого подрібнення Millstar є найбільш доцільним та ефективним на сьогоднішній день в технології пивоваріння.

2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ПИВОВАРНОГО СОЛОДУ

2.1 Теоретичні аспекти процесу подрібнення пивоварного солоду

До подрібнення солод підвержують очиститиці від домішок та пилу. З цієї метою його пропускають через електромагнітний сепаратор та солодополірувальну машину. Солодополірувальні машини обладнуються аспірацією. Також, увесь солод, який йде у виробництво на переробку, повинен бути попередньо зважений.

В технології пивоваріння використовують сухе або мокре подрібнення. Мокре подрібнення, тобто подрібнення попередньо зволоженого солоду здійснюють при наявності спеціальних установок та відповідного технологічного обладнання варильних агрегатів.

Процес подрібнення сухого пивоварного солоду. При його подрібненні помел регулюють в залежності від якості солоду та типу застосовуваного для фільтрування пивного затору технологічного обладнання. Корпус дробарки для сухого подрібнення повинен бути максимально герметичен, люки та дверцята повинні щільно закриватися. Дробарка обладнується аспірацією.

Мокре подрібнення, або подрібнення частково зволоженого кондиційованого солоду. Зволоження солоду, часткове, перед його подрібненням підвищує еластичність оболонки зерна. Остання при подрібненні подрібнюється незначно. Внаслідок цього, у фільтраційному апараті створюється пухкий та пористий фільтруючий шар пивної дробини. Все це сприяє прискоренню процесу фільтрування пивного затору. А отже, і збільшенню продуктивності варильного відділення.

Зволоження солоду (часткове) здійснюють на спеціальних установках. Подрібнення сухого пивоварного солоду здійснюють на традиційних дробарках сухого помелу. А от "мокре" подрібнення здійснюється на призначених для цього спеціальних дробарках, які обладнані бункером, у якому для зволоження пивоварного солоду вода безперервно зрошує зерно. Вода циркулює по замкненому контуру. Пивоварний солод зволожують до вмісту вологи рієнтовно 18 - 22%.

Приведені способи подрібнення пивоварного солоду (сухий та попереднього зволоження) мають свої недоліки і переваги. Так, попереднє зволоження прискорює процес фільтрації пивного затору завдяки збереженню оболонок солоду. Однак тільки у випадку, якщо на подрібнення використовується солод з

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Увадов С.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Національний університет харчових технологій</i>	Ковальов К.В.	<i>Аналіз технологічних та технічних рішень процесу подрібнення пивоварного солоду</i>	222140.ДП.08.002.ПЗ			
	Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	UA	1

непошкодженими зернами. При надходженні на переробку пошкодженого солодового зерна цієї переваги вже не спостерігається.

В основному сучасне виробництво використовує подрібнення солоду - сухе подрібнення з кондиціонуванням парою (зволоження оболонки). Перевага такого способу заключається у більш легкому транспортуванні подрібненого солоду.

Процес подрібнення намагаються вести таким чином, щоб борошністу частину зерна перетворити у дрібну крупу та борошно. М'якинну оболонку зернинки намагаються зберегти та використовувати у подальшому в якості фільтруючого шару.

Найбільш оптимальний склад фракції помелу солоду при фільтрації на фільтр-апараті (у %) складає: оболонки 15-18, великої крупки 18-22, дрібної крупки 30-35; борошна 25-35. При фільтруванні на фільтр-пресі зміст борошна підвищується до 45%. Перед подрібненням за 2-3 години рекомендується зволожити зерно. Після цього вони стають більш еластичними і їх цілісність краще зберігається.

В основному для проведення подрібнення солоду застосовують чотирьох - або шестивальцеві дробарки. Шестивальцеві дробарки використовують, як правило, на великих завода. Навіть невелике підвищення виходу екстракту (на 0,5-1 %) компенсує високі витрати на їх експлуатацію.

З метою підвищення продуктивності варильного відділення до 30% запропоновано проводити подрібнення мокрого солоду на спеціальних установках. Вони складаються із замочної камери, живильного пристрою /валу/ та двовалкової дробарки. В корпусі самої дробарки під валками встановлено бункер із мішалкою та насосом.

Пивоварний очищений олод завантажується у замочну камеру установки, у яку подається тепла вода температурою 35-55°C. Частина цієї води при проходженні через шар солоду всмоктується солодом, а інша - стікає у корпус дробарки. Потім вона знову повертається за допомоги насосу в установку. Рециркуляцію води ведуть протягом 25-30 хв до досягнення вологості солодом 30%. Потім вмикають дробарку. Живильний вал дробарки при цьому порціями подає солод на вальці. При проходженні між валками оболонки зернинок знімаються майже без пошкодження. Ендосперм зерна тонко подрібнюється. Із дробарки подрібнений солод надходить у бункер. Він тут змішується з водою і потім насосом перекачується у заторний апарат. Процес подрібнення триває 30 хв.

Для проведення процесу подрібнення несоложеної сировини – ячменю, застосовують млиновий двухвальцьовий верстат із рифленою поверхнею валків.

Останні обертаються із різною частотою обертання. Верстат складається із двох самостійних частин, по два вальця у кожній. Продуктивність установки складає 0,65 т/год, потужність 17 кВт. Ячмінь при цьому подрібнюється із мінімальним руйнуванням оболонки зерна. Помел ячменю характеризується наступним фракційним складом (у %): лузга 12-22, велика крупка 20-40, дрібна крупка 25-50, борошно 15-20.

Для подрібнених зернових культур - солоду та ячменю встановлюють окремі бункера. Обсяг останніх обирають із розрахунку 3 м³ на 1 т зернової сировини.

2.2 Аналіз конструктивних технічних рішень обладнання для подрібнення солоду

Обладнання, що використовується в даний час для подрібнення можна класифікувати за такими морфологічними ознаками:

- за характером способу подрібнення (сухе, кондиціоноване, мокре);
- за характером функціонального призначення;
- по характером типу основних робочих органів (валки, молотки та ін.);
- за числом стадій подрібнення (як правило, від 1 до 3 стадій);
- за числом основних робочих органів (у валкових дробарках від 2 до 6 валків);
- по характеру конструкційного матеріалу тощо.

Дробарки, що призначені для сухого подрібнення солоду

Сухий солод із вологістю порядку 5-6% подрібнюють на багатопозиційних валкових дробарках. Такі дробарки доцільно розташовувати безпосередньо над варильним відділенням. Між дробаркою та заторним апаратом встановлюють проміжний бункер для подрібненого солоду. Таке застосування дозволяє подрібнювати солод поступово. Це в свою чергу сприяє зниженню пікового споживання електроенергії.

Ємкості бункера визначають з урахування того, що на 1 т подрібненого солоду необхідно 2,7-3,0 м³ об'єму бункера. Кут природнього сходу подрібненого солоду – 45%. Отже, щоб організувати безперешкодне спорожнення бункера, кут днища повинен бути бажано не менше 65°.

Сухе подрібнення пивоварного солоду найчастіше здійснюють за допомоги двох-, чотирьох- і шестивалкових дробарок. Рідше можна зустріти у виробництві трьох- та п'ятивалкові дробарки [14].

На підприємствах малої потужності - міні-пивоварнях тощо застосовують прості за конструкцією двохвалкові дробарки (рис. 2.1).

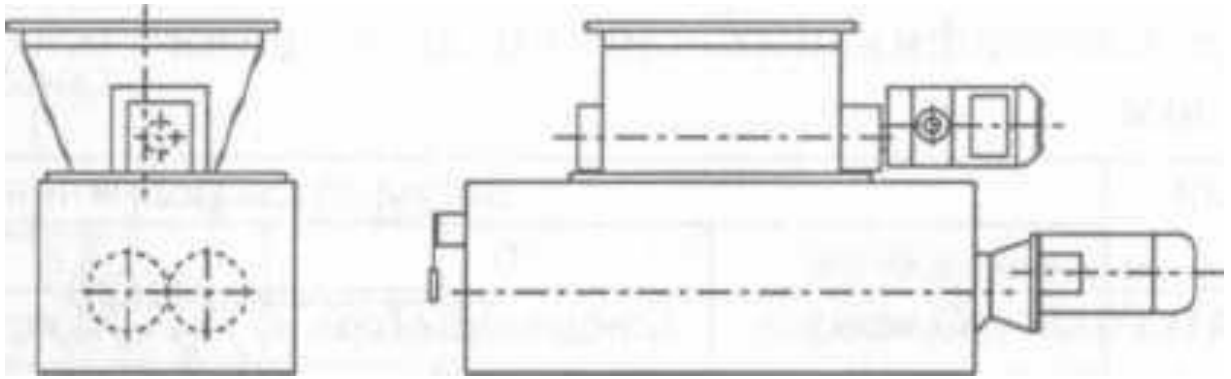


Рис. 2.1 Двохвалкова дробарка для сухого подрібнення

Валки дробарки розташовані паралельно та закріплені у підшипниках. Один із валків обертається у нерухомих, а інший - в ковзаючих підшипниках.

Оптимального виходу екстракту помелу отримати на таких установках практично не вдається, оскільки при сухому подрібненні диференціація помелу неможлива. До двохвалкової дробарки мокрому помелу чи дробаркам із замочним кондиціонуванням це не відноситься.

Помел у вирішальній мірі залежить від конструкції валків дробарок. Тому взаємне розташування валків та пристрій регулювання зазору між ними має відповідати певним вимогам.

Однією із передумов отримання найкращої якості помелу є правильна організація подачі матеріалу. Необхідно забезпечити постійний рівномірний розподіл зерен солоду по всій довжині валків і автоматичне вирівнювання коливань подачі. З цією метою кожна дробарка має живить валик із рифлями. Вид рифлення, його окружна швидкість та зазор подаючого пристрою визначають витрату солоду, що подається .

У даний час виготовлення вальців здійснюють методом відцентрового або кокільного лиття, що забезпечує необхідну твердість поверхні.

Діаметр вальців становить порядку 250 мм. Він не повинен бути менше, оскільки кут захоплення зерен стає занадто малим і знижується продуктивність дробарки. Кут захоплення τ - це кут , який утворюється в момент, коли рифлі захоплюють зерно.

Рифлення: в нових дробарках вальці завжди з рифлями (число фрезерованих складає від 600 до 900) (рис. 2.2).

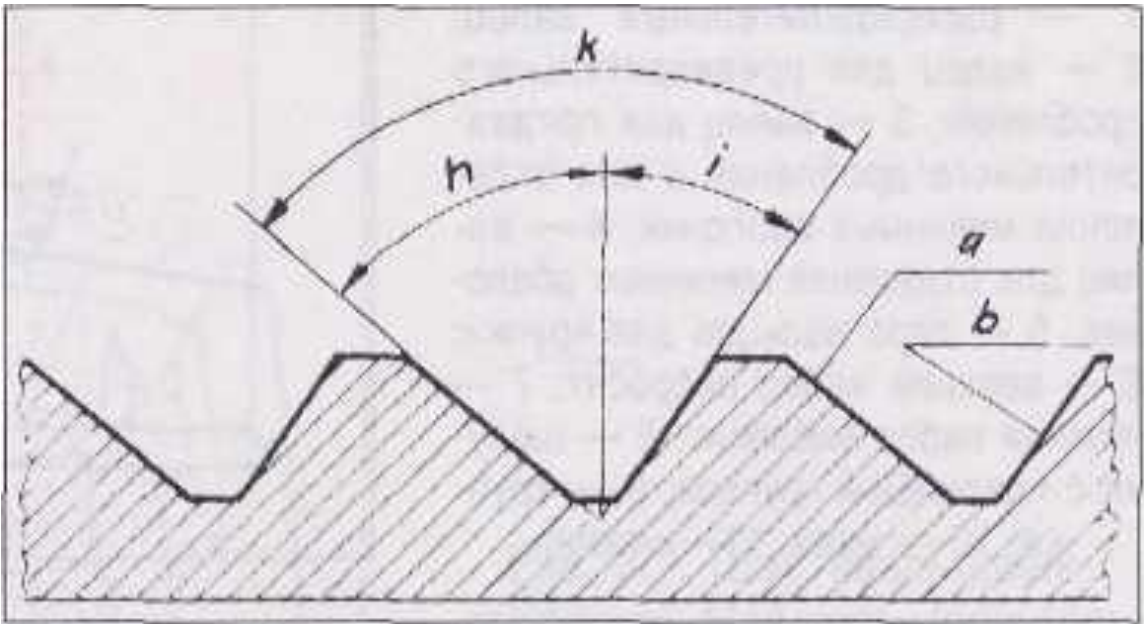
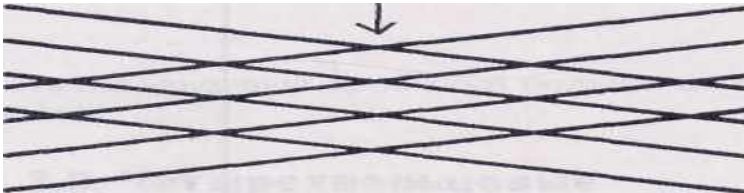


Рис. 2.2 Рифлення вальців

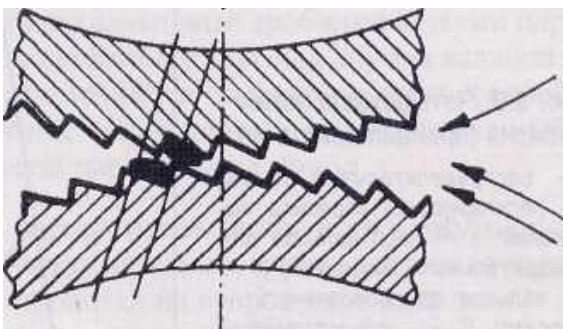
a - спинка; b - різець; i - кут різання; h - кут спинки; k - кут рифл

Ріфлі зазвичай розташовуються не паралельно осі вальців, а мають бічну закрутку. Завдяки цьому посилюється їх примаючий і різучий вплив на матеріал, що подрібнюється. Обидва валки завжди мають однакову закрутку і становлять від 4 до 14% (рис. 2.3).

Закручування рифлей вальців:



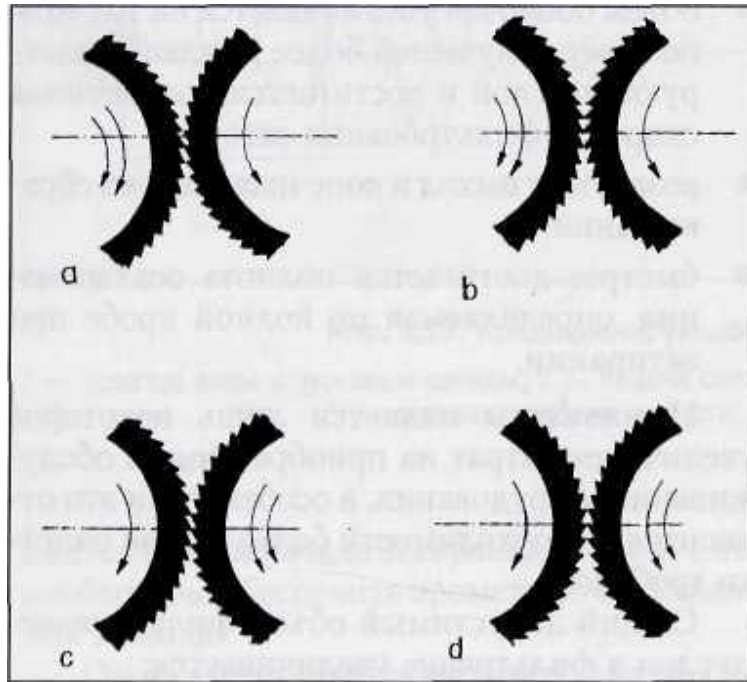
Валок, що повільно обертається



Валок, що швидко обертається

Рис. 2.3. Різуча дія рифлів вальців

Відповідно до різного взаємного розташування рифлів є 4 можливих варіанти (рис. 2.4. Для крупки завжди застосовується положення (а).



Мал. 2.4. Взаємне положення рифлів

a - різець на різець; b - різець на спинку; c - спинка на спинку; d - спинка на різець

Різниця окружних швидкостей у пари вальців з рифленням становить близько 1,25:1. Швидкий хід одного з вальців називається випередженням. У гладких вальцях розмелювальна дія досягається завдяки випередженню - 1,25:1 та притискання вальців і доданню шорсткості поверхневій структурі вальців. Завдяки притисканню вальців вони дещо вигинаються, через що у середній частині вальців неможливо отримати той же самий розмелюючий ефект, що і по краях. Шляхом «опуклої» обробки вальців можливо досягнути рівномірного ефекту подрібнення. Внаслідок попадання твердих предметів (металевих домішок, каміння і т. п.) рифлі вальців швидко затуплюються. Тому - наявність магнітних сепараторів перед дробарками обов'язкова..

Колова швидкість валків змінюється в межах:

- ◆ у валків попереднього подрібнення – від 400 до 420 об / хв;
- ◆ у валків відділення лушпиння – від 400 об / хв;
- ◆ у валків отримання крупки – від 380 до 440 об / хв.

Довжина валків становить 0,8-1,0 м; вона може коливатися від 0,4 м на невеликих до 1,5 м на великих дробарках.

Зазор між валками може регулюватися від 0 до 2,5 мм.

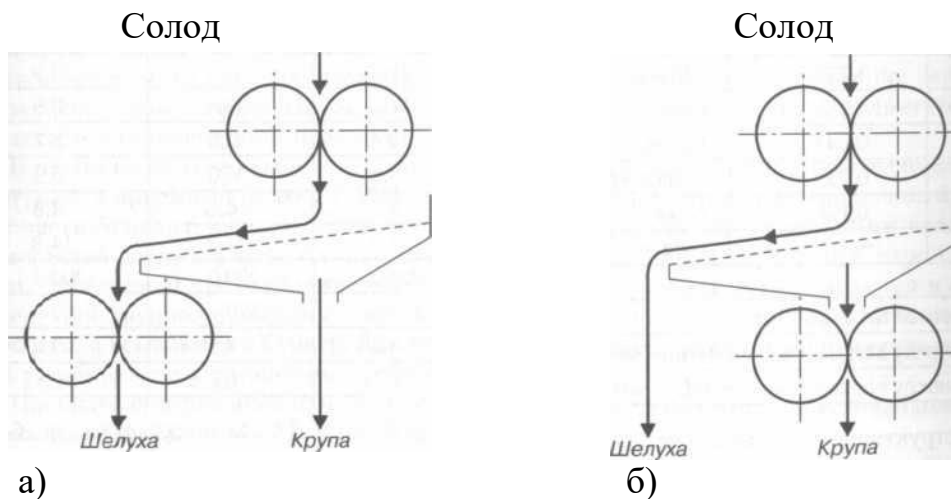
З метою уникнення поломки дробарки при випадковому попаданні частинки підвищеної твердості спрацьовує запобіжний пружинний механізм - рухомий валок віджимається, і таким чином тверда частинка випадає із дробарки.

Діаметр валків із гладкою поверхнею становить 250 мм. Швидкість обертання валків порядку 3 об/с, колова швидкість - 2,0-4,5 м/с.

По довжині валків розподіл солоду повинен бути рівномірним. Продуктивність повинна становити 15-20 кг по солоду на 1 см довжини валка. Якщо погано розчинений солод питома подача повинна бути менше, при добре розчиненому - вище.

Схема однопозиційного подрібнення на одній парі валків використовується також при мокрому подрібненні. Однак конструкція цих дробарок та режими роботи відрізняються від вищеописаних двовалкових дробарок сухого подрібнення. [1]

У випадку використання чотирьохвалкових дробарок (рис. 2.5) подрібнений солод проходить спочатку через першу (рифлену) пару валків, потім поділяється на рухомих плоских ситах на дві фракції - крупу та лупиння. Далі, в залежності від якості солоду подальше подрібнення здійснюють на другій парі гладких валків. Відстань між першою парою валків становить 1,5-1,6 мм, між другою - 0,6-0,7 мм.



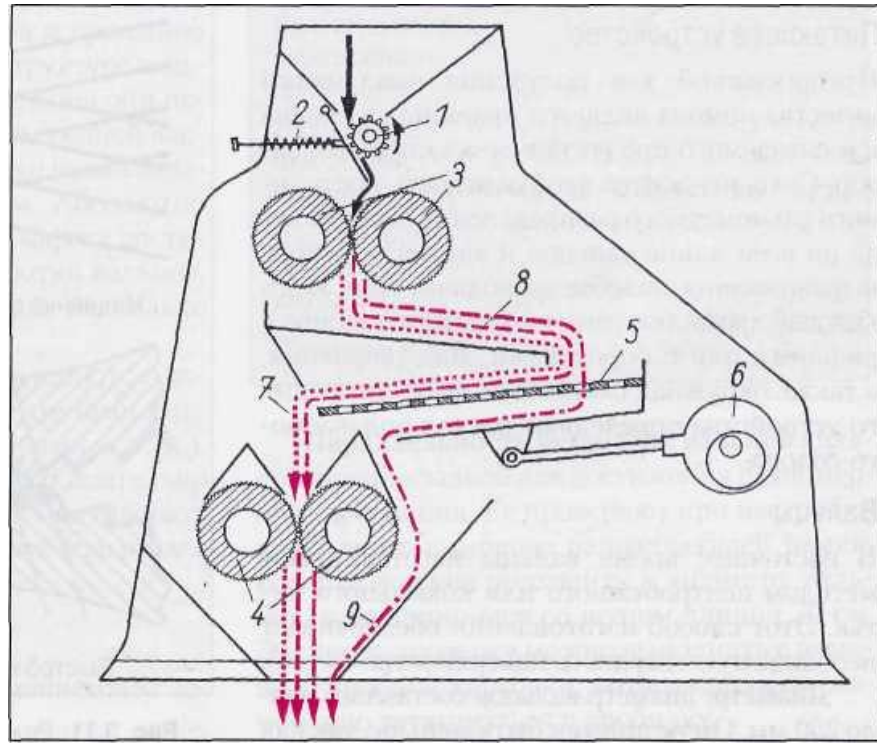


Рис. 2.5 Дробарка чотирьохвалкова

1 - валик розподільний; 2 - заслінка надходження регулююча; 3 – валки попереднього подрібнення; 4 - валки для оболонок; 5 - вібросито; 6 – привід ексцентрикний; 7 - лущиння з прилипшою крупкою; 8 - помел першого проходу; 9 – мука

У випадку переробки пухнастого мучнистого зерна гарно розчиненого солоду, то повторному помелу піддають тільки оболонки (рис. 2.5а). Продуктивність дробарки по солоду становить близько 25 кг/(см•год). Частота обертання валків першої пари - $3,0-3,4 \text{ с}^{-1}$, другої пари $3,3-3,7 \text{ с}^{-1}$. З метою кращого збереження оболонок зернинки обидві пари валків можуть бути виконані гладкими.

У випадку переробки твердого склоподібного зерна, повторному помелу піддають тільки крупу (рис. 2.5, б). Продуктивність дробарки по солоду становить 20-25 кг/(см•год). Частота обертання валків першої пари $2,6-3,0 \text{ с}^{-1}$. Друга пара валків може мати більшу частоту обертання. Іноді її роблять диференційованою, наприклад, $5,5/2,7 \text{ с}^{-1}$. Виготовляють першу пару валків зазвичай із гладкою поверхнею, другу - з рифленою.

Частота коливань рухомих вібросит складає $7,5 \text{ с}^{-1}$, амплітуда - 15-20 мм. Сита у дробарках можуть змінюватися залежно від технологічних завдань. Сита дробарок забезпечують гумовими кульками з метою кращого звільнення ситової поверхні і відбиття від них борошняного пилу.

Дробарки чотирьохвалкові використовують в основному на підприємствах середньої потужності при подрібненні як сухого, так і кондиціонованого

(зволоженого) пивоварного солоду. Найкраще використання чотирьохвалкових дробарок для отримання грубого помелу при використанні їх на підприємстві у складі установки заторно-фільтраційного апарату.

Найбільш досконале подрібнення пивоварного солоду забезпечується у шестивалковій дробарці (рис. 2.6). В їх конструкціях застосовують гладкі, так і рифлені валки. Поєднання їх може бути різним.

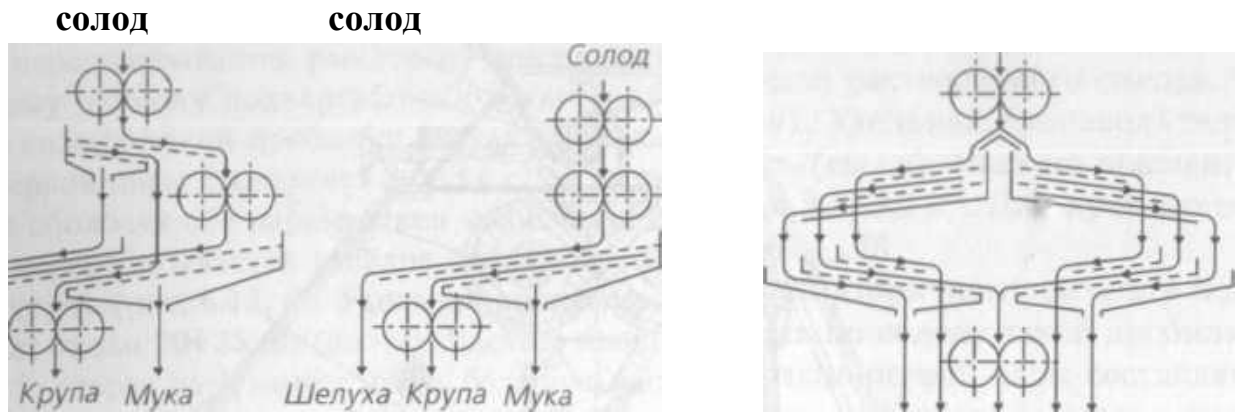


Рис 2.6 – Принциповий пристрій шестивалкової дробарки

Валки верхніх та середніх пар мають гладку поверхню, обертаються з однаковою швидкістю. На першій парі валків подрібнюють солод, на другій - оболонки піддаються тільки стиску. Завдяки цьому відбувається роздавлювання /розминання/ матеріалу, але не його розтирання. Нижня пара валків має гладку поверхню та призначена для розколювання крупи. Валки верхньої пари рифлені, а середньої – гладкі. У деяких модифікаціях валки усіх пар рифлені, іноді із різним профілем.

Корпуса сит приводяться у рух від загального приводу. Завдяки цьому в процесі роботи забезпечується урівноваження їх мас.

У останніх моделях конструкцій шестивалкових дробарок фракціонування подрібненого матеріалу здійснюють тільки після другої пари валків. Продукт піддають послідовному подрібненню на першій і другій парі валків. Далі подрібнений матеріал розділяють на рухомих ситах на оболонки, крупу і більш тонку фракції. Подрібнення додаткове на третій парі валків здійснюють тільки крупи.

Продуктивність шестивалкових дробарок становить 55 кг/(см•год). Дробарки шестивалкові дорожче від чотирьохвалкових, однак є економічно доцільнішими для великих підприємств. Невелике підвищення виходу екстрактивних речовин компенсує їх високу вартість. Дані дробарки кращі при отриманні середнього помелу при використанні в умовах підприємств у складі варильного порядку із фільтраційним апаратом.

Дробарки сухого помелу оснащують системою аспірації. Конструкції таких дробарок повинні бути герметичними; люки у корпусі, що призначені для обслуговування, повинні щільно закриватися. Паління у дробильному відділенні, застосування у ньому відкритого вогню категорично забороняється.

Дробарки молоткові - застосовують в основному для подрібнення ячменю, зерен різних злакових культур, солоду, цукру, картоплі. Вони складаються із ротора з валом, на якому закріплені диски на певній відстані один від одного за допомогою дистанційних кілець (рис. 2.7). До дисків за допомогою стержнів шарнірно прикріплені сталеві пластинчаті молотки прямокутної форми із двома отворами. Вал обертається в корпусі дробарки і змонтований у двох підшипниках. При обертанні вала із молотками матеріал, що подрібнюється, надходить через підживлювач та піддається багаторазовим ударам молотків. Таким чином зерно подрібнюється і проходить крізь сито. Подрібнені шматки крупні при необхідності повертаються на повторне подрібнення. Усередині корпусу змонтовані дека, кожне з яких може обертатися навколо осі і орієнтуватися у певному положенні. Це сприяє зміні щілини між деком і ротором дробарки. Таким чином регулюється якість подрібнення.

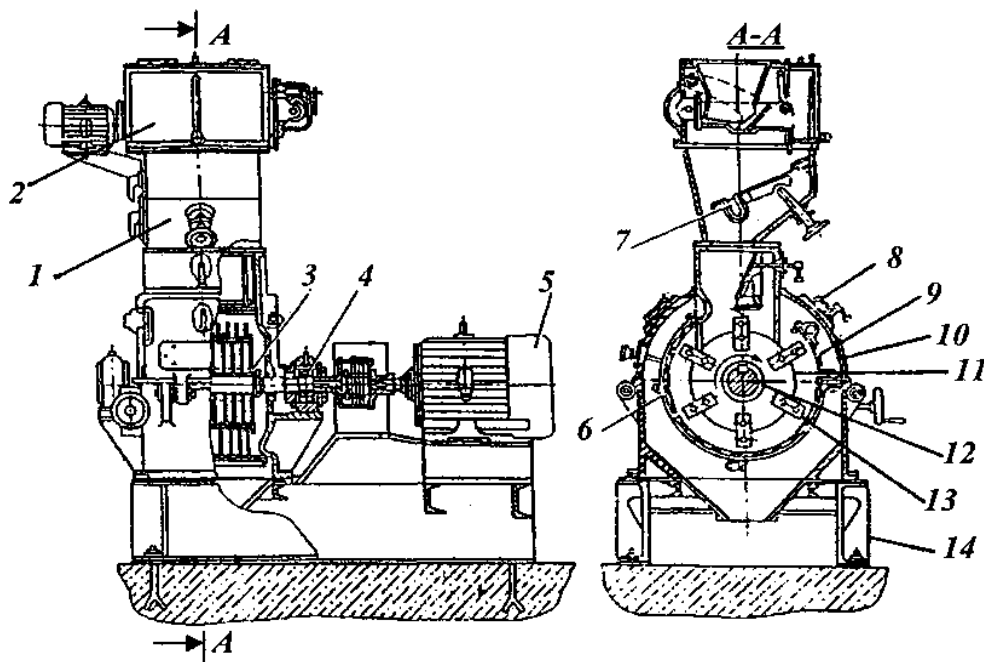


Рис. 2.7. Дробарка молоткова: 1 - корпус; 2 - бункер; 3 - ротор; 4 - вузол підшипниковий; 5 - електродвигун; 6 - сито; 7 - сепаратор магнітний; 8 - гвинт регулюючий; 9 - дека; 10 - кришка; 11 - диск; 12 - кільця; 13 - молоток; 14 - рама.

Сито змінне має круглі (діаметром 3,5,8, мм) або прямокутні отвори та закріплюється в корпусі двома сталевими стрічками. Швидкість і кінетична енергія удару молотків при обертанні ротора повинні бути

достатнім, щоб зруйнувати матеріал. Швидкість удару (колова швидкість ротора дробарки) лежить в межах 75 -100 м/с.

На корпусі дробарки зверху змонтований приймальний бункер сировини. Матеріал у дробарку надходить за допомоги щілястого гравітаційного живильника. Матеріал вже подрібнений збирається вниз у приймачі. Дані дробарки можуть бути оснащені пневмоприймачем для сумісної роботи із системою пневмотранспорту.

Робота молоткових дробарок, їх ефективність визначається структурно-механічними властивостями зернової сировини, швидкістю ротора, конструктивними параметрами робочих органів ротора і сита. Зазор між молотками та ситом рекомендується приймати в межах 3-5 мм.

При роботі дробарок слідкують за станом кріплення молотків. Оскільки має місце спрацювання стержнів, які кріплять пластини. Відзначається також інтенсивне зношування робочих кромek молотка. Це знижує якість подрібнення та продуктивність. У цьому випадку молотки перевертають та закріплюють іншою стороною.

Продуктивність дробарок типу ДМ складає: 2000-2500 кг/год.

На практиці застосовують також реверсивні дробарки, у яких подрібнення матеріалу здійснюється при зміні напрямку обертання ротора.

Дробарки дискові використовуються для подрібнення зерна, солоду, сухарів, горіхів та інших матеріалів. У цих дробарках (рис.2.5) робочу поверхню дисків утворюють зуби трапецієподібної форми. Вони розташовані по концентричних колах. Один із дисків нерухомий, інший-обертається. При цьому диску, ряд зубів одного диску розташовується між двома рядами іншого. Зазор між дисками регулюється. Завдяки цьому змінюється ступінь подрібнення матеріалу.

На горизонтальному валу монтується диск, який обертається в нерухомому корпусі. Дробарка закрита поворотною кришкою, до якої прикріплений нерухомий диск. Вал, за допомоги маховика може переміщуватись у осьовому напрямку. Таким чином зменшувати або збільшувати щілину між дисками. Значення величини переміщення визначається довжиною пальців муфти. При зношенні зйомна частина диску замінюється.

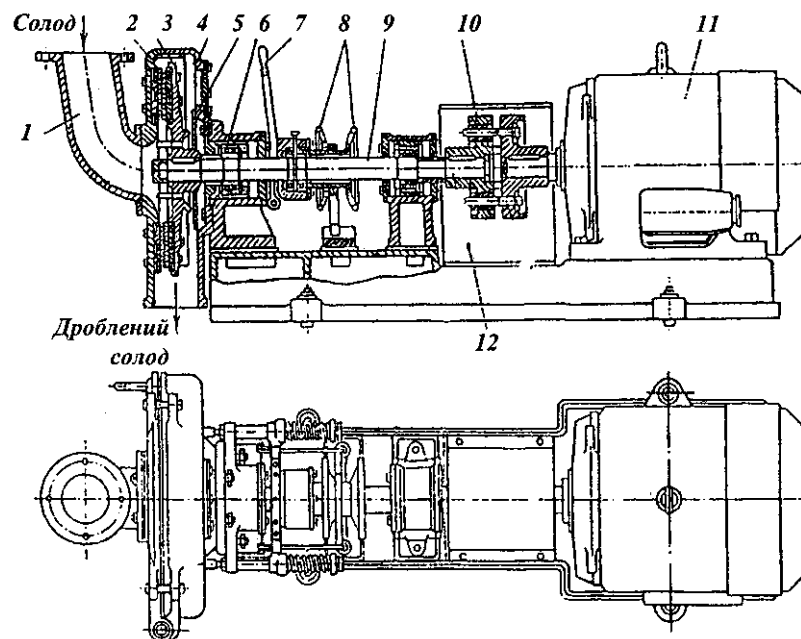


Рис. 2.8. Дробарка дискова: 1 – патрубок живильний; 2 - кришка рухома; 3 - диск; 4 - корпус;
5 – щиток відбійний к; 6 - вузол підшипниковий;
7 - рукоятка; 8 - маховик; 9 - вал; 10 - муфта;
11 - електродвигун; 12 - станина.

Дробарка для мокрого подрібнення пивоварного солоду (рис. 2.9) складається із бункера 2: зрошувача 1, змішувача 11, дозуючого валика 3, корпусу 7 дробарки, пари рифлених валків 4, вентилів 9, 10, дискових валиків 8, насосу та 3-х ходового крану 5. Технологічне обладнання повністю автоматизоване, працює за заданою програмою. Між валками зазор становить 0,35-0,4 мм.

Дробарка працює наступним чином. Задана кількість очищеного солоду завантажується у бункер. Після цього через вентиль 10 у зрошувач та корпус дробарки подають теплу воду із температурою 25-50 °С. Припиняють подачу води в установку після досягнення рекомендованого співвідношення, а саме - на 100 кг солоду витрата води становить 75 л.

При накопиченні в нижній частині корпусу води включають насос і валки. За рахунок циркуляції води протягом 10-20 хв здійснюють зволоження солоду в бункері за допомоги насосу.

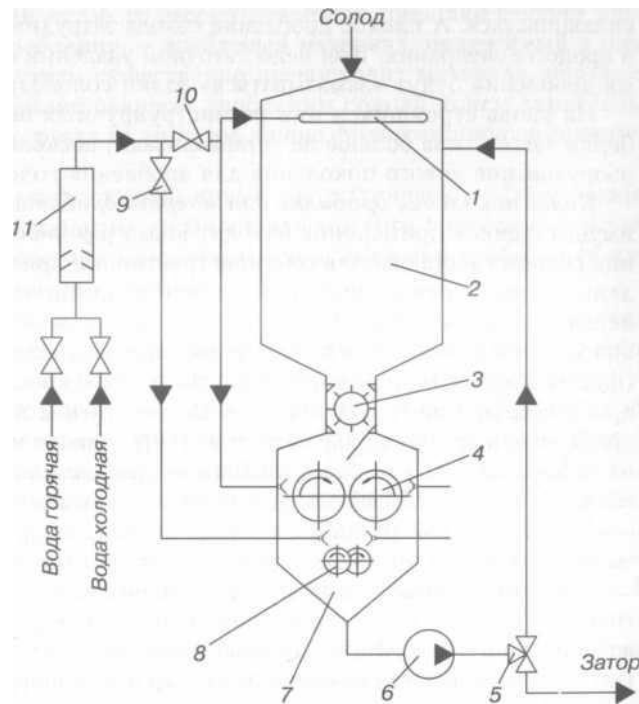


Рис.2.9. Принципова схема устрою дробарки мокро́го подрібнення солоду: 1- зрошувач; 2 - бункер; 3 - валик дозувальний; 4 - валки; 5 - кран триходовий; 6 - насос; 7- корпус; 8- валики дискові; 9 - вентиль; 10 - вентиль; 11- змішувач

По досягненні необхідної вологості солодом валки та насос зупиняють. Солод залишають на певний час (5-10 хв.) у стані спокою для зливу залишків води. У останній накопичується -1% екстрактивних речовин. Тому її насосом перекачують до заторного апарату.

Далі, подають зволожений солод на валки. Приводять в рух дозуючий валик та одночасно починають обертатися назустріч один одному валки.

Здійснюється подача теплої води для зрошення розмеленого солоду. Приводяться в дію дискові валики, що сприяють кращому відділенню оболонок від борошнистої частини солоду. Тривалість подрібнення триває 25-35 хв. Солод подрібнений у вигляді пульпи збирається у нижній конічній частині корпусу дробарки і звідсіля перекачується насосом у заторний апарат. Залишки подрібненого солоду перекачують насосом у заторний апарат. Тривалість ополіскування складає 5-10 хв.

Дробарка мокро́го подрібнення (рис.2.10) фірми Vriomill (Німеччина), складається із приймального бункера 1, камери зволоження 3, дозуючих валків 2,4, заторного насосу 5, перемішуючого пристрою 6, дробильних валків 7 та корпусу дробарки 8.

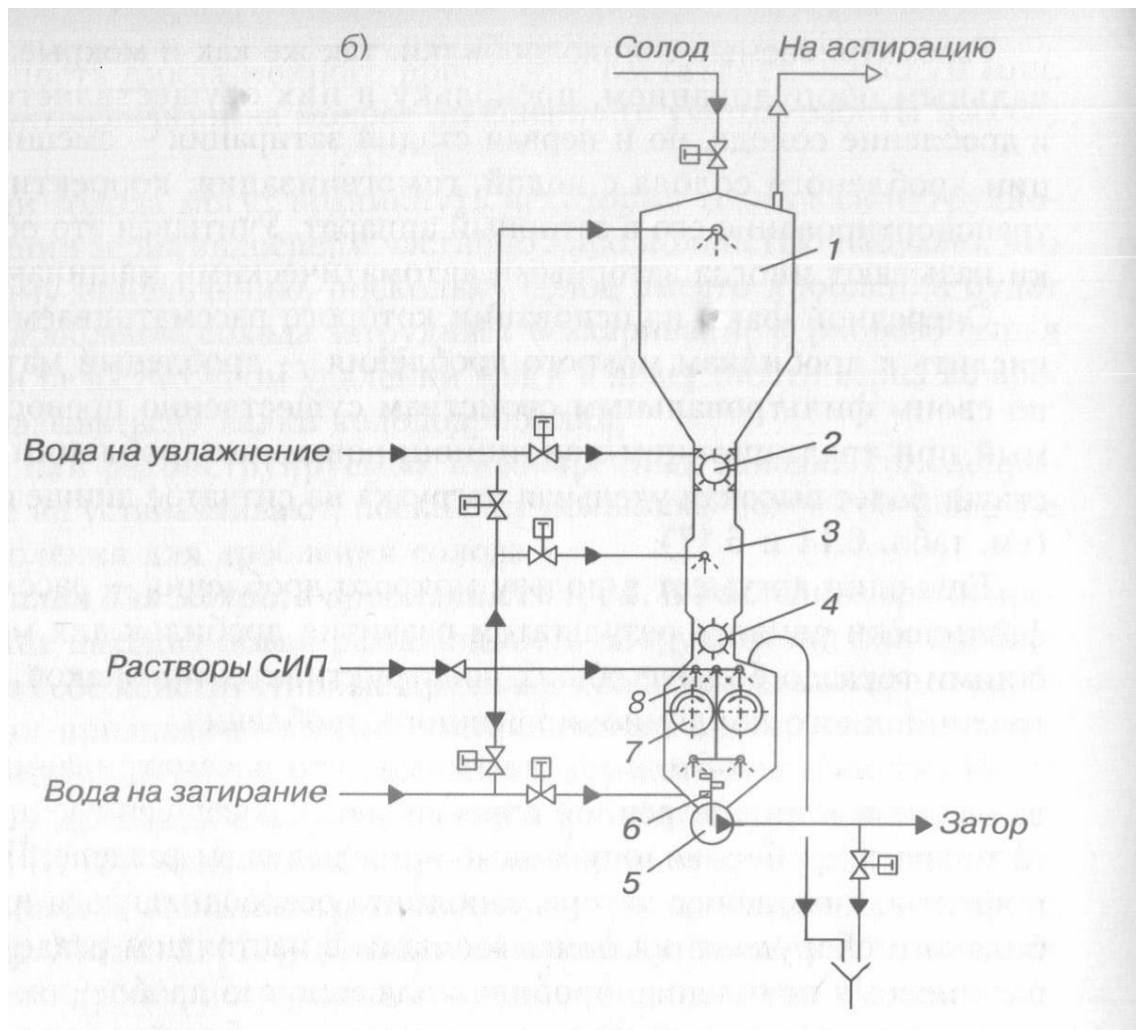


Рис. 2.10 Дробарка мокрої подрібнення фірми Vriomill

Валики для дозування сировини оснащені індивідуальними приводами з регуляторами частоти оберт. Частота обертання нижнього дозуючого валика визначає продуктивність дробарки. Дозуючий валик, незалежно від нижнього, безперервно управляється датчиком рівня. За його допомоги забезпечується час перебування солоду у камері зволоження. Окрім того, верхній валик компенсує коливання потоку. Злагоджена спільна робота двох дозуючих валиків забезпечує оптимальний час зволоження при постійній продуктивності дробарки.

Камера, де відбувається зволоження солоду оснащена системою подачі та рівномірного розподілу води, пристроєм для відділення краплинної рідини з поверхні зерна та мийними головками.

Дробарка оснащена парою валків зі спеціальним напиленням. Вони мають рифлену поверхню. Рифлення виконано під кутом до осі. Поверхню валків піддають відновленню (до 20 разів) після вироблення ресурсу приблизно 2000 год роботи. Валки встановлюють на регульованих опорах у вологозахисному виконанні. Під кожним із валків встановлюється спеціальний скребок для кращого відділення подрібненого матеріалу з поверхні валка. Кожен з валків має

індивідуальним приводом із регульованою частотою обертання. Є також пристрій для автоматичної, безступінчатої, точної установки зазору між валками.

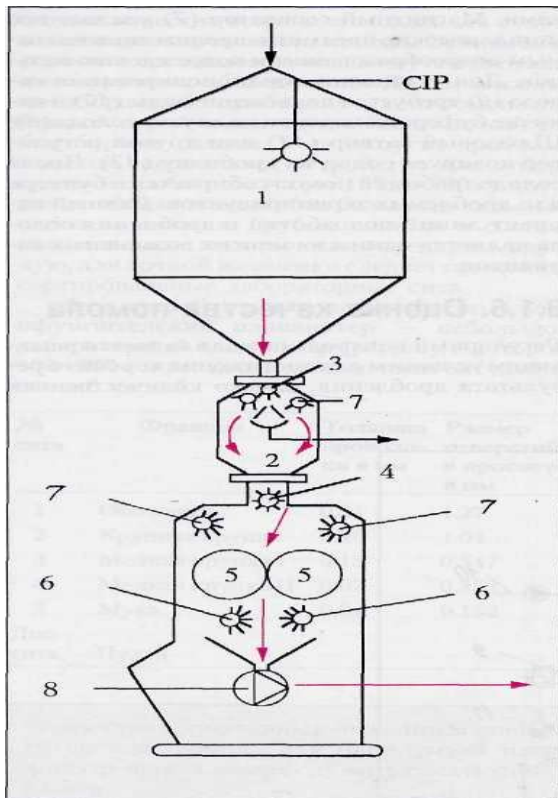
Іноді в конструкціях дробарок під валками розташовують додаткову пару валків. Це дозволяє збільшити продуктивність дробарки до 25%, а ресурс валків потроєти.

Камера змішування розташована під дробильними валками. Вона призначена для змішування подрібненого солоду з водою і отримання однорідної заторної маси - бескомкового затору. Камера змішування має призматичну форму з вершиною, орієнтованою донизу. В нижній її частині на фланцях встановлений заторний насос відцентрового типу. Робоче колесо насоса зорієнтовано горизонтально. Конструкція насоса для затору характеризується новою геометрією лопатей та корпусу. Завдяки цьому коефіцієнт корисної дії насоса підвищується до 40% у порівнянні із типовими аналогами. Окрім того досягається зниження споживаної потужності електроприводу. Черв'ячна передача насоса дозволяє легко справлятися із затором, який має дуже високу в'язкість.

В камері змішування розташована лопатева, або шнекова мішалка. Вона з'єднана із валом насоса. Автоматично підтримується постійний рівень заторної маси для запобігання захоплення насосом повітря. Привід насоса оснащений регулятором частоти. Це дозволяє змінювати подачу при транспортуванні затору із камери змішування. Штуцери для підведення води розташовані у двох протилежних стінках змішувальної камери з боків торців дробильних валків. Кожен з них оснащений спеціальним розподільним пристроєм. Завдяки цьому частина води подається безпосередньо під дробильні валки, а інша - прямує по стінці камери змішування. При проходженні подрібненого солоду через завісу розбризкуваної води він рівномірно зволожується. Керування дробаркою здійснюється за заданою програмою спільно з технологічним обладнанням варочного порядку.

Технологічне обладнання мокрого подрібнення (із замочним кондиціонуванням) діє наступним чином (рис. 2.11 а, б)).

В бункер солоду (1) засипається попередньо зважена засип солоду. У шахті для замочного кондиціонування (2) безперервно забезпечується контакт солоду з теплою водою протягом близько 60 с (3). Температура води на замочування становить порядку 60-70 ° С). Оскільки поглинання води зі збільшенням температури відбувається прискорено, то даний процес потрібно контролювати та регулювати. Це регулювання здійснюють за допомоги живильного валика (4) дробарки. За рахунок конструктивного спеціального рифлення пари подрібнюючих валків (5) вологість оболонки зберігається, а тим часом вміст зерна подрібнюється.



1 – бункер солоду;
2 – шахта для замочного кондиціювання;

3 – подача води;

4 – валок живильний;

5 – валок дробильний;

6 – форсунки зрошування;

7 – промивні форсунки;

8 – насос заторний

Рис. 2.11. а Принципова схема роботи установки мокрого подрібнення



Рис. 2.11. б Загальний вигляд установки мокрого подрібнення

Далі помел солоду за допомоги зрошувальних форсунок (6) перемішується разом із водою до заторного апарату насосом (8). Насос регулюють таким чином,

щоб в процесі подрібнення дробарка ніколи не опинялася би порожньою (це виключає можливість насичення затору киснем).

Валик, що живить установку солодом повинен подавати необхідну кількість солоду, розподіливши рівномірно його по всій довжині валків. З цією метою він оснащений плавно регульованим приводом. Це забезпечує обертання із швидкостями від 25 до 138 об/хв. Шахта для мокрого кондиціонування та дробарка виготовлені із корозійно стійкої нержавіючої сталі для можливості їх оптимальної мийки луговими та кислотними розчинами.

В дробарках мокрого подрібнення час подрібнення є одночасно часом стадії початку затирання, оскільки в них немає проміжкового бункеру для збору помелу.

Висновки.

Отже, провівши ретельний аналіз технологічного обладнання, що застосується для подрібнення пивоварного солоду можна зробити наступний висновок:

- перевагами установки для мокрого подрібнення солоду є те, що до початку подрібнення, солод проходить камеру для кондиціонування. У цьому випадку використовуються переваги мокрого подрібнення, а саме солод протягом 50-60с контактує при температурі 50-60°C з 60 л води/100кг солоду. За цей дуже короткий час воду поглинають лише оболонки зерна, які в подальшому стають еластичними. Точно така ж кількість води захоплюється і поверхнею зерен. В цьому випадку зерно легко відділяється від оболонки. Остання при цьому практично не пошкоджується і може в подальшому краще забезпечити найбільш швидке фільтрування пивного затору. В той же час серединна частина зерен подрібнена дрібніше, а тому може краще використовуватися під час стадії затирання. Така організація короточасного кондиціонування потребує вимушеного руху солоду, таким чином, щоб за обмежений час досягти потрібної вологості солоду. Такий рух солоду отримують завдяки використанню шахт для замочного кондиціонування. Подрібнений солод в установці мокрого подрібнення відразу змішується з водою і дана суміш подається на затирання у заторний апарат.

На сьогоднішній день в технології пивоваріння даний спосіб та вищезначене технологічне обладнання без сумніву є найбільш ефективним та перспективним.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ВХІДНОГО МАТЕРІАЛУ І ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ. ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ. БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ

3.1. Характеристика вхідного матеріалу і готової продукції

Вхідною сировиною для приготування пивного затору є подрібнений солод і підігріта вода.

Суть процесу затирання полягає у тому, що різні ферменти розщеплюють крохмаль і протеїни відповідно на прості цукри та амінокислоти. На початку затирання близько 10-15% екстракту солоду перебуває в розчинній формі. Тому для звільнення іншої маси екстракту потрібні ферменти, що були накопичені зерном під час його пророщування. Процес затирання - це цілеспрямований і планомірний процес переведення екстрактивних речовин солоду та його замінників у розчин під дією ферментів. Інакше - це змішування подрібненого солоду з водою. Однак це не тільки змішування, але і ціла система теплової обробки помелу зернопродуктів шляхом нагрівання частини затору до певних температур. Подальшої витримки затору при них, кип'ятіння і змішування прокип'ячених частин з основним затором і тим самим створення оптимальних умов для дії ферментних систем, завдяки чому вдається досягти в суслі певного хімічного складу відповідно до сорту пива, що виготовляється. Головна мета проведення процесу затирання - переведення у розчин якомога більше екстрактивних речовин зернопродуктів і приготування сусла бажаного складу.

Апаратурно – технологічна схема

Технологія приготування пивного сусла складається з таких операцій: очистка та подрібнення солоду, приготування пивного затору, фільтрація затору, кип'ятіння сусла з хмелем, освітлення та охолодження пивного сусла.

Перед затиранням солод подрібнюють щоб надати можливість ферментам солоду впливати на речовини солоду та їх розкласти. Процес подрібнення ивоварного солоду проводиться на валкових дробарках поз.1 з кондиціонуванням Несолоджену сировину – ячмінь, рисову січку або рис, кукурудзяну січку, з частиною солоду подрібнюють на спеціальному устаткуванні - диспергаторі поз.2.

Приготування затору відбувається у двох заторних апаратах поз.4 та заторно відварочному поз.3, який призначений для приготування відварок.

<i>Відповідальна організація НУХТ</i>	<i>Технічне узгодження Удадов С.О.</i>	<i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Національний університет харчових технологій</i>	<i>Ковальов К.В.</i>	Характеристика вхідного матеріалу і готової продукції. Опис запропонованого технічного рішення . Будова та принцип роботи обладнання	222140.ДП.08.003.ПЗ			
	<i>Гавда О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>UA</i>	<i>1</i>

Особлива увага при затиранні приділяється оцукрюванню пивного затору. Повноту оцукрювання пивного затору перевіряють йодною пробою: негативне забарвлення свідчить про гарне якісне оцукрювання.

В ході технологічного процесу приготування пивного затору слідкують за температурою, тривалістю витримок, кількістю води на промивку, роботою мішалок і т.д.

За допомоги насоса поз.5 здійснюється відбір затору на відварки та задача відварок у заторні апарати. Готовий затор нагрітий до температури 77-78°C перекачується насосом поз.6 до фільтраційного апарату на фільтрацію.

Прифільтрації перші порції мутного сусла повертаються знову в апарат. При досягненні суслем відповідної якості воно подається у збірник сусла поз.13. При сповільненні процесу фільтрації шар пивної дробини розпушується ножами. По завершенні фільтрації пивного затору дробину промивають гарячою водою. Промивну воду збирають у збірник промивної води поз.12. Її використовують в подальшому у дробарці для змішування із подрібненим солодом. Пивну солодову дробину відвантажують з фільтраційного апарату гвинтовим насосом поз.8 у збірник дробини поз.9. Далі її відвантажують у силос та направляють на корм худобі.

Під час фільтрації пивного затору слідкують за якістю фільтрації, а саме мутністю, швидкістю фільтрації, тиском під фільтраційними ситами, роботою розпушувачого механізму, роботою фільтраційних насосів, температурою і кількістю води на вилуговування дробини.

Із збірника сусло насосом поз.15 перекачують у сусловарильний апарат поз.19 через теплообмінник підігрівання сусла установки повторного використання теплової енергії (енергоустановки) поз.16.

З початку перекачування відфільтрованого пивного сусла із збірника у сусловарильний апарат відвантажують та закладають у бачки необхідну кількість хмелепродуктів.

Примусове перемішування сусла у сусловарильному апараті здійснюється насосом поз.17 який відбирає порції сусла і повертає їх назад в апарат.

При приготуванні розчину хмелю відбирається певна кількість пивного сусла і подається у бачок насосом поз.21. Розчин хмелю повертається у сусловарильний апарат.

З метою освітлення охмеленого пивного сусла останнє подається у гідроциклонний апарат – Вірпул. Подача охмеленого пивного сусла у Вірпул поз.24 здійснюється тангенційно насосом поз.18. Це забезпечує рух продукту у середині апарату. Із часом утворюється осад, який складається з білку та коагулюється по центру днища сусловарильного апарату.

Через відповідні патрубки освітлене сусло відводиться із Вірпула та подається насосом поз.25 на теплообмінник поз.26. Тут воно охолоджується і направляється у бродильне відділення. Білковий осад, що утворився змивається спеціальним пристроєм і відводиться в збірник відстою поз.22. Цей осад у подальшому використовується при фільтрації. Останній у фільтраційний апарат подається насосом поз.23.

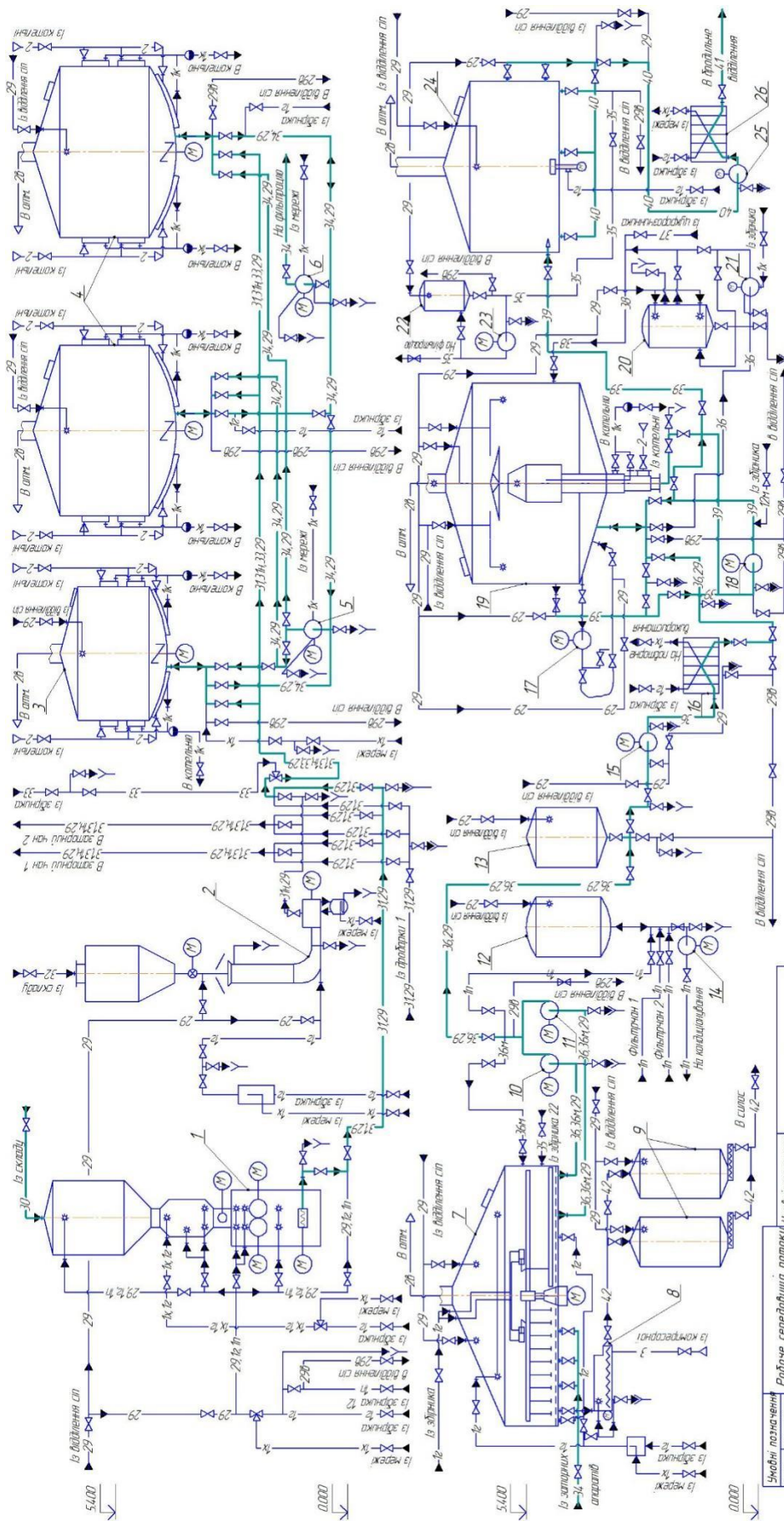


Рис.3.1 Машинно-апаратурно схема виробництва пива

Удільні позначення	Робоче середовище потоку	Удільні позначення
Будівельні Графічні	Вода холодна	Будівельні Графічні
1х	1х	32
1а	Вода гаряча	32
1к	Конденсат	33
1п	Вода промивна	34
2	Пар	35
2а	Пар відпаровуваний	36
3	Пабітка	36м
12ч	Кислота молочна	37
29 в	Розчин СІП	38
29 б	Розчин СІП відпаровуваний	39
40	Солод	40
31	Сусляк вода та солоду	41
31а	Сусляк вода по технологічній виробничій	42
		Шротина

3.2. Будова та принцип роботи обладнання. Опис запропонованого технічного рішення

З метою подрібнення пивоварного солоду використовується дробарка мокрого подрібнення – рис.3.2. Солод подрібнюють перед його задачею на затирання, щоб надати можливість ферментам солоду впливати на речовини солоду та їх розкласти .

Процес подрібнення – це механічне подрібнення зернової сировини, при якому потрібно по мірі можливості зберегти оболонки зернової сировини для використання їх в якості фільтруючого матеріалу при фільтруванні пивного затору. У дробарках мокрого подрібнення пивоварний солод подрібнюється між парою валків (віджимних). До подрібнення пивоварний солод проходить камеру кондиціонування. За рахунок Спеціальне рифлення пари подрібнючих валків забезпечує зберігання вологої оболонки, а вміст зерна подрібнює.

Дробарка «Міллар» менше пошкоджує оболонки солоду. Це надає можливість створити кращий фільтраційний прошарок при фільтрації пивного затору. При цьому також зменшується запиленість приміщення, оскільки солод подрібнюється у мокрому вигляді. Зникає можливість займання зернопродуктів. Зниження шумності роботи дробарки покращує умови праці.

Дробарка мокрого подрібнення зображена рис. 3.2 та представляє собою корпус поз.8. Над корпусом дробарки встановлено камеру кондиціонування поз.3 для зволоження солоду перед подрібненням. У камеру кондиціонування підводиться трубопровід подачі теплої води. У бункер поступає пивоварний солод із розрахунку на одну варку за допомоги ваг порційної дії. Солод зволожений рівномірно подається на валки поз.1 за допомоги живильного валку поз.4. Живильний валок спирається на підшипникові опори поз.2. Він приводиться в рух за допомоги мотор-редуктора поз.14. Солод зволожений потрапляє на валки поз.1 та подрібнюється.. Кожен валок має свій привід. Він складається з електродвигуна поз.13 та клинопасової передачі поз.5.

Солод подрібнений змішується з заторною водою. Далі він за допомоги заторного насосу поз.11 перекачується на затирання. Насос заторний розташований у нижній частині дробарки та приводиться за допомоги поліклінової передачі поз.10 та електродвигуна поз.12. Кожух поз.9 прикриває клинопасові передачі. Через оглядове віконце поз.5 здійснюється огляд валків.

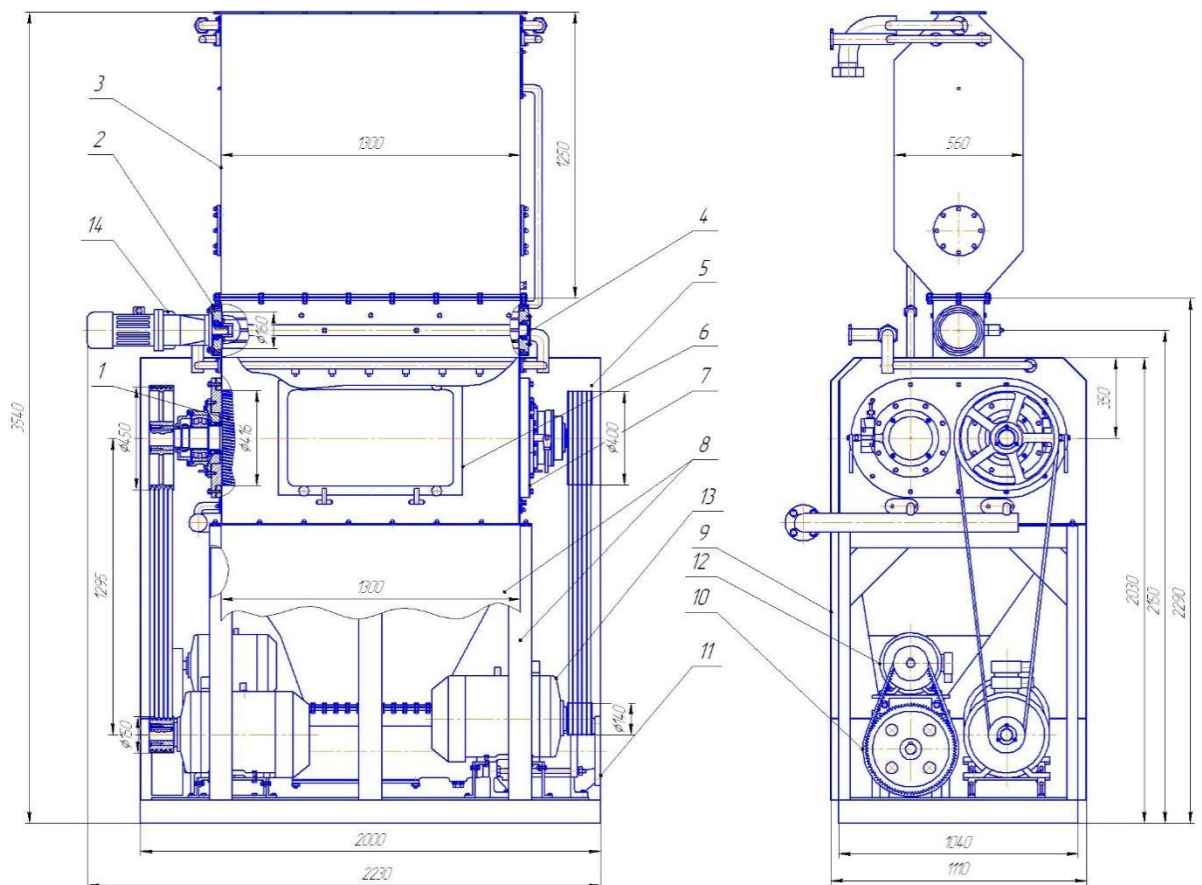


Рис. 3.2 Загальний вигляд установки мокрого подрібнення

Установка мокрого подрібнення працює наступним чином. Пивоварний солод набирається у накопичувальний бункер, що розташований над дробаркою у розрахунку на одну варку. Він заповнює шахту кондиціонування. У системі м'якого кондиціонування проточною теплою водою температурою 50-76 пивоварний солод змочують. Завдяки цьому його оболонка стає еластичною. Валковим дозатором зволожений солод разом з водою подається на пару рифлених валків, що обертаються назустріч один одному. Додатково на валки подається вода з температурою необхідною для затирання. Далі, у заторній камері солододробарки солод подрібнений змішують з водою при температурі 45-63 градусів та одночасно перекачують цю суміш гвинтовим насосом у заторний апарат.

По закінченні процесу подрібнення проводиться промивка усієї солододробарки.

Проведений глибокий та ретельний аналіз будови та принципу роботи даної установки дозволив виявити, що подача води на подрібнюючі валки здійснюється нерівномірно. З метою усунення даного недоліку нами запропоновано встановити форсунки розпилення води на поверхні валків. Це надасть можливість значно покращити якість зволоження.

Одночасно також, нами запропоновано з метою кращого подрібнення пивоварного солоду встановлення меншого за діаметром шківів на одному з подрібнюючих валків, що забезпечить в свою чергу різну частоту обертання валків. Неодмінно це позитивно вплине на якість помелу. Надасть можливість зберегти оболонку цілісною та в подальшому покращити процес фільтрування пивного

4 ОПИС ФРАГМЕНТУ АПАРАТУРНО - ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА ПИВНОГО СУСЛА.

Пиво, як слабоалкогольний напій виготовляють шляхом ферментації із пивоварного солоду - ячмінного, пшеничного, кукурудзяного, або рисового солоду. Напій характеризується специфічною гіркотою, смаком та ароматом, що надає йому хміль. Сировиною для пива є питна вода, ячмінний пивоварний солод, хміль та пивні дріжджі. Іноді для приготування пива додатково застосовують несолоджені матеріали - рис або ячмінь, кукурудзяне борошно та крупи, а також іншу сировину, що містить вуглеводи та інші допоміжні інгредієнти. Вміст етилового спирту у більшості сортів пива становить 3-6 % об., сухих речовин (в основному вуглеводів) — 7-10 %, діоксиду вуглецю — 0,48-1,0 %.

Технологія пива — складний та тривалий процес. Він складається з декількох технологічних стадій: приготування пивоварного солоду, отримання пивного сусла, зброджування сусла пивними дріжджами, доброджування, фільтрація пива та розлив.

Пивне сусло - є основний напівфабрикат для приготування пива, що являє собою полідисперсну систему із вмістом цукристих, білкових та хмелевих речовин.

Одним із найважливіших технологічних процесів при приготуванні пивного сусла є перетворення в результаті ферментативних процесів нерозчинних компонентів солоду та його замінників у розчинний екстракт.

Приготування пивного сусла передбачає п'ять основних технологічних стадій:

- Підготовка зернової сировини;
- Приготування затору - переведення екстрактивних речовин сировини у розчин (пивне сусло);
- Фільтрація пивного затору;
- Проведення кип'ятіння пивного сусла із хмелем або хмелевими препаратами;
- Охолодження та освітлення пивного сусла.

Схема виробництва пива

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Удадов С.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Національний університет харчових технологій</i>	Ковалюк К.В.	<i>Опис фрагменту апаратурно-технологічної схеми виробництва пивного сусла</i>	222140.ДП.08.004.ПЗ			
	Габда О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	UA	1

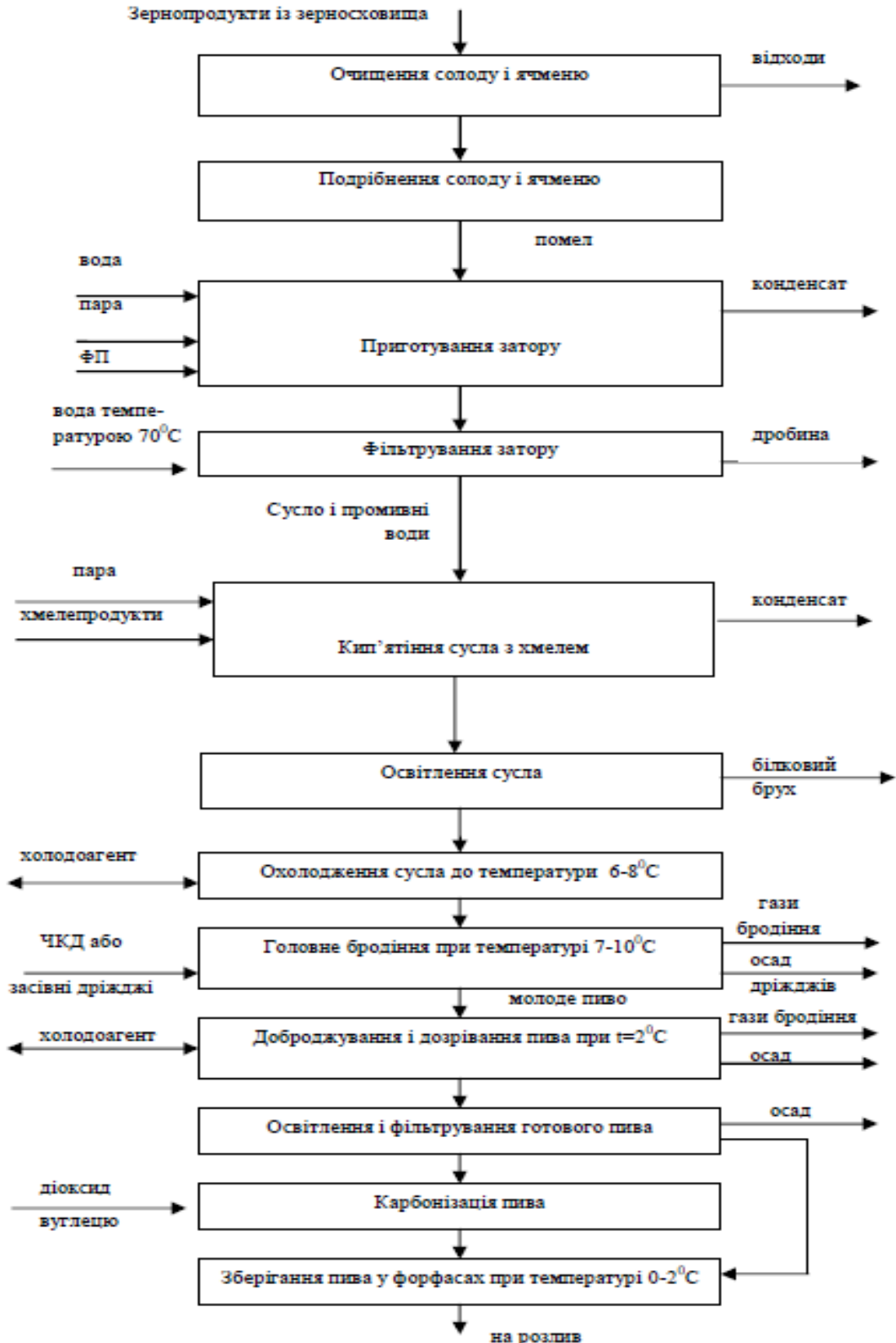


Рис.4.1. Принципова схема виробництва пива

Згідно апаратурно - технологічної схеми процес приготування пивного сусла відбувається наступним чином.

Вхідною сировиною для приготування пивного затору є подрібнений солод і підігріта вода.

Суть процесу затирання полягає у тому, що різні ферменти розщеплюють крохмаль та протеїни відповідно на прості цукри та амінокислоти. При затиранні на його початку тільки 10-15% екстракту солоду перебуває у розчинній формі. Для вивільнення іншої маси екстрактивних речовин потрібні ферменти, що були накопичені зерном під час його пророщування. Затирання – це є цілеспрямований та планомірний процес переведення екстрактивних речовин солоду та його замінників у розчин під дією ферментів. Інакше - це змішування подрібненого солоду з водою. Однак, це не тільки просте змішування, а й певна процедура водно-теплової обробки помелу зернопродуктів шляхом нагрівання частини затору до певних температур, подальшої їх витримки, кип'ятіння та змішування прокип'ячених частин з основною масою затору. Цим тим самим створення оптимальних умов для дії ферментних систем. Завдяки цьому вдається досягти у суслі певного хімічного складу відповідно до сорту пива.

Фрагмент апаратурно – технологічної схеми приготування пивного сусла

Технологія приготування пивного сусла(рис 4.2) складається з наступних технологічних операцій: очистка та подрібнення солоду, приготування пивного затору, фільтрація затору, кип'ятіння сусла з хмелем, освітлення та охолодження пивного сусла.

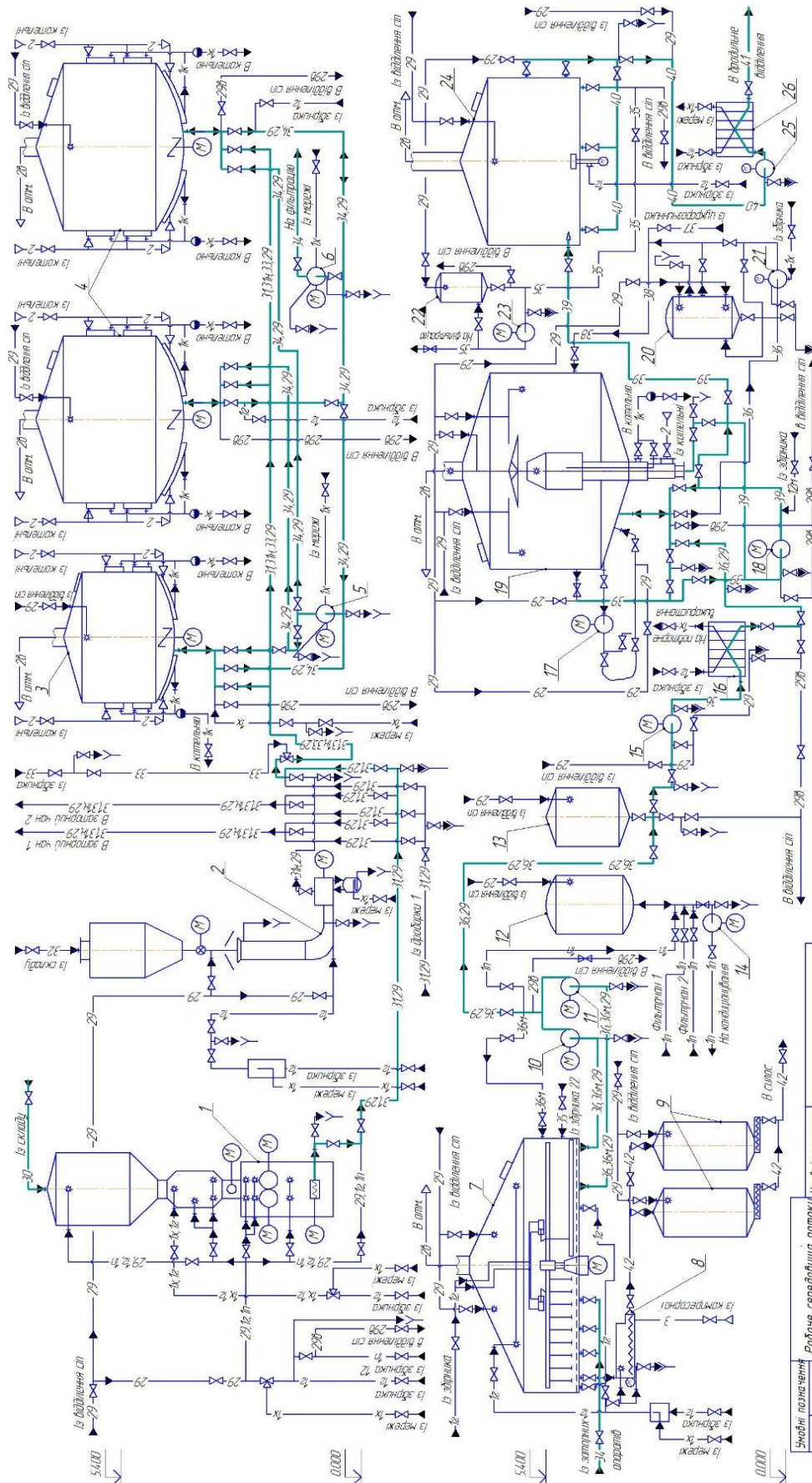


Рис.4.2 Фрагмент апаратурно-технологічної схеми приготування пивного суслу

Узлові позначення будівель	Графічне	Узлові позначення будівель	Графічне	Робоче середовище потоку
1х	1х	32	32	Рис. в'ячність
1а	1а	33	33	Характеристика калій (CaCl ₂)
1б	1б	34	34	Запор
1в	1в	35	35	Відстій
2	2	36	36	Суціль
2а	2а	36а	36а	Суціль
2б	2б	36б	36б	Суціль
2в	2в	36в	36в	Суціль
2г	2г	36г	36г	Суціль
2д	2д	36д	36д	Суціль
2е	2е	36е	36е	Суціль
2ж	2ж	36ж	36ж	Суціль
2з	2з	36з	36з	Суціль
2и	2и	36и	36и	Суціль
2к	2к	36к	36к	Суціль
2л	2л	36л	36л	Суціль
2м	2м	36м	36м	Суціль
2н	2н	36н	36н	Суціль
2о	2о	36о	36о	Суціль
2п	2п	36п	36п	Суціль
2р	2р	36р	36р	Суціль
2с	2с	36с	36с	Суціль
2т	2т	36т	36т	Суціль
2у	2у	36у	36у	Суціль
2ф	2ф	36ф	36ф	Суціль
2х	2х	36х	36х	Суціль
2ц	2ц	36ц	36ц	Суціль
2ч	2ч	36ч	36ч	Суціль
2ш	2ш	36ш	36ш	Суціль
2щ	2щ	36щ	36щ	Суціль
2ь	2ь	36ь	36ь	Суціль
2ю	2ю	36ю	36ю	Суціль
2я	2я	36я	36я	Суціль
3	3	41	41	Суціль
3а	3а	42	42	Суціль

Подрібнення солоду проводять щоб надати можливість ферментам солоду впливати на речовини солоду та їх розкласти. Цю операцію проводять на валкових дробарках поз.1 з кондиціонуванням.

При використанні несолодженої сировини (рисова січка або рис, ячмінь, кукурудзяна січка) разом із солодом, то її подрібнюють на спеціальному устаткуванні - диспергаторі /фірми «Ziemann»/ поз.2.

З метою приготування пивного сусла відварочним методом встановлено два заторні апарати /поз.4/ та заторно- відварочний апарат /поз.3/ для підготовки та приготування відварок.

Сухі екстрактивні речовини, що перейшли у розчин при затиранні, називаються екстрактом.

Оцукрюванню заторуприділяється особлива увага. Повноту оцукрювання пивного затору перевіряють йодною пробою. Негативне забарвлення йоду при аналізі свідчить про задовільну якість оцукрювання.

В ході приготування затору слідкують за рядом параметрів процесу /температурою, тривалістю витримок, кількістю води на промивку, роботою мішалок і т .п/

За допомоги насосу /поз.5/ здійснюють відбір затору на відварки та задачу відварок у заторні апарати. Затор нагрівається до температури 77-78°C ітаперекачується на фільтрацію насосом /поз.6/.

Фільтраційний апарат /поз.7/ запускається після підігріву затору до температури 77-78°C. Під час фільтрації пивного затору перші порції мутного сусла повертаються назад у фільтраційний апарат. При досягненні суслom відповідної якості воно подається у збірник сусла /поз.13/. При сповільненні процесу фільтрації шар дробини розпушується ножами розрихлювача. По завершенні процесу фільтрації пивну дробину на ситах промивають гарячою водою. Воду відкачують у збірник для промивної води /поз.12/. Потім її можуть додавати у дробарку для змішування із подрібненим солодом та перекачуванням у заторний апарат. Пивну солодову дробину вивантажують із фільтраційного апарату гвинтовим насосом /поз.8/ у збірник дробини /поз.9/. Після цього її відвантажують у силос для тимчасового зберігання та відпуску на корм худобі. Із збірника відфільтроване пивне сусло насосом /поз.15/ перекачується у сусловарильний апарат /поз.19/ через теплообмінник /поз.16/ підігрівання сусла установки повторного використання теплової енергії (енергоустановки).

До перекачки відфільтрованого пивного сусла із збірника у сусловарильний апарат, необхідно зважити та закласти у бачки необхідну кількість хмелепродуктів та інших добавок / для конкретного сорту пива/. Для відкриття бачків для хмелю /поз.20/ необхідно скинути в них тиск. До закладки хмелевих

продуктів у бачки для хмелепродуктів їх (хмелепродукти) необхідно підготувати. Спочатку з банок із хмелевим екстрактом необхідно витерти фарбу (напис кількості а-кислоти в банці, її вагу) за допомоги разових паперових серветок. Після того банку пробивають спеціальним пристосуванням та закладають її у бачок для хмелепродуктів. Примусове перемішування сусла у сусловарильному апараті здійснює насос /поз.17/. Останній відбирає порції пивного сусла та повертає їх назад в апарат. На трубопроводі встановлено кран для відбору проб.

З метою приготування розчину хмелю відбирається певна кількість пивного сусла та подається у бачок насосом /поз.21/. Розчин хмелю знову повертається у апарат для кип'ятіння пивного сусла.

З метою освітлення охмеленого пивного сусла останнє подається у гідроциклонний апарат – Вірпул. За допомоги насосу /поз.18/ здійснюється подача охмеленого пивного сусла у Вірпул /поз.24/. Подача пивного сусла у Вірпул відбувається тангенційно. Це забезпечує рух продукту у середині апарату. Із часом в центрі апарату утворюється білковий осад. Він складається в основному з білку, що коагулюється у сусловарильному апараті.

Пивне сусло, вже освітлене, відводиться через відповідні патрубки та подається насосом /поз.25/ на теплообмінник /поз.26/ де воно охолоджується та прямує у бродильне відділення до апаратів бродіння. Осад, що утворився у Вірпул змивається спеціальним пристроєм та відводиться у збірник відстою /поз.22/. У подальшому цей осад використовується при фільтрації, у фільтраційний апарат він подається насосом /поз.23/

5. ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Ретельний підбір матеріалів для конструювання та виготовлення деталей та апаратів у харчовій промисловості є дуже важливим фактором . Однією із вимог є допуск матеріалу до контакту із харчовими продуктами. В той же час для вузлів, де не відбувається контакту обладнання з продуктом можливо користуватись загальними правилами підбору конструкційних матеріалів.

Специфіка різноманітних галузей харчової промисловості вимагає застосування міцних та надійних металів та інших матеріалів, що працюють в умовах високих тисків, температур, глибокого вакууму, агресивних середовищ.

Діючи специфічні умови у харчових виробництвах, а саме : підвищена вологість, висока чи низька температура, безпосередній контакт з харчовими продуктами та агресивними середовищами, абразивна дія деяких продуктів, пред'являють особливі вимоги до вибору матеріалів для виготовлення харчового обладнання.

У харчовому машинобудуванні матеріали, що застосовуються, повинні відповідати загальним вимогам, які пред'являються до матеріалів, що знаходяться в контакті з харчовими продуктами. Вони не повинні містити шкідливих для здоров'я людини елементів чи вступати в реакцію хімічної взаємодії з продуктами, а також руйнуватися під дією харчових середовищ, миючих та дезінфікуючих засобів і мастильних матеріалів.

Висока корозійна стійкість матеріалів – є однією з основних вимог до конструкційних матеріалів.

Галузевими стандартами встановлені обмеження на марки та асортимент матеріалів, які застосовуються у харчовому машинобудуванні, що сприяє підвищенню рівня уніфікації та технологічності харчових машин та апаратів.

При необхідності застосування матеріалів, не передбачених ГОСТ 27-00-223-75, для виготовлення деталей харчового обладнання вимагається

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Удадов С.О.	<i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Національний університет харчових технологій</i>	Ковальов К.В.	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	22214.0.ДП.08.005.ПЗ			
	Габда О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	UA	1

узгодження та дозвіл відповідних підрозділів Міністерства легкої та харчової промисловості України.

При виборі того чи іншого конструкційного матеріалу, що контактує з харчовим середовищем, необхідно враховувати токсичність матеріалу, а також дозвіл органів охорони здоров'я та його застосування при безпосередньому контакті з конкретним технологічним середовищем харчового виробництва; корозійну стійкість при довгій дії на матеріал реальних харчових середовищ, підвищених температур і тисків, а також миючих і дезінфікуючих розчинів; механічну міцність при виконанні необхідних робочих циклів деталей, вузлів і механізмів машини; технологічні властивості пересування, лиття, зварювання та ін.; економічну доцільність.

В якості матеріалу для обладнання варильного цеху, використовується нержавіюча сталь, яка дозволяє проводити із тепло – технічної і санітарної точки зору необхідне інтенсивне очищення та дезінфекцію, за виключенням поверхонь теплообміну, яку деякі виробники виготовляють із плакованого матеріалу (сталь – нержавіюча сталь) з метою підвищення коефіцієнту теплопередачі від 900 приблизно до 1000 Вт / м².

Корпус дробарки виготовлено з високоякісної харчової сталі (корпус зварено з прямокутного профілю і листової сталі)

Трубопроводи, що здійснюють подачу води в робочий об'єм установки і вихід заторної маси виготовлені із нержавіючої сталі марки 12X18H10T, ГОСТ 10556 – 32. Ця сталь характеризується високою корозійною стійкістю й окалиностійкістю, має підвищену стійкість проти міжкристалічної корозії. Сталь задовольняє властивості міцності і має гарні пластичні якості.

6. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ПИВОВАРНОГО СОЛОДУ В УСТАНОВЦІ МОКРОГО ПОДРІБНЕННЯ

6.1 Мета та основні задачі наукових досліджень

Магістерська робота передбачає дослідження процесу подрібнення пивоварного солоду в установці мокрового подрібнення.

Пивоварні підприємства в останні часи намагаються завоювати ринок збуту за рахунок підвищення якості напоїв.

Технічний прогрес у пивоварній галузі промисловості розвивається у наступних напрямках: впровадження сучасної та більш ефективної техніки і технологій, що підвищують якість та вихід кінцевого продукту; проведення комплексної механізації важких та трудомістких робіт; автоматизації виробничих процесів та контролю за ними; скорочення витрат на паливо; швидку переробку виробничих відходів, скорочення тривалості виробничого циклу.

Метою даної роботи є технічне та технологічне удосконалення процесу мокрового подрібнення пивоварного солоду з метою отримання якісного подрібненого матеріалу, а також скорочення і покращення умов процесів затирання і фільтрування пивного затору, і як наслідок - отримання кінцевого продукту високої якості.

Актуальність роботи

Висока якість кінцевого продукту (пива) у значній мірі залежить від підготовки сировини, а саме від її якісного подрібнення. Найбільш оптимальний помел зернопродуктів, що використовуються у приготуванні пивного затору, повинен забезпечити максимально можливий вихід екстракту та досить високу швидкість фільтрації пивного суслу.

Технологія подрібнення матеріалів є важливою та використовується у різних галузях переробного виробництва. Дисперсність матеріалів (ступінь подрібнення) багато в чому визначає інтенсивність протікання у майбутньому найрізноманітніших технологічних процесів та впливає на якісні характеристики продуктів. Отже, тому створення сучасних високотехнологічних технологій, орієнтованих на останні досягнення науки і техніки, змушує пред'являти підвищені вимоги до ступеню подрібнення матеріалу. Вирішення цієї складної задачі неможливе без цілеспрямованого пошуку нових методів, способів та конструкцій апаратів.

Із вищезначеного витікає, розв'язання даної проблеми є актуальним та досить перспективним. Обрання методу диспергування матеріалів шляхом

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Увадов С.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Національний університет харчових технологій</i>	Ковальов К.В.	<i>Дослідження процесу подрібнення пивоварного солоду в установці мокрового подрібнення</i>	222140.ДП.08.006.ПЗ			
	Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	UA	1/2

комбінування традиційних способів подрібнення із дією дотичних напружень, що виникають в несучій рідині, є не випадковим. У даному випадку рідина служить в якості диспергуючого середовища, яке сприяє розосередженню частинок матеріалу та протидіє їх повторному злипанню. Інша особливість мокрого подрібнення - поява рідини дотичних напружень, що стають, поряд із різанням, одними із основних факторів процесу та сприяють підвищенню ступеня подрібнення. Значне зниження міцності зерна, що подрібнюється, посилюється рідиною, яка проникаючи у мікротріщини, запобігає силам, що прагнуть їх зімкнути.

Новизна магістерської роботи полягає у визначенні та обґрунтуванні методики проведення оптимального процесу мокрого подрібнення пивоварного солоду в установці мокрого подрібнення із високим виходом екстракту.

Основні задачі роботи:

- створити фізичну модель процесу подрібнення на матеріал, що подрібнюється в установці;
- розробити математичну модель процесу мокрого подрібнення;
- дослідити та проаналізувати інженерну методику розрахунку основних параметрів установки;
- здійснити експериментальні дослідження мокрого помелу зернової сировини в установці та перевірити адекватність результатів;
- дослідити вплив факторів на процес технологічних чинників;
- запропонувати рекомендації щодо впровадження результатів досліджень у виробництво.

6.2 Об'єкт та методика досліджень

Об'єкт досліджень - процес мокрого подрібнення солоду в установці мокрого подрібнення – MILLSTAR. Спосіб подрібнення зернової сировини із замочним кондиціонуванням в установці MILLSTAR найкращим чином зарекомендував себе у виробничій практиці за кордоном. Технологічне обладнання MILLSTAR об'єднує в собі переваги традиційних методів сухого та мокрого подрібнення. М'якшина оболонка зерна при цьому методі майже повністю зберігаються. В той же час забезпечується і оптимальний помел ендосперму. В технології пивоваріння для якості пива це надає вирішальні переваги.

Процес щадного подрібнення в установці MILLSTAR робить вагомий внесок у високу якість отриманого в подальшому пивного суслу. Замість тонкого подрібнення солоду використовується метод подрібнення, що забезпечує максимальний перехід екстракту в розчин та оптимальне вимивання екстракту у

фільтраційному апараті. У кінцевому рахунку це дозволяє також збільшити продуктивність фільтраційного апарату. Завдяки зменшенню площі поверхні та швидкої обробки, подрібнене зерно менше піддається реакції окислення, а отже і зменшенню негативного впливу на якість пива.

Процес подрібнення – це процес механічного подрібнення сировини. Необхідно при цьому по мірі можливості, за умов вимог технології, зберегти оболонку зерна для використання її в якості фільтруючого матеріалу при фільтруванні пивного затору. У дробарках мокрого подрібнення пивоварний солод подрібнюється між парою валків (віджимних). До подрібнення пивоварний солод проходить камеру для кондиціонування. Завдяки спеціальному рифленню подрібнюючих валків вологі оболонки зберігаються, а вміст зерна подрібнюється.

Дробарка марки «MILLSTAR» менше пошкоджує оболонки солоду, що сприяє утворенню кращого фільтраційного прошарку при фільтрації пивного затору. Зменшується також запиленість приміщення, можливість займання зернопродуктів, а отже зниження шумності покращує умови праці.

Таким чином, метою подрібнення є створення найбільш сприятливих умов дії води, що розпилюється на фракції помелу. Тим самим забезпечується швидке розчинення речовин та перетворення нерозчинних речовин у розчинні. Забезпечується максимальне переведення екстрактивних речовин солоду у розчин – пивне сусло.

Солододробарка зображена на рис. 6.1. Вона представляє собою корпус 8 зварений із прямокутного профілю та листової сталі. Над установкою встановлено камеру кондиціонування 3 з метою, щоб зволожити солод перед його подрібненням. Камера кріпиться до дробарки за допомоги фланців. До камери кондиціонування підведений трубопровід подачі теплої води. В свою чергу камера кондиціонування за допомоги фланцевого з'єднання зверху з'єднана з накопичувальним бункером для солоду. У бункер завантажується солод із розрахунку на одну варку за допомоги ваг порційної дії. Зволожений солод за допомоги живильного валка 4 поступово та рівномірно ссипається на дробильні валки 1. Живильний валок спирається на підшипникові опори 2 і приводиться в рух за допомоги мотор-редуктора 14. Зволожений солод спрямовується на дробильні валки 1 та подрібнюється. Валки спираються на підшипникові опори 7. Кожен із валків має свій привід. Він складається з електродвигуна 13 та клинопасової передачі 5.

Солод подрібнений змішується із заторною водою та за допомоги заторного насоса 11 перекачується у заторний апарат для затирання. Насос заторний розташований у нижній частині дробарки, приводиться в рух за допомоги клинопасової передачі 10 та електродвигуна 12. Клинопасова передача закривається кожухом 9. Огляд валків відбувається через оглядове віконце 5.

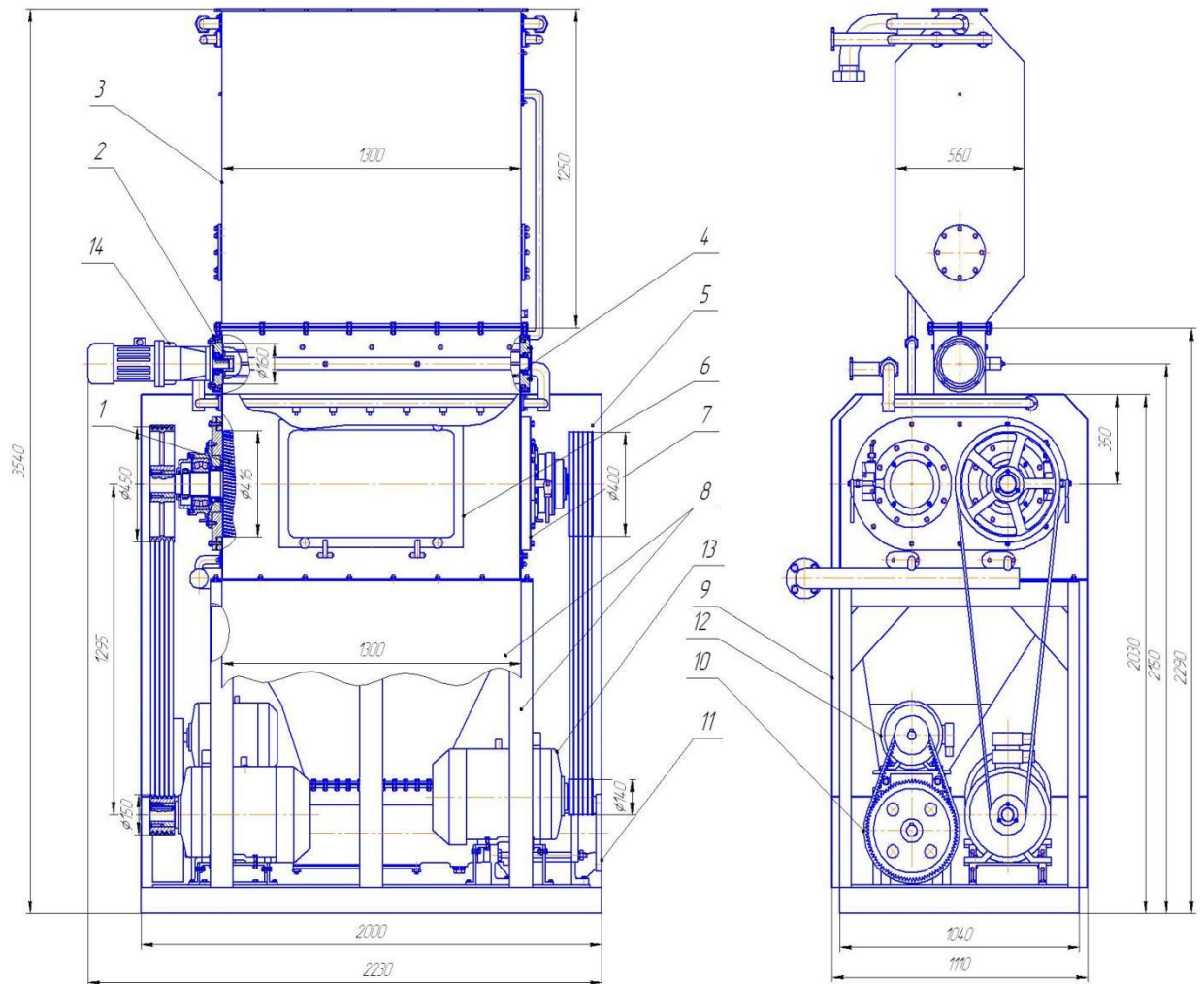


Рис 6.1 Технологічне обладнання мокро́го подрібнення солоду

Обладнання працює наступним чином. Пивоварний солод (на одну варку) потрапляє у накопичувальний бункер розташований над дробаркою та заповнює шахту кондиціонування. Солод зрошується проточною теплою водою (температурою 50-76° С) у системі м'якого кондиціонування. Сировина стає еластичною /їх оболонка-лузга/. Далі, солод разом із водою валковим дозатором просувається на пару рифлених валків. Останні обертаються назустріч один одному. Додатково на валки подається вода із необхідною для затирання температурою. У камері солододробарки подрібнений солод змішують із водою при температурі 45-63 °С та викачують цю суміш насосом у заторний апарат. Робота валкового дозатора регулюється автоматично і залежить від струму, що

споживають електродвигуни валків. Заданий струм, що повинні споживати електродвигуни валків, повинен складати: для дробарок продуктивністю 20 т/год - 30-35А. При струмі менше 35А (57А) електродвигун валкового дозатора збільшує свої оберти, а при струмі більше 35А (57А) навпаки зменшує. Це регулювання відбувається при роботі дробарки в автоматичному або в ручному режимах.

По закінченні процесу подрібнення здійснюється промивка всієї дробарки. По закінченні промивок, через "бойпас" проводиться видавлювання залишків затору із трубопроводу у заторний апарат та доведення кількості води на затирання до заданого об'єму.

Проведені дослідження у промислових умовах діючої установки на ПрАТ «Оболонь» дозволили виявити наступні недоліки в її роботі:

- встановлено, що подача води на подрібнюючі валки здійснюється нерівномірно. З метою усунення даного недоліку запропоновано встановити форсунки для розпилення води на самій поверхні валків. Це надасть можливість покращити якість зволоження солоду, що подрібнюється.

З метою кращого подрібнення солоду також запропоновано встановити меншого діаметру шків на одному з подрібнюючих валків. Це в свою чергу забезпечить різну частоту обертання валків.

Все це позитивно вплине на якість помелу солоду (надасть можливість зберегти оболонку цілісною) і в подальшому,установки на процес фільтрування пивного затору.

Принцип роботи установки MILLSTAR виглядає наступним чином: спочатку сухий та очищений солод за дуже короткий час рівномірно проходить через ділянку кондиціонування. При цьому вміст води в лущинні підвищується приблизно до 18 – 20 %. Оболонка зернинки набуває необхідну пружність, щоб повністю відокремитися від зерна. Сам ендосперм при цьому залишається сухим. Таким чином,обумовлюються та створюються найкращі умови для оптимального подрібнення зернової сировини та високого виходу екстракту.

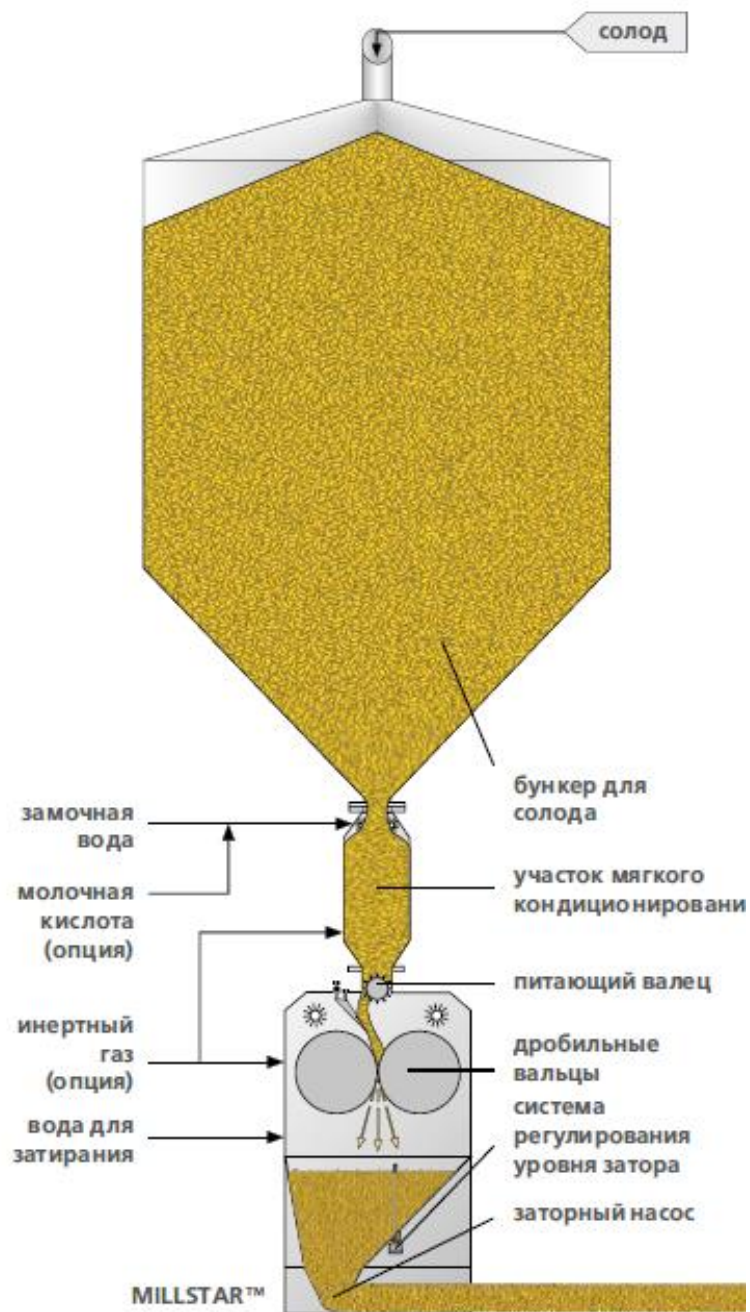


Рис. 6.2 Установка мокрого подрібнення MILLSTAR

Ендосперм видавлюється із лушпиння та оптимально подрібнюється подрібнюючими вальками. Автоматична система підтримки якості самостійно регулює продуктивність установки з урахуванням властивостей солоду. Зміна продуктивності валків та часу кондиціонування відбуваються в залежності від крихкості солоду. Якщо тверда партія солоду то подрібнення відбувається повільніше, внаслідок чого солод вбирає більше води на ділянці кондиціонування. Таким чином, незалежно від якості сировини, якість подрібнення завжди буде оптимальна.

Переваги замочного кондиціонування. При проведенні замочного кондиціонування на ділянці 1 /рис.6.3/ кондиціонування солод рівномірно

зволожується теплою водою. Наприкінці цієї операції вміст води у лушпинні становить порядку 18 – 20 %. Волога лузги набуває необхідну пружність, щоб не руйнуватися при подальшому її подрібненні. Сам же ендосперм зерна залишається крихким та сухим. Конструкція подрібнюючих валків забезпечує тривалий контакт зерна в зоні подрібнення та запобігає руйнуванню лушпиння під впливом зрізувальних сил 2. Завдяки дії тиску вальців крихкий ендосперм оптимально розмелюється. Установка MILLSTAR забезпечує цілісність лушпиння 3 і тим самим створює найкращі передумови в подальшому для ефективної роботи фільтраційного апарату. Це пояснюється тим, що стан лушпиння в значній мірі впливає на обсяг шару дробини, а отже, і на продуктивність фільтраційного апарату.

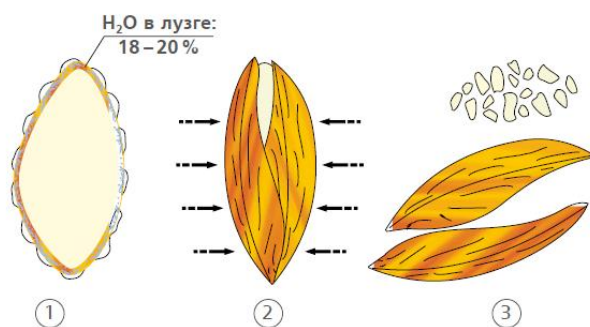


Рис. 6.3 Переваги замочного кондиціонування

6.3 Підбір конструкційних матеріалів до виготовлення технологічного обладнання.

У харчовій галузі промисловості важливим критерієм є ретельний підбір матеріалів для виготовлення технологічного обладнання. Однією із основних вимог є допуск матеріалу до харчових продуктів. У тих місцях, де не відбувається контакту обладнання із продуктом дозволяється користуватися загальними правилами підбору конструкційних матеріалів [10].

Особливості експлуатаційних умов обладнання у різноманітних галузях харчової промисловості вимагають застосування міцних та надійних металів або інших матеріалів, що працюють в умовах високого тиску, температур, глибокого вакууму, агресивних середовищ.

Специфічні умови окремих видів харчового виробництва: підвищена вологість, висока або низька температура, безпосередній контакт із харчовими продуктами та агресивними середовищами, абразивна дія продукту тощо пред'являють особливі вимоги до вибору конструкційних матеріалів для виготовлення харчового обладнання.

Останні повинні відповідати загальним вимогам, які пред'являються до матеріалів, що знаходяться у контакті з харчовими продуктами. Вони не повинні містити шкідливих для здоров'я людини елементів або вступати в реакцію

хімічної взаємодії з продуктами, руйнуватися під дією харчових середовищ, миючих та дезінфікуючих засобів та мастильних матеріалів.

Одна із основних вимог до матеріалів у машинобудуванні - їх висока корозійна стійкість.

Стандартами в окремих галузях встановлені обмеження на марки та асортимент матеріалів, що застосовуються у харчовому машинобудуванні. Все це сприяє підвищенню рівня уніфікації та технологічності харчових машин та апаратів.

У разі необхідності застосування матеріалів, які не передбачені ГОСТ 27-00-223-75, для виготовлення деталей харчового обладнання вимагаються узгодження та дозвіл відповідних підрозділів Міністерства охорони здоров'я та харчової промисловості України.

До матеріалів, що контактують із харчовим середовищем, необхідно враховувати токсичність матеріалу, а також дозвіл органів охорони здоров'я на його застосування при безпосередньому контакті з конкретним технологічним середовищем харчового виробництва; корозійну стійкість при довготривалій дії на матеріал реальних харчових середовищ, підвищених температур та тиску, а також миючих і дезінфікуючих розчинів; механічну міцність при виконанні необхідних робочих циклів деталей, вузлів та механізмів машини; технологічні властивості пересування, лиття, зварювання та ін.

Для виготовлення обладнання варильного цеху, використовується корозійно стійка нержавіюча сталь. Вона дозволяє проводити необхідне інтенсивне очищення та дезінфекцію.

Корпус солододробарки виготовлено з високоякісної нержавіючої сталі.

Комунаційні трубопроводи, що здійснюють подачу води у робочий об'єм установки і вихід заторної маси виготовлені із нержавіючої сталі марки 12X18H10T, ГОСТ 10556 – 32. Сталь характеризується високою корозійною стійкістю та окалиностійкістю, має підвищену стійкість проти міжкристалічної корозії. Сталь задовольняє властивості міцності і має гарні пластичні якості.

6.4 Експериментальна частина

Експериментальні дослідження проводилися шляхом моделювання процесу подрібнення на математичному та фізичному рівні. У математичній моделі використовувалися результати проведеного моделювання гідродинаміки подрібнювача, отримані шляхом чисельного рішення рівнянь руху середовища в каналі установки. Результати чисельних рішень оброблялися по теорії подібності. Статистична обробка отриманих даних проводилася за допомоги програмного пакету Excel.

Сировиною для приготування пивного затору є подрібнений солод та підігріта вода.

Суть затирання полягає у тому, що різні ферменти розщеплюють крохмаль та протеїни відповідно на прості цукри та амінокислоти. Лише тільки близько 10-15% екстракту солоду перебуває у розчинній формі на початку затирання. Отже, тому для вивільнення залишкової маси екстракту потрібні ферменти, що були накопичені зерном під час його пророщування. Затирання є цілеспрямований та планомірний процес переведення екстрактивних речовин солоду та його замінників у розчин під дією ферментів. Приготування затору - це змішування подрібненого солоду з водою. Однак це не тільки змішування, а ціла система водно-теплової обробки помелу зернопродуктів шляхом нагрівання частин затору до певних температур, витримки при них, кип'ятіння та змішування прокип'ячених частин з основним затором. Цим самим створення оптимальних умов дії ферментних систем, завдяки цьому вдається досягти у суслі певного хімічного складу відповідно до сорту пива. Головна мета процесу затирання - переведення у розчин якомога більше екстрактивних речовин зернопродуктів та приготування пивного сусла бажаного складу.

6.5 Розробка моделі процесу мокрого подрібнення за допомоги математично – статистичних методів

Завданнями використання методів математико-статистичної обробки результатів досліджень є[28]:

- **перевірка** статистичних гіпотез, тобто вірогідності відмінностей між отриманими результатами. Наприклад, наскільки ефективно була підібрана методика визначення того чи іншого фактора;
- **дисперсійний аналіз** - порівняння одночасно декількох груп результатів вимірювань (вибірок), об'єднаних в єдиний статистичний комплекс;
- **кореляційний аналіз** - виявлення міри зв'язку між окремими явищами, об'єктами
- **регресійний аналіз** - вивчення впливу одних ознак на інші;
- **факторний аналіз** - класифікація вихідних даних за факторами, що дозволяє виявляти можливості кожного фактора ;
- **прогнозування та моделювання** процесів на основі сучасних комп'ютерів та статистичних методів.

Слід зауважити, що усі ці завдання можуть вирішуватися на основі певних вимірювань. Вимірювання -це приписування чисел до об'єктів або подій згідно деяким правилам. Правила повинні встановлювати відповідність між властивостями розглядаємих об'єктів та чисел. У теорії вимірювань прийнято виділяти чотири основних види шкал: найменування, порядку, інтервальну та відносин.

При цьому вимірювання, що здійснюються за допомоги двох перших шкал, вважаються якісними. Для їх обробки використовуються непараметричні критерії.

Вимірювання, що виконані за двома останніми шкалами – кількісні. У цьому випадку застосовуються параметричні критерії. У кожній шкали строго визначені властивості чисел, приписуваних об'єктів або явищ. Чим вище порядок шкали, тим більше арифметичних дій можна проводити із цими числами. Слід також пам'ятати, що вимірювання виконані за більш високою шкалою завжди можна перевести в шкалу нижчого рівня. А навпаки - з нижчого у високий не можливо. Приклад, вимірювання, виконані за шкалою відносин або інтервальною, можна перевести у шкалу порядку або найменувань. Вимірювання, виконані за шкалою найменувань перевести у шкалу порядку або в інтервальну шкалу неможливо.

Між змінними (випадковими величинами) може існувати також функціональний зв'язок, що виявляється у тому, що одна з них визначається як функція від іншої. Однак між змінними може існувати і зв'язок іншого роду, що виявляється в тому, що одна з них реагує на зміну іншої зміною свого закону розподілу. Такий зв'язок називають стохастичним. Він з'являється у тому випадку, коли є загальні випадкові фактори, що впливають на обидві змінні. У якості міри залежності між змінними використовується коефіцієнт кореляції (r), який змінюється в межах від -1 до $+1$. Якщо коефіцієнт кореляції від'ємний, то це означає, що зі збільшенням значень однієї змінної значення іншої зменшуються. Якщо змінні незалежні, то коефіцієнт кореляції дорівнює 0 (зворотне твердження вірне лише для змінних, що мають нормальний розподіл). Але якщо коефіцієнт кореляції не дорівнює 0 (змінні називаються некорельованими), то це означає, що між змінними існує залежність. Чим ближче значення r до 1 , тим сильніше залежність. Коефіцієнт кореляції досягає своїх граничних значень $+1$ або -1 , тоді і тільки тоді, коли залежність між змінними лінійна. Кореляційний аналіз дозволяє встановити силу та напрямок стохастичного взаємозв'язку між змінними (випадковими величинами). Якщо змінні виміряні, як мінімум, з інтервальною шкалою і мають нормальний розподіл, то кореляційний аналіз здійснюється за допомоги обчислення коефіцієнта кореляції Пірсона, в іншому випадку використовуються кореляції Спірмена, та Кендала, або Гамма.

У регресійному аналізі моделюється взаємозв'язок однієї випадкової змінної від однієї або декількох інших випадкових змінних. При цьому, перша змінна, називається залежною, а решта – незалежними. Вибір чи призначення залежної і незалежних змінних є довільним (умовним) і здійснюється дослідником залежно від розв'язуваної завдання. Незалежні змінні називаються факторами, регресорами або предикторами, а залежна змінна – результативною ознакою, або відгуком.

Канонічний аналіз призначений для аналізу залежностей між двома списками ознак (незалежних змінних), що характеризують об'єкти. Наприклад, можна вивчити залежність між різними несприятливими факторами та появою певної групи симптомів захворювання, або взаємозв'язок між двома групами клініко-лабораторних показників (синдромів) хворого. Канонічний аналіз є узагальненням множинної кореляції як міри зв'язку між однією змінною і безліччю інших змінних. Як відомо, множинна кореляція є максимальна кореляція між однією змінною та лінійною функцією змінних. Ця концепція була узагальнена на випадок зв'язку між множинами змінних – ознак, що характеризують об'єкти. При цьому достатньо обмежитися розглядом невеликого числа найбільш корельованих лінійних комбінацій з кожного безлічі. Нехай, наприклад, перше безліч змінних складається з ознак y_1, \dots, y_p , друге безліч складається з x_1, \dots, x_q , тоді взаємозв'язок між цими множинами можна оцінити як кореляцію між лінійними комбінаціями $a_1y_1 + a_2y_2 + \dots + a_p y_p$, $b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_q x_q$, яка називається канонічною кореляцією. Завдання канонічного аналізу в знаходженні вагових коефіцієнтів таким чином, щоб канонічна кореляція була максимальною.

Методи порівняння середніх. У прикладних дослідженнях часто зустрічаються випадки, коли середній результат деякої ознаки однієї серії експериментів відрізняється від середнього результату іншої серії. Так як середні результати вимірів, то, як правило, вони завжди розрізняються, питання в тому, чи можна пояснити виявлену розбіжність середніх неминучими випадковими помилками експерименту або воно викликано певними причинами. Якщо йдеться про порівняння двох середніх, то можна застосовувати критерій Стьюдента (t-критерій). Це параметричний критерій, так як передбачається, що ознака має нормальний розподіл у кожній серії експериментів. В даний час стало модним застосування непараметричних критеріїв порівняння середніх результату.

Порівняння середніх результату один із способів виявлення залежностей між змінними ознаками, що характеризують досліджувану сукупність об'єктів (спостережень). Якщо при розбитті об'єктів дослідження на підгрупи за допомоги категоріальної незалежної змінної (предиктора) вірна гіпотеза про нерівність середніх деякої залежної змінної в підгрупах, то це означає, що існує стохастичний взаємозв'язок між залежною змінною і категоріальним предиктором.

Найбільш загальний метод порівняння середніх - дисперсійний аналіз. У термінології дисперсійного аналізу категоріальний предиктор називається фактором.

Дисперсійний аналіз можна визначити як параметричний, статистичний метод, призначений для оцінки впливу різних факторів на результат

експерименту, а також для подальшого планування експериментів. Тому в дисперсійному аналізі можна досліджувати залежність кількісної ознаки від одного або декількох якісних ознак факторів. Якщо розглядається один фактор, то застосовують однофакторний дисперсійний аналіз, в іншому випадку використовують багатфакторний дисперсійний аналіз.

Частотний аналіз. Таблиці частот, або як ще їх називають одноходові таблиці, являють собою найпростіший метод аналізу категоріальних змінних. Таблиці частот можуть бути з успіхом використані також для дослідження кількісних змінних, хоча при цьому можуть виникнути труднощі з інтерпретацією результатів. Даний вид статистичного дослідження часто використовують як одну з процедур розвідувального аналізу, щоб подивитися, яким чином різні групи спостережень розподілені у вибірці, або як розподілено значення ознаки на інтервалі від мінімального до максимального значення. Як правило, таблиці частот графічно ілюструються за допомогою гістограм.

Кростабуляція (сполучення) – процес об'єднання двох (або декількох таблиць частот так, що кожна клітинка в побудованій таблиці представляється єдиною комбінацією значень або рівнів табульованих змінних. Кростабуляція дозволяє поєднати частоти появи спостережень на різних рівнях розглянутих факторів. Досліджуючи ці частоти, можна виявити зв'язки між табульованими змінними і досліджувати структуру цієї зв'язку. Зазвичай табулюються категоріальні або кількісні змінні з відносно невеликим числом значень.

Аналіз відповідностей. Аналіз відповідностей в порівнянні з частотним аналізом містить більш потужні описові і розвідувальні методи аналізу двухходових і багатходових таблиць.

Одна з цілей аналізу відповідностей – уявлення вмісту таблиці відносних частот у вигляді відстаней між окремими рядками і/або стовпцями таблиці в просторі більш низької розмірності.

Кластерний аналіз. Кластерний аналіз – це метод класифікаційного аналізу; його основне призначення – розбиття множини досліджуваних об'єктів і ознак на однорідні в певному сенсі групи, або кластери. Це багатомірний статистичний метод, тому передбачається, що вихідні дані можуть бути значного обсягу, тобто істотно більшим може бути як кількість об'єктів дослідження (спостережень), так і ознак, що характеризують ці об'єкти. Велика перевага кластерного аналізу у тому, що він дає можливість проводити розбиття об'єктів не за однією ознакою, а за рядом ознак. Крім того, кластерний аналіз на відміну від більшості математико-статистичних методів не накладає ніяких обмежень на вид розглянутих об'єктів і дозволяє досліджувати безліч вихідних даних.

Дискримінантний аналіз. Дискримінантний аналіз включає статистичні методи класифікації багатовимірних спостережень в ситуації, коли дослідник

володіє так званими навчальними вибірками. Цей вид аналізу є багатовимірним, так як використовує кілька ознак об'єкта, число яких може бути як завгодно великим. Мета дискримінантного аналізу полягає в тому, щоб на основі вимірювання різних характеристик (ознак) об'єкта класифікувати його, тобто віднести до однієї з декількох заданих груп (класів) деяким оптимальним способом. При цьому передбачається, що вихідні дані поряд з ознаками об'єктів містять категоріальну змінну, яка визначає належність об'єкта до тієї чи іншої групи. Тому в дискримінантному аналізі передбачена перевірка несуперечності класифікації, проведеної методом, з вихідної емпіричної класифікації. Під оптимальним способом розуміється або мінімум математичного очікування втрат, або мінімум ймовірності помилкової класифікації. У загальному випадку задача розрізнення (дискримінації) формулюється таким чином. Нехай результатом спостереження над об'єктом є побудова k -мірного випадкового вектора $X = (X_1, X_2, \dots, X_k)$, де X_1, X_2, \dots, X_k – ознаки об'єкта. Потрібно встановити правило, згідно з яким за значеннями координат вектора X об'єкт відносять до однієї з можливих сукупностей i , $i = 1, 2, \dots, n$. Методи дискримінації можна умовно розділити на параметричні і непараметричні. У параметричних відомо, що розподіл векторів ознак у кожній сукупності нормально, але немає інформації про параметри цих розподілів. Непараметричні методи дискримінації не вимагають знань про точний функціональному вигляді розподілів і дозволяють вирішувати завдання дискримінації на основі незначної апріорної інформації про сукупностях, що особливо цінно для практичних застосувань. Якщо виконуються умови застосування дискримінантного аналізу – незалежні змінні – ознаки (їх ще називають предикторами) повинні бути виміряні як мінімум в інтервальною шкалою, їх розподіл має відповідати нормальному закону, необхідно скористатися класичним дискримінантним аналізом, в іншому випадку – методом загальні моделі дискримінантного аналізу.

Для визначення зусилля подрібнення синтезуємо рівняння у горизонтальному валковому подрібнювачі із урахуванням міцності рівнянь

$$F = \frac{5\sigma_p^2 D^3 l g i}{i^3 E \Delta S}$$

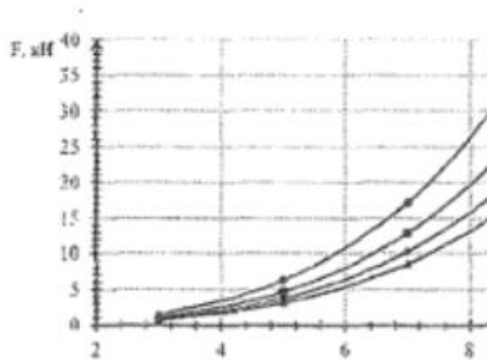


Рис. 6.4 - Залежності руйнівної сили від початкового розміру шматка подрібнюваного матеріалу, для матеріалів з різними модулями пружності Юнга: $E_1 = 3 \cdot 10^4$ МПа; $E_2 = 4 \cdot 10^4$ МПа; $E_3 = 5 \cdot 10^4$ МПа; $E_4 = 6 \cdot 10^4$ МПа

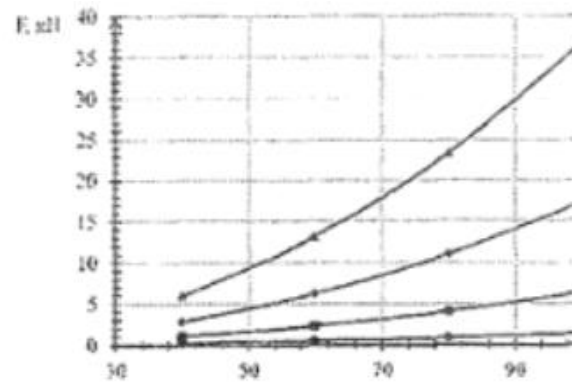


Рис. 6.5 Залежності руйнівної сили від межі міцності при стиску матеріалу для матеріалів з різними початковими розмірами шматків: $D_1 = 3$ мм; $D_2 = 5$ мм; $D_3 = 7$ мм; $D_4 = 9$ мм

Аналіз існуючих форм рівнянь кінетики подрібнення виявив, що найбільш прийнятна форма для синтезування рівняння кінетики подрібнення запропонована В. А. Перовим. Із його досліджень, отримана нова форма рівняння кінетики подрібнення, що враховує зменшення кількості крупного класу у подрібненому матеріалі в залежності від кратності циркуляції:

$$R = \frac{pR_0}{\left(\frac{pR_0}{R_1} + 1 - p\right)^z - 1 + p}$$

Параметр p знаходиться за двома дослідженнями:

R_1 при $z = 1$ та R_2 при $z = 2$;

$$p = \frac{R_0 \left(\frac{1}{R_2} - \frac{2}{R_1}\right)}{\left(\frac{R_0}{R_1} - 1\right)^z}$$

Отримаємо рівняння для розрахунку складових і сумарної потужності, що споживається приводом з урахуванням к. к. д. передач, що входять до складу привода.

Сумарна потужність, що витрачається на помел матеріалу, Вт:

$$P_1 = \frac{4\pi n \sigma_p V k_e k_p k_{\sigma} f}{360} (\beta_1 R_1^2 + \beta_2 R_2^2)$$

Сумарна потужність, що витрачається на тертя в підшипниках валків:

$$P_2 = 2\pi Rn \left(\frac{m_1 g f_1 r_1}{R_1} + \sigma_p \frac{2\pi}{360} \beta_1 B k_e k_p k_\sigma f_1 r_1 + \frac{m_2 g f_1 r_2}{R_2} + \sigma_p \frac{2\pi}{360} \beta_2 B k_e k_p k_\sigma f_1 r_2 \right)$$

Сумарна потужність, що витрачається на тертя в підшипниках опор, Вт

$$P_3 = \frac{2\pi R n f_2 r_{01}}{R_{01}} \left(mg \frac{\sin \gamma_{02}}{\sin(180 - \gamma_{01} - \gamma_{02})} + \sigma_p \frac{2\pi R_1}{360} \beta_1 B k_e k_p k_\sigma \right) + \frac{2\pi R n f_2 r_{02}}{R_{02}} \left(mg \frac{\sin \gamma_{01}}{\sin(180 - \gamma_{01} - \gamma_{02})} + \sigma_p \frac{2\pi R_2}{360} \beta_2 B k_e k_p k_\sigma \right)$$

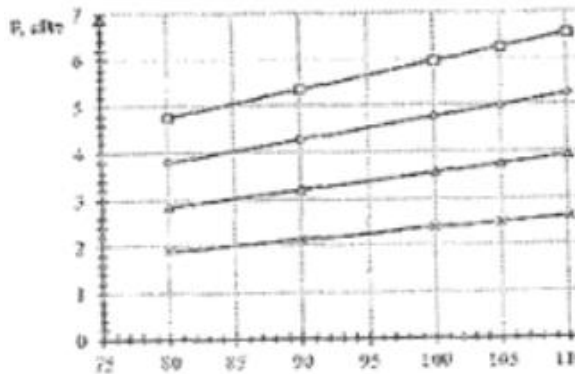


Рис. 6.6 Залежності потужності, що витрачається на помел від частоти обертання, при подрібненні матеріалів межами міцності: $\sigma_1 = 40$ МПа; $\sigma_2 = 6$ МПа; $\sigma_3 = 80$ МПа; $\sigma_4 = 100$ МПа.

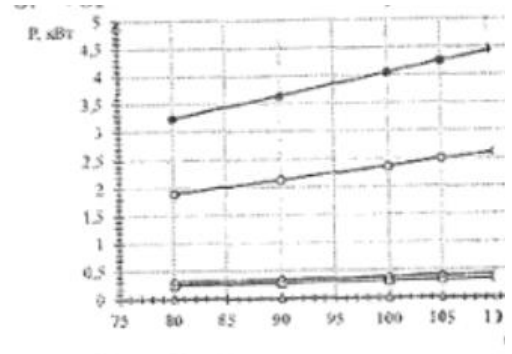


Рис. 6.7 Графічне представлення залежностей сумарної і складових потужностей, що витрачається на помел від частоти обертання.

Потужність, що витрачається на скребок скидаючого пристрою, Вт:

$$P_4 = F_{\text{скр}} v$$

Сумарна потужність приводу, Вт:

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4}{\eta}$$

Якщо прийняти, що подрібнювач живиться рівномірно, готовий продукт вводиться безперервно, та уявити процес помелу як рух матеріалу /у вигляді кільця/ повздовж осі обертання корпусу подрібнювача, можливо товщиною рівною зазору між валками, причому за один оберт виходить одне кільце матеріалу. Тобто, об'ємна продуктивність розраховується за формулою, м³/год:

$$Q = 60V k_p$$

Представляючи об'єм матеріалу через щільність та поправочний коефіцієнт, що враховує зміну товщини і щільності, при деформації пружин, отримана масова продуктивність подрібнювача, кг/год буде складати:

$$Q = 60V_k n k_{пр} \rho$$

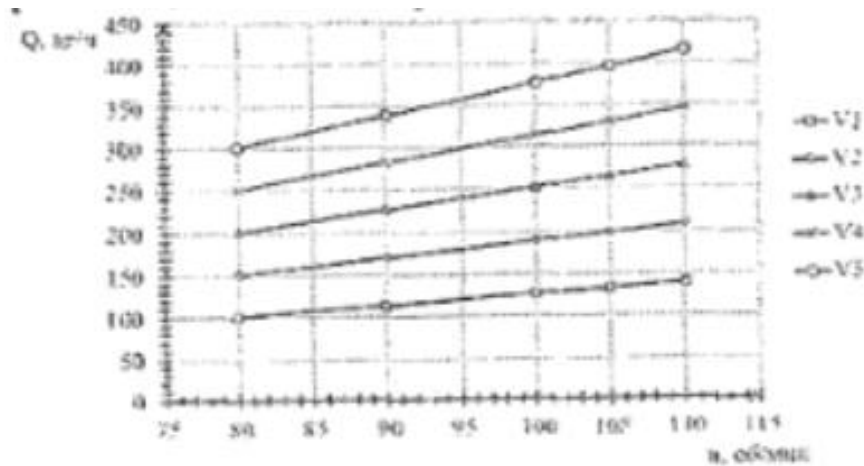


Рис. 6.8 Залежності продуктивності від частоти обертання корпусу установки, при зміні обсягу матеріалу, що виходить із подрібнювача: V₁ при зазорі: a = 2 мм; V₂ при a = 3 мм; V₃ при a = 4 мм; V₄ при a = 5 мм; V₅ при a = 6 мм

6.6 Інженерна методика розрахунку конструктивно-технологічних параметрів установки мокрого подрібнення .

1. Визначення розмірів робочих елементів подрібнювача, залежно від крупності вихідного матеріалу.

Рівняння, що зв'язує чотири величини: кут захвату α (коефіцієнт тертя f), радіус корпусу R , радіус валка R_1 (R_2) і крупність шматків вихідного матеріалу r_1 (r_2) виглядає наступним чином:

$$f^2 = \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{r_1(R - R_1 - r_1)}{RR_1}$$

$$f^2 = \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{r_2(R - R_2 - r_1)}{RR_2}$$

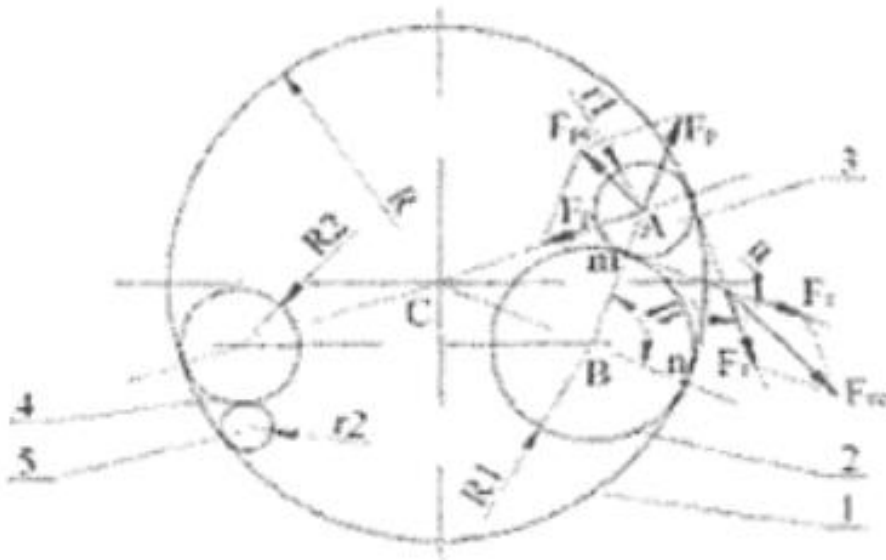


Рис. 6.9 Схема до визначення конструктивних параметрів:

1 - корпус, 2 - перший валок, 3 - шматок вихідного матеріалу, 4 - другий валок, 5 — шматок подрібненого матеріалу.

Коефіцієнт тертя подрібнюваних матеріалів о валки та корпус дорівнює від 0,3 до 0,45, кут захоплення частинок відповідно становить від 34 до 48°. Співвідношення між R і R_1 R_2 приймають конструктивно. Зазвичай витримується наступне співвідношення $R_1=(0,4-0,6)R$. Співвідношення між a) і Γ зазвичай витримують $R_2=(0,4-0,6) R_1$

2. Визначення частоти обертання подрібнювача: нижня межа частоти обертання визначається за формулою, хв^{-1} :

$$n_{\text{кор}} = \frac{45 \dots 60}{\sqrt{R}}$$

3. Визначення частоти обертання двигуна привода:

$$n_{\text{дв}} = \frac{d_{\text{кор}} n_{\text{кор}}}{d_{\text{дв}} d_{FW} (1 - \xi) (1 - \varepsilon)}$$

4. Визначення величини руйнівного зусилля (наводиться розрахунок для першого валка):

$$F_p = \sigma_p k_d S = \sigma_p \frac{2\pi R_1}{360} \beta_2 B k_e k_p k_\sigma$$

5. Розрахунок жорсткості пружин:

$$F_{\text{пр}} = \frac{F_p (\cos \gamma_1 + \cos \gamma_2)}{2}$$

Розрахунок продуктивності дробарки мокрого подрібнення [2]

Визначимо одноразовий засип подрібненого солоду для варильного агрегату потужністю 100 тон зернопродуктів за добу (в тон)

$$M_{\text{зас}} = \frac{P}{z_{\text{вар}}} = \frac{100}{8} = 12,5$$

де $M_{\text{зас}} = 100$ тон за добу – кількість зерно продуктів, що перероблюються за добу (обрано довільно);

$z_{\text{вар}} = 8$ варок – кількість варок за добу (по даним пивзаводу ПрАТ «Оболонь»).

Визначимо продуктивність дробарки (в тон/год)

$$P_{\text{д}} = \frac{M_{\text{зас}}}{t_1} k_1 = \frac{12,5 \cdot 60}{40} 1,3 = 24,4$$

де $t_1=40$ хв. – тривалість подрібнення зернопродуктів на одну варку (по даним пивзаводу ПрАТ «Оболонь»);

$k_1=1,3$ - коефіцієнт запасу продуктивності.

Приймаємо продуктивність дробарки 25 т/год.

Завдяки кращому збереженню м'якої оболонки а, отже, кращим фільтрувальними властивостями шару пивної дробини порівняно із сухим подрібненням, завантаження затору на фільтрацію може бути майже на третину більше. Це сприяє істотній економії капітальних вкладень та енерговитратам.

Порівняльний аналіз роботи сучасних солододробарок різних типів для виготовлення одноразового зернового засипу масою 10 т наведено у табл. 6.1[29]

Аналіз конструктивних особливостей і технологічних можливостей систем подрібнення солоду різних типів

Таблиця

6.1

Показники	Сухе	Подрібнення солоду	
		З водяним кондиціонуванням	Мокре
Продуктивність системи подрібнення,	10	10	20
Виконувані функції	подрібнення	Зволоження; подрібнення	Зволоження; подрібнення; змішування подрібненого солоду

			водою; гомогенізація; коригування рН затору; транспортування затору
Кількість валків,	6	6	2
Кількість електроприводів, шт	5	7	5
Встановлена потужність, кВт, тому числі: солододробарки системи зволожен-ня солоду	28,87 28,87 немає	46,34 38,87 7,47	74,00 71,00 3,00
Середня тривалість дроблення засипу, хв	60	60	30
Питома споживана потужність, кВт год/т	2,9	4,6	3,7
Додаткові енерговитрати на транспортування подрібненого солоду кВт	1,5	1,5	немає
Займана дробаркою площа, мм	2500x269	2500x3093	2190x124
Маса дробарки, кг	6100	8100	5700
Виключення деяких видів обладнання	немає	немає	Бункер дробленого солоду; конвеєр скребковий; предзаторник
Інші особливості			
Ступінь збереженості оболонки зерна	Задовільна	Хороша	Дуже хороша

Подача дробленого солоду заторний апарат	Зверху через предзаторник або знизу через предзаторний апарат	Зверху через предзаторникабо знизу через предзаторний апарат	Знизу предзаторника предзаторного апарату
Пилоутворення при дробленні	Так	Так	Немає
Необхідність аспірації	Так	Так	Немає
Допустимість розміщення безпосередньо варильному цеху	Немає	Немає	Так
Можливість ситового аналізу подрібненого солоду	Так	Так	Немає
Автоматична установка зазору між валками	Немає	Немає	Так
Автоматична безрозбірна мийка	Немає	Немає	Так

6.7 Дослідження технічних систем із застосуванням теорії графів

При дослідженні технічних систем широко використовується теорія графів. Це обумовлено двома особливостями графа.

По перше: граф - математичне поняття, яке може бути використане при розробці математичної моделі технічної системи.

По друге - геометричний граф% геометричний образ графа дозволяє полегшити розуміння відповідної алгебраїчної моделі технічної системи і при цьому лаконічно описати елементи технічної системи та відносини між ними [30].

Графом називається безліч точок площини, званих вершинами, та безліч спрямованих відрізків, що з'єднують ці вершини, і які називаються дугами. Шляхом у графі називають послідовність дуг, у якій кінець кожної попередньої дуги збігається з початком наступної. Контур – це кінцевий шлях, у якого початкова вершина збігається з кінцевою.

Ці визначення стосуються орієнтованого графа. Іноді граф розглядають без урахування орієнтації його дуг. У цьому випадку його називають неорієнтованим графом. У неорієнтованого графа поняття дуга, шлях, контур замінюються поняттями ребро, ланцюг, цикл.

Ребро – це відрізок, що з'єднує дві вершини. Ланцюгом називається послідовність ребер. Циклом називається кінцевий ланцюг, у якій початкова і кінцева вершини збігаються.

Поширений у багатьох областях науки і техніки метод графічного зображення процесів, залежностей, зв'язків, структур і т. п. з допомогою точок і ліній, що їх з'єднують, привів до створення специфічних і звичних для фахівців різних галузей графічних схем, елементів теорії графів (типу електричних, технологічних та ін. схем). Ця теорія може бути застосована до будь-яких схематичних зображень процесів і служить загальним математичним інструментом їх дослідження.

Технологічні схеми переробки солоду при виробництві пива можуть бути представлені у вигляді послідовно мінливих станів сукупностей солоду. В межах фізико-механічної системи вектор вхідних змінних x , модифікації сировини, що переробляється (вихідна функція розподілу подрібнюваних частин за розмірами, концентраціям; швидкість; температура; вологість; щільність; в'язкість і інші характеристики частинок і несучого середовища на вході в апарат), зазнають цілеспрямоване фізико – механічне перетворення у вектор вихідних змінних y , модифікації проміжних, кінцевих продуктів подрібнення (гранулометричний склад готового продукту). Іншими словами, вектор X під дією технологічного оператора фізико-механічної системи φ перетворюється у вектор вихідних змінних Y : $Y = \varphi(x)$. Поняття технологічного оператора фізико-механічної системи формалізує відображення простору змінних входу в простір змінних виходу, що відповідає реальному процесу подрібнення.

Сукупність сировини і проміжні продукти в кожному певному стані технологічного процесу класифікується по крупності, розділеної за фізико-механічними властивостями і характеризується такими певними параметрами як множина, обмежена граничними значеннями параметрів. Перехід вихідного продукту з одного стану в інший може бути представлений спрямованими графами, вершини яких позначають відповідний стан, а ребра – процеси переходу в новий стан.

У процесах подрібнення весь матеріал переходить у кінцевий продукт наступного стану. Граф має одне ребро (вхідний потік вихідного продукту X) і безліч кінцевих ребер, відповідних кінцевих продуктів технологічного процесу. При класифікації і поділ за фізико-механічними та іншими властивостями технологічний процес характеризується багаторебровим графом (за кількістю одержуваних продуктів).

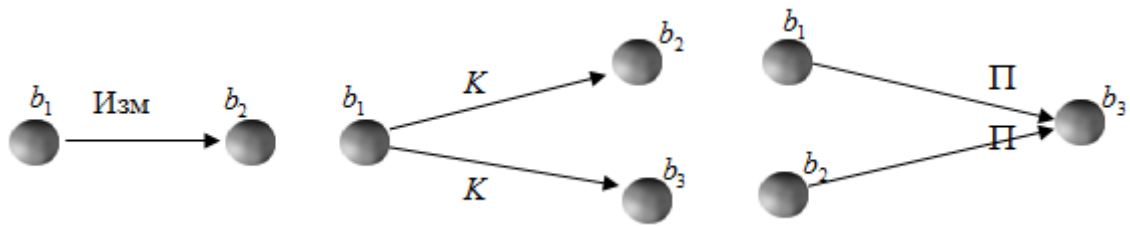


Рис. 6.10 Елементарні графи станів і переробки матеріалу

В елементарному графі: b_1, b_2, b_3 – стан продукту матеріалу; К – класифікація; П – перемішування; Зм – подрібнення. Деякі технологічні схеми можуть бути виражені графом з допомогою кількох повторюваних однотипних підграфів. У даному процесі застосовують подрібнювачі, вальцьові млини, розсівні потощо.

У графі технологічного процесу подрібнення солоду вершини (вузли) представляють: b_0 – розподільна система сировини, b_1 – I-вальцьовий млин, b_2 – II-вальцьовий млин, b_3 – III-вальцьовий млин, і так далі b_{10} – X-вальцьовий млин, $C_1 - C_{10}$ ситовієчні машини, $V_1 - V_{10}$ віброцентрофугали, b_{11} – висівки, b_{12} – проміжний продукт лущиння, b_{13} – ядро солоду, b_{14} – розмольна система. Тут вершини (вузли) $b_{11}, b_{12}, b_{13}, b_{14}$ являє собою самостійні графи технологічних процесів.

Розглянутий граф є орієнтованим, спрямованим. Тому ми будемо мати справу з дугами. Теорія графів для вивчення технологічних процесів дозволяє більш глибоко оцінити структуру процесу, сприяє застосуванню ЕОМ для подальшої обробки інформації.

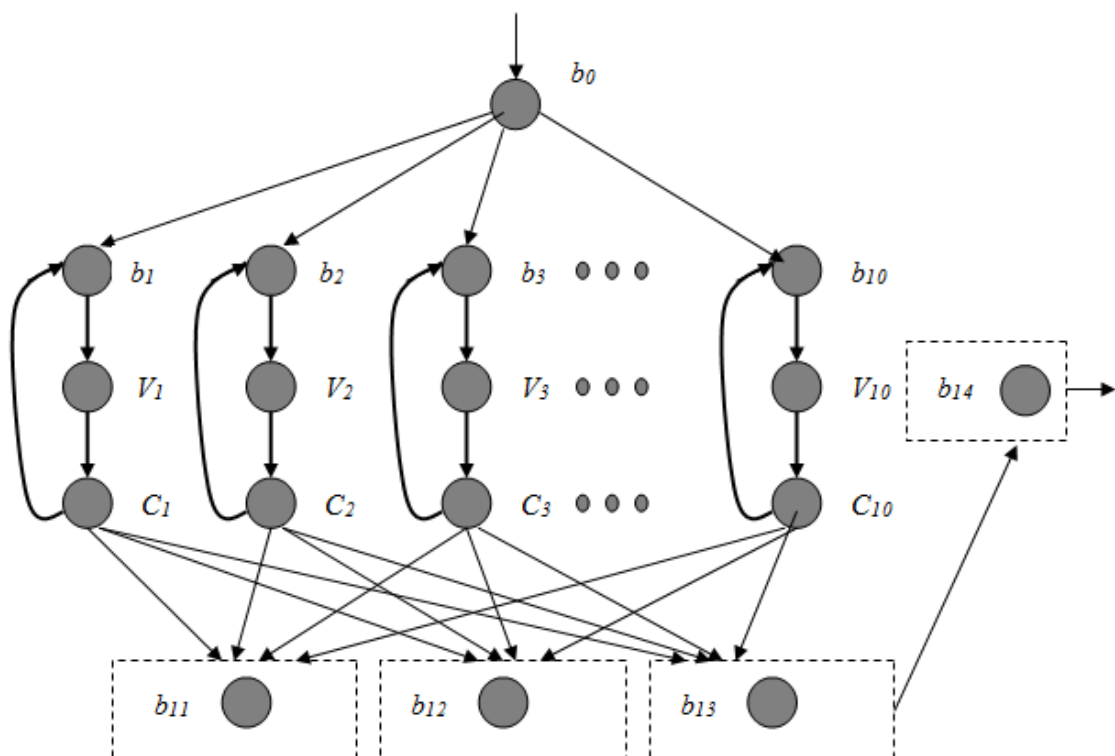


Рис. 6.11 Граф технологічного процесу подрібнення солоду

При порівнянні двох або декількох технологічних схем, призначених для переробки одного і того ж зерна та отримання одних і тих же кінцевих продуктів, зіставлення графів цих схем дає можливість вибрати найбільш короткий і, отже, більш економічний процес з меншим числом операцій. На графі чітко виділяються цикли операцій над окремими проміжними продуктами. Наявність таких циклів вказує на існування циркулюючих або накопичуються в процесі продуктів, для яких необхідно знайти точку виводу.

Операції над графами не обмежуються аналізом технологічних схем, а дозволяють, використовуючи статистичні дані процесу, виділити значущі фактори, що впливають на процес, скласти мінімальний набір критеріїв оптимізації та здійснити обробку іншої інформації. Наприклад, необхідно виділити найбільш суттєві параметри з числа пов'язаних між собою, тобто залежать один від одного. Якщо зв'язки існують не всі (граф ненасичений), то можна вважати, що більш важливими є ті параметри, які мають більшу кількість зв'язків. При цьому може виявитися, що кілька параметрів мають однакове число зв'язків. Тоді важливіше ті параметри, які самі пов'язані з більш важливими.

6.8 Опис математичної моделі установки для подрібнення мокрого солоду

Нехай R_0 і R_t - вміст сировини перед початком подрібнення і до моменту часу t , частки од. Тоді маса сировини перед початком подрібнення M_0 і до моменту часу t , M_t , буде відповідно

$$M_0 = R_0 M, \quad M_t = R_t M,$$

де M - маса подрібнюваного матеріалу в млині.

Представимо величини цих мас як суми мас m_k частинок сировини зі середньозваженими значенням їх діаметра. Тоді число частинок сировини до початку подрібнення і до моменту часу t буде

$$Z_0 = M_0/m_k; \quad z(t) = M_t/m_k$$

Для визначення величини $z(t)$ розглянемо цілочисельну випадкову функцію $Z(t)$, яка уявляє собою ряд значень числа частин сировини в матеріалі, що мелеться, до моменту часу t . При цьому величина t змінюється від нуля до значення часу закінчення процесу T , де $0 \leq t \leq T$.

Вважаючи на підставі вивчення процесу подрібнення, що для кожного значення часу вірогідність будь-якого стану системи в майбутньому залежить тільки від стану її зараз і не залежить від того, яким чином система прийшла в цей стан, визначимо процес подрібнення солоду як дискретний по масі і безперервний по часу t , задовольняючий таким постулатам:

- у початковий момент часу подрібнення система знаходиться в стані $z = z_0$, тобто $Z_0 = z_0 \geq 1$;

- якщо до моменту часу t система знаходиться в стані $z(z=1,2\dots)$, то ймовірність того, що на інтервалі $(t, t+\Delta t)$ відбудеться перехід $z \rightarrow z-1$, дорівнює $\mu_z t \Delta t + O_{1,z}(\Delta t)$,
- де μ_z - інтенсивність зменшення часток сировини;
- $O_{1,z}(\Delta t)$ - величина, яка будучи поділена на Δt , прагне до нуля при $\Delta t \rightarrow 0$;
- ймовірність переходу $z \rightarrow z-1$, де $i > 1$, є $O_{2,z}(\Delta t)$;
- ймовірність відсутності змін дорівнює $1 - \mu_z \Delta t + O_{1,z}(\Delta t)$.

Використовуючи формулу повної ймовірності, вищесформульовані постулати і властивість, отримуємо

$$P_z(t+\Delta t) = P_z(t)[1 - \mu_z \Delta t + O_{3,z}(\Delta t)] + P_{z+1}(t)[\mu_{z+1} \Delta t + O_{1,z}(\Delta t)] + O_{2,z}(\Delta t),$$

де $\lim(O_{2,z}(\Delta t)/\Delta t)$ рівномірно за $t \geq 0$, оскільки обмежена кінцевою сумою, що не залежить від t .

Розділивши на Δt , перейшовши до межі при $\Delta t \rightarrow 0$, і зробивши перетворення, отримуємо диференціальне рівняння для функції ймовірності зміни стану системи

$$P_z(t) \frac{d}{dt} = -\mu_z P_z(t) + \mu_{z+1} P_{z+1}(t)$$

На підставі аналізу особливостей процесу подрібнення приймаємо, що інтенсивність убування частинок сировини в млині є функція виду

$$\mu_z = \mu z t^b,$$

де μ - інтенсивність убування однієї частинки великого класу в початковий період часу ($\mu \geq 0$);

b - параметр, що враховує зміну умов для зменшення часток великого класу з збільшенням часу подрібнення.

Підставивши вирази, отримуємо рівняння для процесу зменшення часток сировини

$$dP_z(t) / dt = \mu z t^b P_z(z+1) t^b P_{z+1}(t),$$

де $z = z_0, z-1, z-2, \dots$.

Це звичайні диференціальні рівняння першого порядку, які вирішуються при початковій умові

$$P_z(0) = \begin{cases} 1 & \text{при } z = z_0 > 0 \\ 0 & \text{при } z \neq z_0 \end{cases}$$

Тоді при $z = z_0$ з рівняння випливає

$$dP_{z_0}(t) / dt = -\mu z_0 t^b P_{z_0}$$

Вирішивши диференціальне рівняння, отримуємо

$$\ln P_{z_0}(t) = -\mu z_0 \frac{1}{b+1} t^{b+1} + C_{z_0}$$

Постійна інтегрування визначається з початкових умов: $z = z_0, C_{z_0} = 0$.

Підставивши значення постійної інтегрування рівняння і зробивши перетворення, отримаємо

$$P_{z_0}(t) = e^{-\mu z_0 \frac{1}{b+1} t^{b+1}}$$

При $z = z_0 - 1$ з виразу отримуємо

$$\frac{dP_{z_0-1}(t)}{dt} = -\mu(z_0 - 1)t^b P_{z_0-1}(t) + \mu[(z_0 - 1) + 1]t^b P_{(z_0-1)+1}(t)$$

Загальний інтеграл такого рівняння знаходиться за формулою

$$P_{z_0-1}(t) = e^{-\int \mu(z_0-1)t^b dt} \left[C_{z_0-1} + \int_0^t \mu[(z_0 - 1) + 1]t^b P_{z_0} e^{\int \mu(z_0-1)t^b dt} dt \right]$$

Підставивши значення P_{z_0} , про інтегрувавши і провівши перетворення, отримаємо

$$P_{z_0-1}(t) = e^{-\mu z_0 \frac{1}{b+1} t^{b+1}} \left[\frac{C_{z_0-1}}{e^{-\mu \frac{1}{b+1} t^{b+1}}} + \frac{(z_0 - 1) + 1}{(1 - z_0) + z_0} \left(e^{-\mu \frac{1}{b+1} t^{b+1}} - 1 \right) \right]$$

З початкових умов рівняння випливає, що $C_{z_0-1} = 0$. Тоді підставивши значення постійної інтегрування рівняння, отримуємо

$$P_{z_0-1}(t) = e^{-z_0 \frac{\mu}{b+1} t^{b+1}} \frac{(z_0 - 1) + 1}{(1 - z_0) + z_0} \left(e^{\frac{\mu}{b+1} t^{b+1}} - 1 \right)$$

Індукцією по z отримуємо розв'язок рівняння при початкових умовах у вигляді функції

$$P_z(t) = \binom{z_0}{z} e^{-z_0 \frac{\mu}{b+1} t^{b+1}} \left(e^{\frac{\mu}{b+1} t^{b+1}} - 1 \right)^{z_0 - z}$$

Приступаючи до розгляду випадкової функції слід зазначити, що $P_z(t)$ з є ймовірнісним розподілом, тобто

$$\sum_{z=0}^{z_0} P_z(t) = 1$$

Дійсно

$$\sum_{z=0}^{z_0} P_z(t) = e^{-z_0 \frac{\mu}{b+1} t^{b+1}} \sum_{z=0}^{z_0} \binom{z_0}{z} \left(e^{\frac{\mu}{b+1} t^{b+1}} - 1 \right)^{z_0 - z} = e^{-z_0 \frac{\mu}{b+1} t^{b+1}} e^{z_0 \frac{\mu}{b+1} t^{b+1}} = 1$$

Зауважимо далі, що $P_z(t)$ як функція z монотонно убуває при $(\mu/b+1)t^{b+1} > 1$, а при фіксований z має експоненціальний характер убування із зростанням t .

Використовуючи метод математичної індукції, отримуємо вираз для визначення математичного очікування (середнє значення) і дисперсії випадкової величини

$$M(t) = \{Z(t)\} = \sum_{z=0}^{z_0} zP_z(t) = z_0 e^{\frac{\mu}{b+1}t^{b+1}}$$

$$D^2\{Z(t)\} = \sum_{z=0}^{z_0} z^2 P_z(t) - M^2(t) = z_0 e^{\frac{\mu}{b+1}t^{b+1}} \left(1 - e^{\frac{\mu}{b+1}t^{b+1}}\right)$$

Перейшовши від кількості сировини до її маси і прийнявши масу сировини подрібнюваного матеріалу до моменту часу t рівною математичному очікуванню, отримаємо вирази для визначення величини маси подрібнюваного матеріалу до моменту часу t , а також величини її дисперсії

$$M_t = M_0 e^{\frac{-\mu}{b+1}t^{b+1}}$$

$$D^2\{M_t\} = M_0 e^{\frac{-\mu}{b+1}t^{b+1}} \left(1 - e^{\frac{\mu}{b+1}t^{b+1}}\right)$$

Значення параметрів μ і b , що характеризують залежність процесу подрібнення від властивостей подрібнюваного матеріалу і параметрів подрібнювальної установки, визначаються на підставі статистичних даних, отриманих в ході експериментальних досліджень.

6.9 Аналіз результатів дослідження

Вплив досліджуваних факторів на затрачену потужність виражається емпіричним виразом:

$$P = 3646,56 + 29,88x_1 + 14,47x_2 + 20,31x_3 + 13,72x_4 + 16,78x_1^2 +$$

$$+ 1,27x_2^2 + 4,27x_3^2 - 0,98x_4^2 - 1,56x_1x_2 + 2,19x_1x_3 + 2,31x_1x_4 +$$

$$+ 0,56x_2x_3 + 0,44x_2x_4 + 3,94x_3x_4.$$

Рівняння показує, що найбільший вплив на величину потужності надає частота обертання барабана млина - фактор x_1 , зазор між барабаном і першим валком - фактор x_3 , так само впливає на споживану потужність, але в 1,47 рази менше, ніж фактор x_1 . Вплив фактора x_2 - величини зусилля притиснення валків до барабану і x_4 - величини зазору між барабаном і другим валком у порівнянні з факторами x_1 та x_2 менше, але порівняно з ними. Основна частка енергії витрачається на обертання робочих органів млина та подрібнення матеріалу.

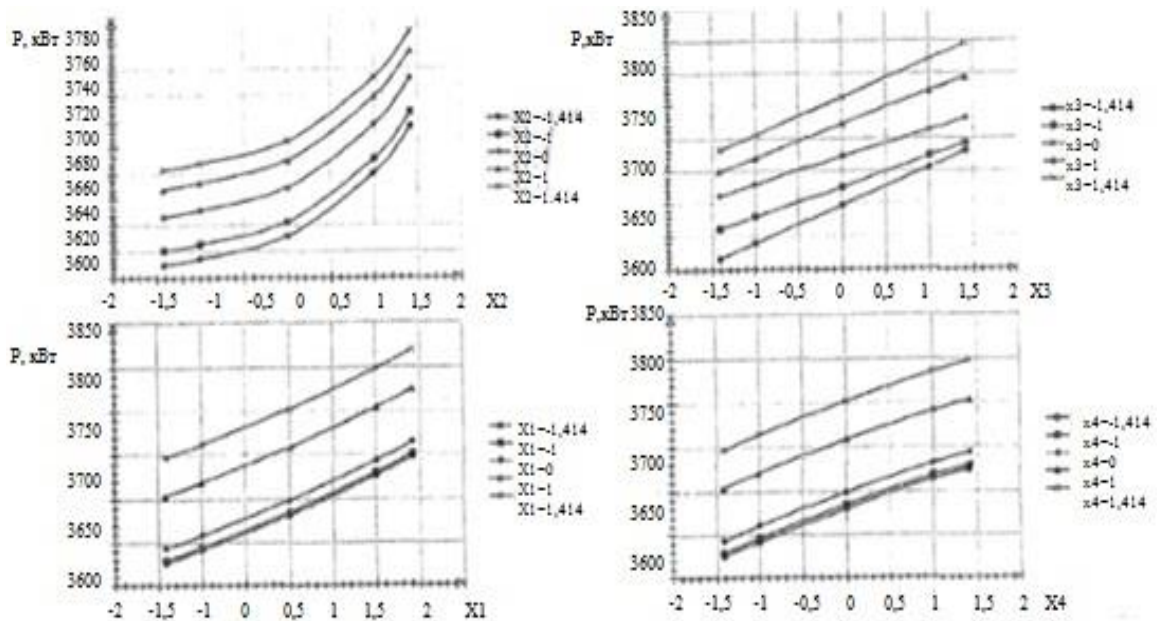


Рис. 6.12 – Графічні залежності $P = f(x)$

Із збільшенням факторів x_3 та x_4 - величини зазорів між барабаном, першим і другим валками, збільшується вібрація, биття барабана і як наслідок зростає сила тертя в опорах барабана, це в свою чергу призводить до збільшення витрат потужності.

З графіків випливає, що зі збільшенням n потужність приводу зростає при всіх значеннях $F_{пр}$. Всі залежності $P = f(x_2)$ - лінійно зростаючі.

Вплив досліджуваних факторів на продуктивність виражається емпіричним виразом:

$$Q = 166,752 + 7,116x_1 - 3,684x_2 + 3,546x_3 + 3,882x_4 + 1,62x_1^2 - 0,444x_2^2 - 0,57x_3^2 - 0,042x_4^2 + 0,024x_1x_2 + 0,036x_1x_3 + 0,012x_1x_4 + 0,216x_2x_3 + 0,012x_2x_4 + 0,018x_3x_4.$$

Рівняння показує, що найбільший вплив на значення продуктивності надає частота обертання барабана млина – фактор x_1 . Позитивний знак при x_1 показує на зростання продуктивності. Фактор x_2 - зусилля притиснення валків до барабану, чинить негативний вплив. Фактори x_3 і x_4 - зазори між барабаном і валками, робить позитивний вплив. Це відповідає фізичній сутності процесу подрібнення. Позитивний вплив чинників x_3 і x_4 обумовлено збільшенням пропускної спроможності млина. Від'ємний знак при факторі x_2 обумовлений зменшенням поперечного перерізу щілини зі збільшенням зусилля притиснення.

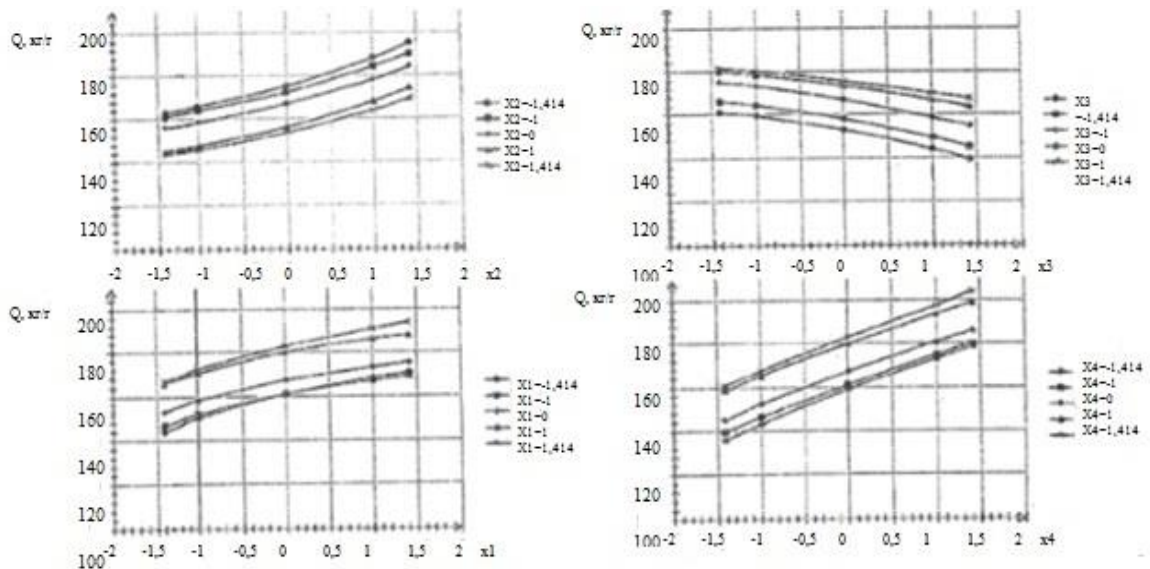


Рис. 6.13 – Графічні залежності $Q = f(x)$

З графіків випливає, що зі збільшенням n , потужність приводу зростає при всіх значеннях $F_{пр}$.

Вплив досліджуваних факторів на кінетику процесу подріблення виражається емпіричним виразом:

$$R = 77,839 - 0,091x_1 - 1,824x_2 + 1,121x_3 + 2,339x_4 + 0,151x_1^2 + 0,048x_2^2 - 0,729x_3^2 - 1,943x_4^2 + 0,250x_1x_2 - 0,563x_1x_3 - 0,594x_1x_4 + 0,250x_2x_3 + 0,001x_2x_4 + 0,003x_3x_4,$$

Рівняння показує, що найбільший вплив на тонкість помелу надає величина зазору між барабаном і другим валком - фактор x_4 . Також істотний вплив має величина зусилля притиснення валків до барабану - фактор x_2 . Найменший вплив має величина частоти обертання барабана - фактор x_1 .

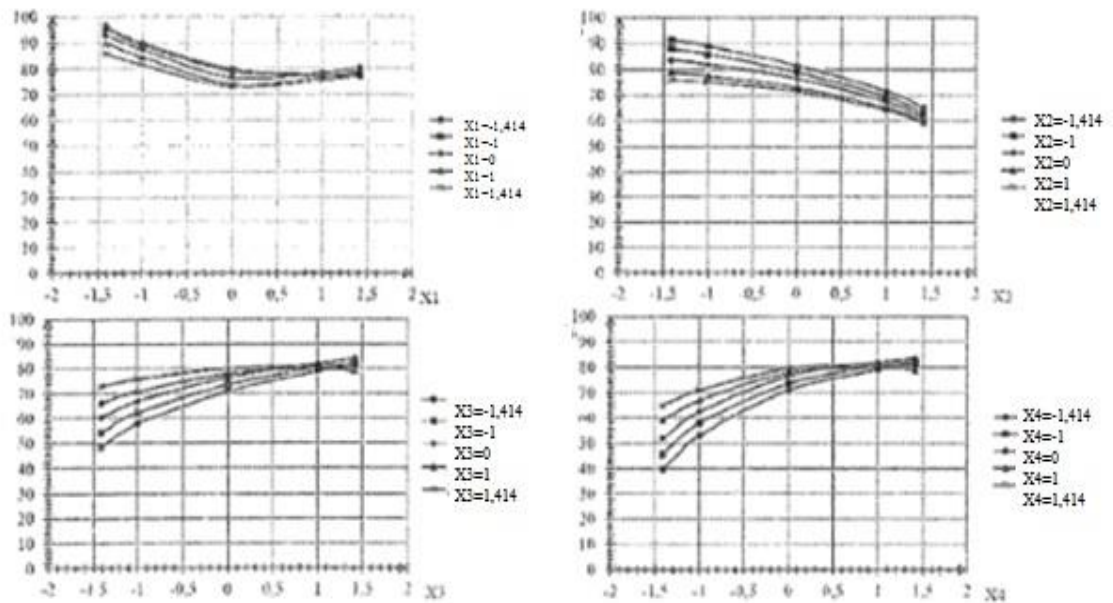


Рис. 6.14 – Графічні залежності $R = f(x)$

Залежність $R=f(x_1)$ має екстремальний характер. Екстремум функції $R=f(x_1)$ спостерігається при $x_1 = 0$. При $-1,414 < x_1 < 0$ помел більш тонкий, при $0 < x_1 < 1,414$ більш грубий помел. Зі збільшенням фактору x_2 тонкість помелу зростає. Всі залежності $R=f(x_3)$, $R=f(x_4)$ - зростаючі, тобто із збільшенням зазору між валками і барабаном залишок на збільшується, помел стає більш грубим.

Вплив досліджуваних факторів на питому витрату енергії виражається емпіричним виразом:

$$q = 21,878 - 0,767x_1 - 0,566x_2 - 0,427x_3 - 0,409x_4 - 0,086x_1^2 + 0,086x_2^2 + 0,106x_3^2 + 0,042x_4^2 - 0,036x_1x_2 + 0,017x_1x_3 + 0,044x_1x_4 - 0,049x_2x_3 + 0,001x_2x_4 - 0,002x_3x_4,$$

Із рівняння бачимо, що найбільший вплив на питому витрату енергії надає частота обертання барабана і величина зусилля притиснення валків до барабану. Негативні знаки перед x_1 , x_3 , x_4 вказують на зменшення питомої витрати енергії з їх збільшенням. Позитивний знак перед фактором x_2 свідчить про збільшення питомої витрати енергії зі збільшенням зусилля притиску валків.

Залежності $q = f(x_1)$ при всіх значеннях x_2 , x_3 , x_4 - лінійні спадні. Залежності $q = f(x_2)$ при $-1,414 < x_3 < 0$ - зростаючі, а при $1 < x_3 < 1,414$ - практично лінійні. Графічні залежності $q = f(x_3)$ і $q = f(x_4)$ - лінійні спадні.

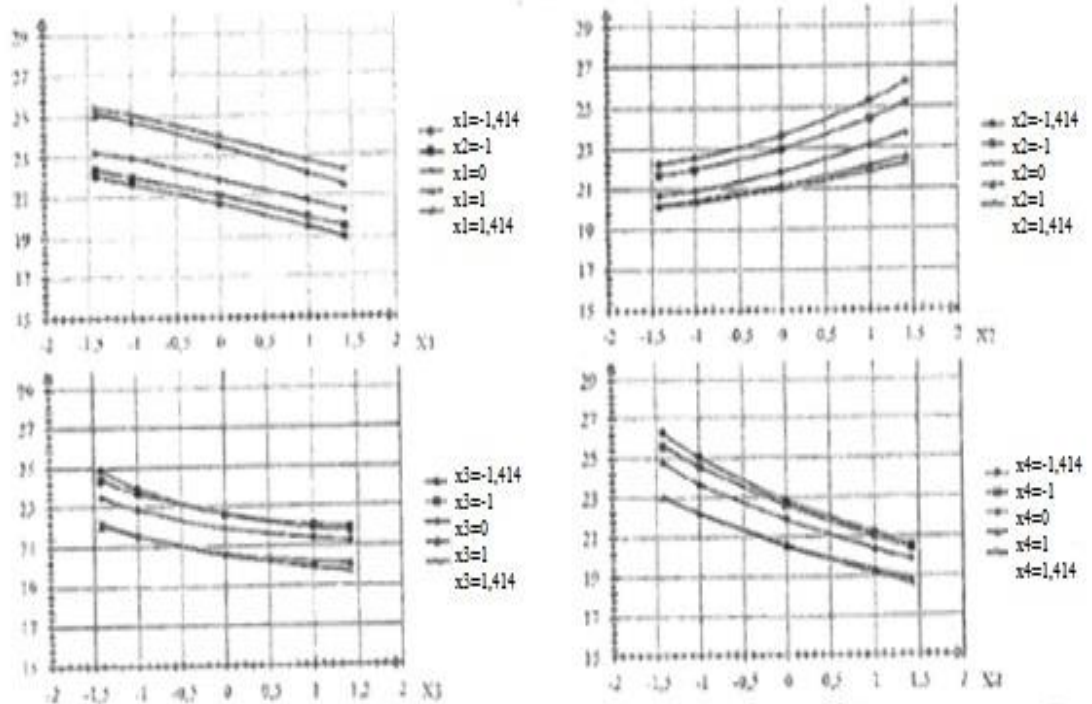


Рис. 6.15 – Графічні залежності $q = f(x)$

6.10 Висновки

1. В ході виконання науково-дослідної частини нами виявлені та розглянуті:
 - основні ступені та напрями удосконалення розвитку та технології подрібнення у дробарках;

- практикуючі типи та особливості існуючих конструкцій обладнання для подрібнення солоду;

- методики розрахунку подрібнювачів та обрано напрямок розробки нової методики розрахунку основних параметрів вальової дробарки.

2. На підставі здійсненого аналізу запропонована нова конструкція подрібнювача, яка забезпечує підвищення ефективності проведення процесу мокрого подрібнення солоду у промислових умовах.

3. Синтезовано рівняння для визначення зусилля подрібнення у дробарці з урахуванням міцності подрібнюваного матеріалу; проведено аналіз існуючих форм рівнянь кінетики подрібнення. Визначена найбільш доцільна форма для синтезування рівняння кінетики подрібнення, яка враховує зменшення кількості крупного класу у подрібненому матеріалі в залежності від кратності циркуляції.

4. В процесі проведення експериментальних досліджень виявлені параметри оптимізації (Q , P , R , q) та основні фактори, які впливають на режими процесу подрібнення запропонованої конструкції: n — частота обертання барабану, $F_{пр}$ - зусилля в пружинах пристрою для притиску валків, b_1 - зазор між барабаном і першим валком, b_2 - зазор між барабаном та другим валком;

5. В результаті проведених досліджень отримані рівняння $(Q, P, R, q) = f(n, F_{\text{пр}}, b_1, b_2)$. Аналіз залежностей останніх показав:

- що найбільший вплив на продуктивність Q подрібнювачів надає частота обертання барабану, при збільшенні якої продуктивність збільшується;

- на тонкість помелу найбільший вплив має величина зазору між барабаном та другим валком b_2 ; при зменшенні якого тонкість помелу зростає.

7. РОЗРАХУНКИ

7.1 Підбір установки

Визначимо одноразову засип зерно продуктів для варильного агрегату потужністю 80 тон зерно продуктів за добу (в т)

$$M_{\text{зас}} = \frac{M_{\text{зас}}}{z_{\text{вар}}} = \frac{80}{8} = 10 \text{ т} \quad (1)$$

де $M_{\text{зас}} = 80 \text{ т}$ – кількість зерно продуктів, що перероблюється за добу (згідно технічного завдання);

$z_{\text{вар}} = 8$ варок – кількість варок за добу (по даним пивзаводу ПрАТ «Оболонь»).

Визначимо продуктивність установки (в т/год)

$$P_{\text{д}} = \frac{M_{\text{зас}}}{t_1} k_1 = \frac{10 \cdot 60}{40} 1,3 = 19,5 \text{ т} \quad (2)$$

де $M_{\text{зас}} = 10 \text{ т}$ – кількість зерно продуктів, що подрібнюється за одну засип;
 $t_1 = 40 \text{ хв.}$ – тривалість подрібнення зерно продуктів на одну варку (по даним пивзаводу ПрАТ «Оболонь»);

$k_1 = 1,3$ - коефіцієнт запасу продуктивності.

Приймаємо продуктивність дробарки 20 т/год

7.2 Енергетичний розрахунок

Геометричні розміри вальців приймаємо за конструктивними даними обладнання з підприємства

- діаметр валків 416 мм ;

- довжина валка 1300 мм.

Приймаємо зазор між валками 0,5 мм [2].

Максимальний діаметр матеріалу який подрібнюється 7мм. [3].

Оскільки солод перед подрібненням замочується до 30% вологості [2], насипну масу солоду (в кг/м³) знаходимо за формулою [3]

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Удодов С.О.	<i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Національний університет харчових технологій</i>	<i>Ковальов К.В.</i>	<i>Розрахунки</i>	222140.ДП.08.007.ПЗ			
	<i>Гавда О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	UA	1

$$\rho_{\text{сол}} = \frac{100}{\frac{B}{\rho_c} + \frac{100-B}{\rho_v}} = \frac{100}{\frac{30}{530} + \frac{100-30}{1000}} = 790 \text{ кг/м}^3 \quad (3)$$

де $B=30\%$ - концентрація сухих речовин в замоченому солоді ;

$\rho_c=530\text{кг/м}^3$ -насіпна маса сухого солоду;

$\rho_v=1000\text{кг/м}^3$ -густина води.

Визначимо частоту обертання валків дробарки (в об/с) з формули [4]

$$G=1,25\pi D l b n \rho \Psi \quad (4)$$

$$n = \frac{G}{1,25\pi D l b \rho \Psi} = \frac{5,56}{1,25 * 3,14 * 0,416 * 1,3 * 0,0005 * 790 * 0,8} = 8,3 \text{ об/с} \quad (5)$$

де $G=5,56 \text{ кг/с}$ - продуктивність дробарки;

$D=0,416 \text{ м}$ - діаметр валків;

$l=1,3 \text{ мм}$ - довжина валків;

$b=0,0005 \text{ м}$ - зазор між валками;

$\rho=790 \text{ кг/м}^3$ - густина матеріалу;

$\Psi=0,8$ - коефіцієнт що враховує ступінь розпушення

матеріалу і неповне використання довжини валків.

Визначимо потужність електродвигуна (в кВт) за формулою [4]

$$N=720D \ln(d + \frac{D^2}{120}) = 720 * 0,416 * 1,3 * 8,3 (0,007 + \frac{0,416^2}{120}) = 27,5 \text{ кВт} \quad (6)$$

де $d=7\text{мм}$.- максимальний початковий розмір солоду, що подрібнюється;

$D=0,416 \text{ м}$ - діаметр валків;

$l=1,3 \text{ мм}$ - довжина валків;

$n=8,3 \text{ об/с}$ - частота обертання валків (об/с).

Приймаємо двигун марки АИР180М4 $P_d=30 \text{ кВт}$; $n_d=1470\text{об/хв}$ [5].

7.3 Кінематичний розрахунок

Визначимо передаточне відношення пасової передачі за формулою [6]

$$u = \frac{n_d}{n_v} = \frac{1470}{498} = 2,95 \quad (7)$$

де $n_d=8,3\text{об/с}=1470\text{об/хв}$ - частота обертання двигуна;

$n_{вал}=498\text{об/хв}$ - частота обертання валка.

Визначимо крутний момент (в Н*м) на валу двигуна [6]

$$T_d = 9,55 \frac{P_d}{n_d} = 9,55 \frac{30000}{1470} = 195 \text{ Н*м} \quad (8)$$

де $P_d=30000\text{Вт}=30\text{кВт}$ - потужність двигуна.

Визначимо потужність на валу валка (в Вт) [6]

$$P_{вал} = P_d * \eta_{кп} = 30000 * 0,98 = 29400 \text{ Вт} \quad (9)$$

де $\eta_{кп}=0,98$ - ккд клинопасової передачі [6].

Визначимо крутний момент (в Н*м) на валу валка [6]

$$T_{вал} = 9,55 \frac{P_{вал}}{n_{вал}} = 9,55 \frac{29400}{498} = 564 \text{ Н*м} \quad (10)$$

7.4 Конструктивні розрахунки

7.4.1 Розрахунок пасових передач

Обираємо клиновий пас нормального перерізу (Б) [6].

Розрахунок першої пасової передачі

Обираємо мінімально допустимий діаметр шківів $D_{\min}=150\text{мм}$. Приймаємо розрахунковий діаметр ведучого шківів $d_1=d_{\min}=150\text{ мм}$ [7].

Визначимо діаметр веденого шківів (в мм) [6]

$$d_2=d_1*u*(1-\varepsilon)=150*2,95*(1-0,01)= 438 \text{ мм} \quad (11)$$

де $\varepsilon=0,01$ - коефіцієнт ковзання;

$u=2,95$ - передаточне відношення клинопасової передачі.

Приймаємо із стандартного ряду діаметр веденого шківів $d_2=450\text{мм}$ [7].

Визначимо фактичне передаточне число і перевіряємо його відхилення Δu від заданого u [6]

$$u_{\phi}=\frac{d_2}{d_1(1-\varepsilon)}=\frac{450}{150(1-0,01)}=3 \quad (12)$$

$$\Delta u = \frac{|u_{\phi}-u|}{u} * 100 \leq 3\% \quad (13)$$

Отже:
$$\Delta u = \frac{|3-2,95|}{2,95} * 100 = 1,7 \leq 3\%$$

Визначимо орієнтовну міжосьову відстань (в мм) [6]

$$a \geq 0,55(d_1 + d_2) + h = 0,55(150 + 450) + 10,5 = 340,5 \text{ мм} \quad (14)$$

де $h=10,5\text{мм}$ - висота перерізу клинового пасу [7].

З конструктивних міркувань приймаємо міжосьову відстань $a = 1300\text{мм}$.

Визначимо розрахункову довжину пасу (в мм) [6]

$$l = 2a + \frac{\pi}{2}(d_2 + d_1) + \frac{(d_2-d_1)^2}{4a} = \quad (15)$$

$$= 2 * 1300 + \frac{3,14}{2}(450 + 150) + \frac{(450 - 150)^2}{4 * 1300} = 3542\text{мм}$$

Значення l округлюємо до найближчого стандартного $l=3550\text{мм}$ [6,].

Уточнюємо значення міжосьової відстані по стандартній довжині по формулі [6] (16)

$$a = \frac{1}{8} \left\{ 2l - \pi(d_2 + d_1) + \sqrt{[2l - \pi(d_2 + d_1)]^2 - 8(d_2 - d_1)^2} \right\} =$$

$$\frac{1}{8} \left\{ 2 * 3550 - 3,14(450 + 150) \right.$$

$$\left. + \sqrt{[2 * 3550 - 3,14(450 + 150)]^2 - 8(450 - 150)^2} \right\} = 1295$$

При монтажі необхідно забезпечити можливість зменшення a на 0,011 для того, щоб полегшити надівання паса на шків; для збільшення натягу паса необхідно передбачити можливість збільшення a на 0,0251.

Визначимо кут обхвату ведучого шківа (α °) [6]

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ \frac{(d_2 - d_1)}{a} = 180^\circ - 57^\circ \frac{(450 - 150)}{1295} = 166^\circ > 120^\circ \quad (17)$$

Визначимо швидкість паса [6]

$$v = \pi d_1 n_1 / (60 * 10^3) \leq [v] \quad (18)$$

$$v = 3,14 * 150 * \frac{1470}{60 * 10^3} = 11,5 \leq [25]$$

де $d_1=150$ мм – діаметр привідного шківа;

$n_1=1470$ об/хв- частота обертання привідного шківа;

$[v]=25$ м/с-допустима колова швидкість для клинових пасів.

Визначимо частоту пробігів паса [6]

$$U = l/v \leq [U] \quad (19)$$

$$U = \frac{3}{11,5} = 0,26 \leq [30]$$

де $[U]=30$ с⁻¹- допустима частота пробігів.

Співвідношення $U \leq [U]$ умовно виражає довговічність паса і його виконання гарантує час служби 1000-5000 годин.

Визначимо допустиму потужність, яка передається одним клиновим пасом (в кВт) за формулою [6]

$$[P_{\Pi}] = [P_o]C_p C_{\alpha} C_1 C_z = 7,71 * 0,95 * 0,95 * 1 * 0,95 = 6,6 \text{ кВт} \quad (20)$$

де $[P_o] = 7,71 \text{ кВт}$ -допустима приведена потужність, яка передається одним клиновим пасом [7];

$C_p=0,95$ - коефіцієнт динамічного навантаження[6];

$C_{\alpha}=0,95$ - коефіцієнт кута обхвату на меншому шківу [6] ;

$C_1=1$ - коефіцієнт впливу відношення розрахункової довжини паса до базової [6] ;

$C_z=0,95$ - коефіцієнт числа пасів в передачі [6] .

Визначимо число клинових пасів [6]

$$z = P_{\text{НОМ}}/[P_{\Pi}] = 30/6,6 = 4,5 \quad (21)$$

де $P_{\text{НОМ}} 30 \text{ кВт}$ -потужність двигуна;

$[P_{\Pi}] = 6,6 \text{ кВт}$ -допустима потужність, яку може передавати один пас.

Приймаємо до встановлення 5 пасів.

Визначимо силу попереднього натягу одного клинового паса (в Н) [6]

$$F_o = \frac{850 * P_{\text{НОМ}} C_1}{z v C_p C_{\alpha}} = \frac{850 * 30 * 1}{5 * 11,5 * 0,95 * 0,5} = 934 \text{ Н} \quad (22)$$

Визначимо колову силу яка передається комплектом клинових пасів (в Н) [6]

$$F_t = P_{\text{НОМ}} * \frac{10^3}{v} = \frac{30000}{11,5} = 2609 \quad (23)$$

Визначимо силу натягу ведучої (в Н) і веденої (в Н) гілок [6]

$$F_1 = F_o + \frac{F_t}{2z} = 934 + \frac{2609}{2 \cdot 5} = 1195 \quad (24)$$

$$F_2 = F_o - \frac{F_t}{2z} = 934 - \frac{2609}{2 \cdot 5} = 673 \quad (25)$$

Визначимо силу тиску на вал (в Н) [6]

$$F_{\text{вал}} = 2F_o z \sin \frac{\alpha_1}{2} = 2 \cdot 934 \cdot 5 \cdot \sin \frac{166}{2} = 9270 \quad (26)$$

Розрахунок другої пасової передачі

Вибираємо мінімально допустимий діаметр шківів $D_{\min}=140$ мм. Приймаємо розрахунковий діаметр ведучого шківів $d_1=d_{\min}=140$ мм [7].

Визначаємо діаметр веденого шківів (в мм) [6]

$$d_2 = d_1 \cdot u \cdot (1 - \varepsilon) = 140 \cdot 2,95 \cdot (1 - 0,01) = 408$$

де $\varepsilon=0,01$ - коефіцієнт ковзання;

$u=2,95$ - передаточне відношення клинопасової передачі.

Приймаємо із стандартного ряду діаметр веденого шківів $d_2=400$ мм [7].

Визначимо фактичне передаточне число і перевіримо його відхилення Δu від заданого u [6]

$$u_{\phi} = \frac{d_2}{d_1(1-\varepsilon)} = \frac{400}{140(1-0,01)} = 3$$

$$\Delta u = \frac{|u_{\phi} - u|}{u} \cdot 100 \leq 3\%$$

$$\Delta u = \frac{|3 - 2,95|}{2,95} \cdot 100 = 1,7 \leq 3\%$$

Визначимо орієнтовну міжосьову відстань (в мм) [6]

$$a \geq 0,55(d_1 + d_2) + h = 0,55(140 + 400) + 10,5 = 307,5$$

де $h=10,5$ мм- висота перерізу клинового паса [7].

З конструктивних міркувань приймаємо міжосьову відстань $a = 1300$ мм.

Визначимо розрахункову довжину паса (в мм) [6]

$$l = 2a + \frac{\pi}{2}(d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} =$$

$$= 2 * 1300 + \frac{3,14}{2}(400 + 140) + \frac{(400 - 140)^2}{4 * 1300} = 3448$$

Значення l округлюємо до найближчого стандартного $l=3450$ мм [6].

Уточнюємо значення міжосьової відстані по стандартній довжині по формулі [6]

$$a = \frac{1}{8} \left\{ 2l - \pi(d_2 + d_1) + \sqrt{[2l - \pi(d_2 + d_1)]^2 - 8(d_2 - d_1)^2} \right\} =$$

$$\frac{1}{8} \left\{ 2 * 3450 - 3,14(400 + 140) + \sqrt{[2 * 3450 - 3,14(400 + 140)]^2 - 8(400 - 140)^2} \right\} = 1515 \text{ мм}$$

При монтажі необхідно забезпечити можливість зменшення a на 0,011 для того, щоб полегшити надівання паса на шків; для збільшення натягу паса необхідно передбачити можливість збільшення a на 0,0251.

Визначимо кут обхвату ведучого шківа (в °) [6]

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ \frac{(d_2 - d_1)}{a} = 180^\circ - 57^\circ \frac{(400 - 140)}{1515} = 170^\circ > 120^\circ$$

Визначаємо швидкість паса [6]

$$v = \pi d_1 n_1 / (60 * 10^3) \leq [v]$$

$$v = 3,14 * 140 * \frac{1470}{60 * 10^3} = 10,8 \leq [25]$$

де $d_1=140$ мм – діаметр привідного шківа;

$n_1 = 1470$ об/хв- частота обертання привідного шківa;

$[v] = 25$ м/с-допустима колова швидкість для клинових пасів.

Визначимо частоту пробігів паса [6]

$$U = 1/v \leq [U]$$

$$U = \frac{3}{10,8} = 0,27 \leq [30]$$

де $[U] = 30 \text{ с}^{-1}$ - допустима частота пробігів.

Співвідношення $U \leq [U]$ умовно виражає довговічність паса і його виконання гарантує час служби 1000-5000 годин.

Визначимо допустиму потужність, яка передається одним клиновим пасом (в кВт) за формулою [6]

$$[P_{\Pi}] = [P_o] C_p C_{\alpha} C_l C_z = 7,71 * 0,95 * 0,95 * 1 * 0,95 = 6,6$$

де $[P_o] = 7,71$ кВт-допустима приведена потужність, яка передається одним клиновим пасом [7];

$C_p = 0,95$ - коефіцієнт динамічного навантаження [6];

$C_{\alpha} = 0,95$ - коефіцієнт кута обхвату на меншому шківу [6];

$C_l = 1$ - коефіцієнт впливу відношення розрахункової довжини паса до базової [6];

$C_z = 0,95$ - коефіцієнт числа пасів в передачі [6].

Визначимо число клинових пасів [6]

$$z = P_{\text{НОМ}}/[P_{\Pi}] = 30/6,6 = 4,5$$

де $P_{\text{НОМ}} = 30$ кВт-потужність двигуна;

$[P_{\Pi}] = 6,6$ кВт -допустима потужність яку може передавати один пас.

Приймаємо до встановлення 5 пасів.

Визначимо силу попереднього натягу одного клинового пасу (в Н) [6]

$$F_o = \frac{850 \cdot P_{\text{ном}} C_1}{z v C_p C_\alpha} = \frac{850 \cdot 30 \cdot 1}{5 \cdot 10,8 \cdot 0,95 \cdot 0,5} = 994 \text{ Н}$$

Визначаємо колову силу, яка передається комплектом клинових пасів (в Н) [6]

$$F_t = P_{\text{ном}} \cdot \frac{10^3}{v} = \frac{30000}{10,8} = 2777 \text{ Н}$$

Визначимо силу натягу ведучої (в Н) і веденої (в Н) гілок [6]

$$F_1 = F_o + \frac{F_t}{2z} = 994 + \frac{2777}{2 \cdot 5} = 1272 \text{ Н}$$

$$F_2 = F_o - \frac{F_t}{2z} = 994 - \frac{2777}{2 \cdot 5} = 716 \text{ Н}$$

Визначимо силу тиску на вал (в Н) [6]

$$F_{\text{вал}} = 2F_o z \sin \frac{\alpha_1}{2} = 2 \cdot 994 \cdot 5 \cdot \sin \frac{170}{2} = 9902 \text{ Н}$$

7.4.2 Розрахунок валів віджимних валків

Визначимо об'єм металу валка (в м³)

$$V_{\text{мет}} = l \frac{\pi D^2}{4} = 1,3 \frac{3,14 \cdot 0,416^2}{4} = 0,1766 \text{ м}^3 \quad (27)$$

де $\rho_{\text{ст}} = 7800 \text{ кг/м}^3$ - густина сталі [9]

Визначимо масу валка (в кг)

$$m = V_{\text{мет}} \cdot \rho_{\text{ст}} = 7800 \cdot 0,1766 = 1377,5 \text{ кг} \quad (28)$$

Визначимо вагу валка (в Н)

$$F_B = gm = 1377,5 * 9,8 = 13500 \text{ Н} \quad (29)$$

Складаємо рівняння рівноваги [10]

$$\sum M_A (F_i) = 0 \quad F_B \frac{l}{2} - R_B l + F_{\text{вал}}(l + b) = 0 \quad (30)$$

$$\sum M_B (F_i) = 0 \quad R_A l - F_B \frac{l}{2} + F_{\text{вал}} b = 0 \quad (31)$$

$$\sum F_{iy} = 0 \quad R_A - F_B + R_B - F_{\text{вал}} = 0 \quad (32)$$

Визначимо опорні реакції (в Н) [10]

$$R_A = \frac{F_B \frac{l}{2} - F_{\text{вал}} b}{l} = \frac{13500 * 0,65 - 9270 * 0,25}{1,3} = 4967 \text{ Н} \quad (33)$$

$$R_B = \frac{F_B \frac{l}{2} + F_{\text{вал}}(l + b)}{l} = \frac{13500 * 0,65 + 9270 * (1,3 + 0,25)}{1,3} = 17803 \text{ Н} \quad (34)$$

Перевіряємо правильність визначення опорних реакцій [10]

$$R_A - F_B + R_B - F_{\text{вал}} = 0 \quad (35)$$

$$4967 - 13500 + 17803 - 9270 = 0$$

Знаходимо згинальні моменти (в Н*м) [9]

$$M_A = 0 \quad (36)$$

$$M_C = R_A \frac{l}{2} = 4967 * 0,65 = 3229 \text{ Н*м} \quad (37)$$

$$M_B = R_A l - F_B \frac{l}{2} = 4967 * 1,3 - 13500 * 0,65 = -2318 \text{ Н*м} \quad (38)$$

Визначимо діаметр валу в небезпечному перерізі (в мм) [9]

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{\text{екв}}^{\parallel}}{0,1[\sigma]}} \quad (39)$$

де $[\sigma]$ - 160 МПа - межа міцності сталі [9];

$M_{\text{екв}}^{\parallel}$ - еквівалентний момент (в Н * м).

Визначимо еквівалентний момент (в Н * м) [9]

$$M_{\text{екв}}^{\parallel} = \sqrt{M_{\text{зг}}^2 + M_{\text{кр}}^2} = \sqrt{3229^2 + 564^2} = 3278 \text{ Н*м} \quad (40)$$

де $M_{\text{кр}} = T_{\text{вал}} = 564$ крутний момент на валу валка (в Н*м);

$M_{\text{зг}} = 3229 \text{ Н*м}$ – найбільший згинальний момент.

Підставив значення у формулу 5.39 отримаємо

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{3278}{0,1 \cdot 160 \cdot 10^6}} = 0,0589 \text{ мм}$$

Орієнтовний розрахунок вала на кручення (в мм) [6]

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_k}{0,2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{564 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 20}} = 52 \text{ мм} \quad (41)$$

де $[\tau] = 10-20 \text{ Н/мм}^2$ - допустиме напруження на кручення.

Виходячи із конструктивних міркувань приймаємо:

- діаметр вихідного кінця вала $d_b = 70 \text{ мм}$;
- діаметр вала в ущільненні кришки $d_{уц к} = 80 \text{ мм}$;
- діаметр вала в місці прижимної гайки $d_r = 90 \text{ мм}$;
- діаметр вала в підшипникових опорах $d_{п} = 90 \text{ мм}$;
- діаметр вала в ущільненні підшипника $d_{уц п} = 105 \text{ мм}$.

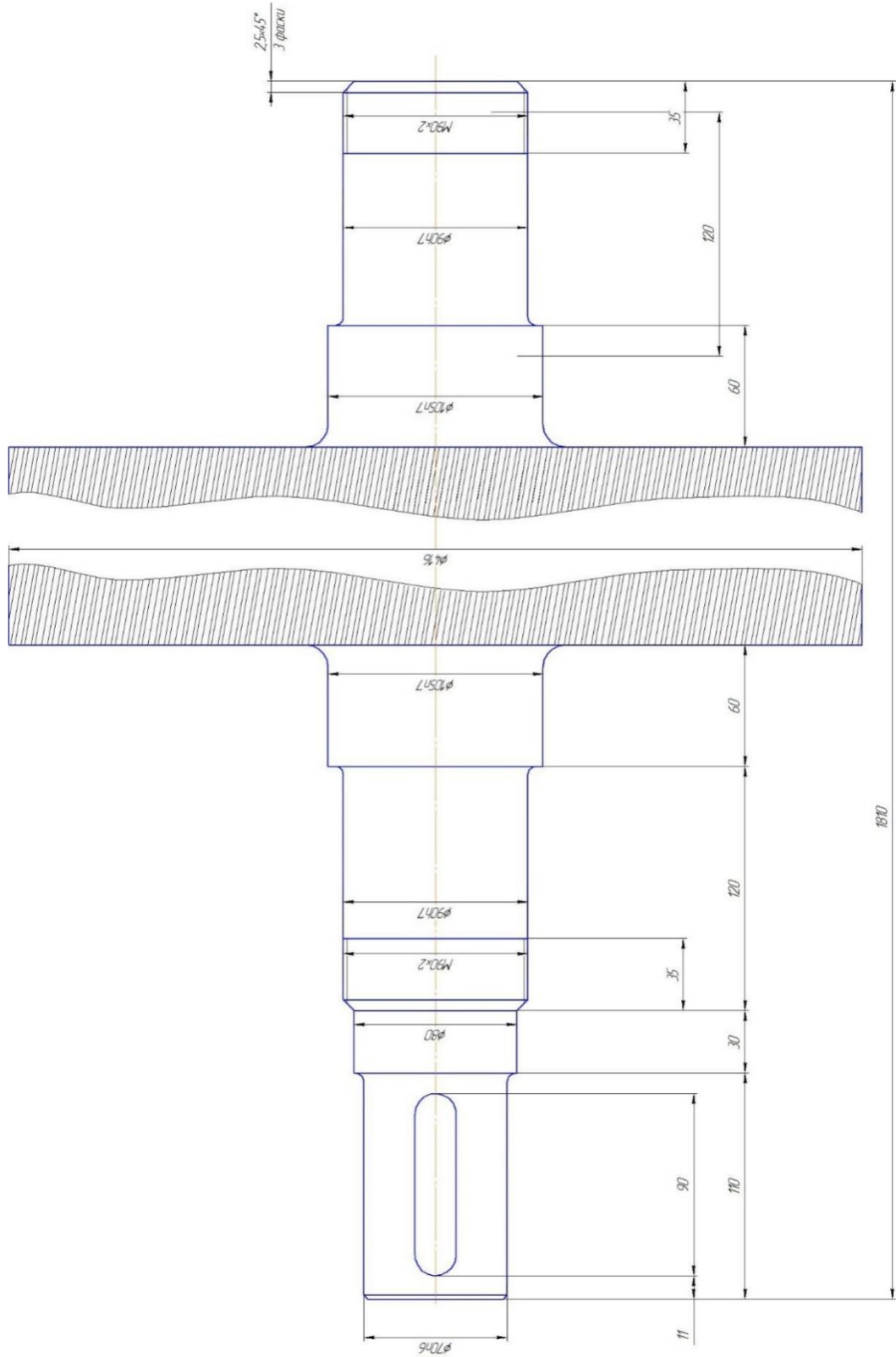


Рис.7.3 Ескіз валу (розміри в мм)

7.4.3 Розрахунок підшипників віджимних валків

Обираємо підшипники роликові сферичні двохрядні середньої широкої серії
таблиця 1.

Таблиця 1

Умовне позначення підшипника	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r</i>	<i>C</i>	<i>e</i>
	мм				кН	
753510	95	200	67	4	518	0,35

Визначимо сумарні реакції (в Н) [10]

$$P_{r1} = \sqrt{R_A^2} = \sqrt{4967^2} = 4967 \text{ Н} \quad (42)$$

$$P_{r2} = \sqrt{R_B^2} = \sqrt{17803^2} = 17803 \text{ Н} \quad (43)$$

Визначимо колову силу (в Н) [10]

$$F_t = \frac{2T_{\text{вал}}}{d_b} = \frac{2 \cdot 564 \cdot 10^3}{416} = 2712 \text{ Н} \quad (44)$$

де $T_{\text{вал}}=564 \text{ Н}$ – крутний момент на валу валків;

$d_b=416 \text{ мм}$ - діаметр валків.

Визначимо осьову силу (в Н) [10]

$$F_a = F_t \tan \beta = 2712 \cdot 0,4 = 1085 \quad (45)$$

де 0,4 – коефіцієнт, що враховує можливі осьові сили.

Осьові складачі радіальних реакцій підшипників (в Н) [10]

$$S_1 = 0,83eP_{r1} = 0,83 \cdot 0,25 \cdot 4967 = 1031 \text{ Н} \quad (46)$$

$$S_2 = 0,83eP_{r2} = 0,83 \cdot 0,25 \cdot 17803 = 3694 \text{ Н} \quad (47)$$

Осьові навантаження підшипників (в Н) [10] . В даному випадку: $S_1 < S_2$;
 $P_{a1} = F_a \leq S_2 - S_1$; тоді

$$P_{a1} = S_2 - F_a = 3694 - 1085 = 2609 \text{ Н} \quad (48)$$

$$P_{a2} = S_1 = 1031 \text{ Н} \quad (49)$$

Розглянемо перший (лівий) підшипник [10]

$$\text{Відношення} \quad \frac{P_{a1}}{P_{r1}} = \frac{2609}{4967} = 0,5 > e \quad (50)$$

Тоді еквівалентне навантаження (в Н) [10]

$$P_{e1} = (X P_{r1} V + Y P_{a1}) K_\delta K_T = (0,4 \cdot 4967 \cdot 1 + 0,83 \cdot 2609) \cdot 2,5 \cdot 1,05 = 10899,7 \text{ Н} \quad (5.51)$$

де $X=0,4$ -коефіцієнт радіального навантаження [10];

$Y = 0,83$ -коефіцієнт осьового навантаження [10] ;

$K_\delta = 2,5$ - коефіцієнт безпеки [10] ;

$K_T = 1,05$ -температурний коефіцієнт [10] ;

$V = 1$ – коефіцієнт обертання [10] .

Розглянемо другий (правий) підшипник [10]

$$\text{Відношення} \quad \frac{P_{a2}}{P_{r2}} = \frac{1031}{17803} = 0,058 < e \quad (52)$$

Тоді, еквівалентне навантаження (в Н) [10]

$$P_{e2} = P_{r2} \cdot V \cdot K_\delta \cdot K_T = 1 \cdot 17803 \cdot 2,5 \cdot 1,05 = 46733 \text{ Н} \quad (53)$$

Правий підшипник більш навантажений. Тому довговічність розраховуємо по ньому.

Розрахункова довговічність (в млн. об.) за формулою [10]

$$L = (C/P_{e2})^3 = (518/46,7)^3 = 1365 \quad (54)$$

Розрахункова довговічність (в год.) [10]

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{60n} = \frac{1365 \cdot 10^6}{60 \cdot 498} = 45683_{\text{год}} \quad (55)$$

де $n = 498$ об/хв. – частота обертання валка.

7.4.4 Розрахунок барабанного живильника

Продуктивність барабанного живильника (в кг/с) [8]

$$\Pi = mFln\rho k \quad \text{кг/с} \quad (56)$$

де $m = 9$ - кількість жолобів у барабані по даних з підприємства;

$F = 0,000777\text{м}^2$ - площа поперечного перерізу жолоба по даних з підприємства;

$l = 1,3\text{м}$ -довжина барабана по даних з підприємства ;

n -частота обертання барабана;

$\rho = 790\text{кг/м}^3$ -густина матеріалу;

$k = 0,515$ -коофіцієнт заповнення.

Із формули продуктивності барабанного живильника знайдемо частоту обертання (в об/с) , оскільки продуктивність барабанного живильника дорівнює продуктивності дробарки : $\Pi_d = \Pi_j = 5,56$ кг/с.

$$n = \frac{\Pi_j}{mFln\rho k} = \frac{5,56}{9 \cdot 0,000777 \cdot 1,3 \cdot 790 \cdot 0,515} = 1,5 \quad \text{об/с} \quad (57)$$

Потужність приводу барабанного живильника (в кВт) [8]

$$N = \frac{fvk_1}{1000 \cdot \eta} k_2 \quad \text{кВт} \quad (58)$$

де: f -сила тертя яка виникає при терті солоду об солод;

v - колова швидкість барабану живильника;

k_1 - коефіцієнт, що враховує опір матеріалу подрібненню ($k_1=1,2-2$);

k_2 - коефіцієнт, що враховує витрати на тертя в робочих органах живильника $k_2=(1,1-1,2)$.

$\eta = 0,9$ - ккд мотор-редуктора.

Визначимо колову швидкість барабана живильника (в м/с)

$$v = \frac{\pi D n}{60} = \frac{3,14 * 0,160 * 90}{60} = 0,75 \text{ м/с} \quad (59)$$

Визначимо силу тертя яка виникає при ковзанні солоду

об солод (в Н/м²) [8]

$$f = f_{\pi} F_{\text{пер}} \text{tg} \varphi_0 \text{ Н/м}^2 \quad (60)$$

де f_{π} - тиск продукту на поверхню барабана;

$F_{\text{пер}}$ - площа горизонтального перерізу горловини бункера під живильником;

$\varphi_0=45^\circ$ - кут природнього сходу солоду при русі [3].

Визначимо тиск продукту на поверхню живильника (в Па) [8]

$$f_{\pi} = \rho g h = 790 * 9,8 * 1,25 = 9677,5 \text{ Па} \quad (61)$$

$\rho=790\text{кг/м}^3$ – густина матеріалу;

$g=9,8 \text{ м/с}^2$ - прискорення вільного падіння;

$h=1,25 \text{ м}$ - висота шару матеріалу.

Визначимо площу горизонтального перерізу горловини

бункера під живильником (в м²)

$$F_{\text{пер}} = a * l = 1,3 * 0,18 = 0,234 \text{ м}^2 \quad (62)$$

де $a=0,18\text{м}$ – ширина перерізу.

Підставив знайдене значення в формулу 5.60 визначимо силу тертя, що виникає при ковзанні солоду об солод

$$f = 9677,5 * 0,234 * \text{tg}45 = 2264,5 \text{ Н}$$

Отже, потужність приводу барабанного живильника буде складати

$$N = \frac{2264,5 * 0,75 * 1,1}{1000 * 0,9} = 2,2 \text{ кВт}$$

До встановлення приймаємо мотор редуктор двоступінчастий планетарний типу ЗМП-35,5-90-110-Ц-УЗ [5]

де - 35,5 мм - радіус розміщення осей сателітів;

90 об/хв – номінальна частота обертання вихідного вала;

110- варіант розміщення по способу монтажу;

Ц- виконання вихідного кінця валу;

УЗ-кліматичні умови і категорія розміщення.

$P_1=2,2$ кВт; $T_2=174$ Н*м; $n_2=90$ об/хв.

8 МОНТАЖ ТА ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС

8.1 Монтаж

Монтаж технологічного обладнання полягає у наступному: дробарку доставляють автомобільним транспортом на підприємство до місця її встановлення. У виробничому приміщенні розмічають монтажні вісі, перевіряють по шаблону вірність їх розташування. При монтажу обладнання слід врахувати вагу даного обладнання та відповідно до неї підібрати необхідні підйомно-транспортні засоби. До початку монтажу обладнання споруджують фундамент, який дозволяє сприйняти вагу даного обладнання та мати суворо горизонтальне дзеркало поверхні фундаменту. В разі необхідності поверхню можна вирівняти листовою сталлю. Дозволяється вкладати між демпфуючими пластинами тільки один лист. У разі необхідності можна використати листи різної товщини або зварити їх між собою. Транспортну платформу, на якій розташована дробарка0 прикручують до фланців дробарки . Після того здійснюють підйом дробарки, встановлюють її над фундаментом у чітко визначене місце та від'єднують транспортну платформу. На початку монтажу приєднується комунікація забезпечення системи кондиціонування теплою водою. Далі приєднують систему забезпечення обладнання заторною водою, водою для промивки та СІП мийки. Трубопровід подачі затору приєднують до заторного насосу. Далі перевіряють наявність змащувальних матеріалів у підшипникових вузлах. за необхідності здійснюють змащення. Перевіряють натяг клинопасової передачі. Далі, здійснюють обкатку на холостому ходу після підключення електрообладнання дробарки до електромережі і до контуру заземлення, а також приєднання засобів автоматичного регулювання до пульта управління та перевірки блокуючих пристроїв. При цьому перевіряють нагрів підшипників, величину вібрації, відсутність стороннього шуму. По закінченні обкатки знову вивіряють установку дробарки. Під час випробування дробарки під навантаженням

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Удадов С.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Національний університет харчових технологій</i>	Ковальов К.В.	Монтаж та технічний сервіс	222140.ДП.08.008.ПЗ			
	Гавда О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	UA	1

забезпечують рівномірну та безперервну подачу продукту. З цією метою накопичують деякий запас солоду у бункері над дробаркою. Під час випробування слідкують за ступенем нагріву підшипників, якістю помелу, роботою заторного насосу. Здійснюють регулювання роботи датчиків та живильника.

7.1 Технічне обслуговування

В разі аварійних ситуацій при експлуатації обладнання, його відмовах, які здатні привести до виникнення небезпечних аварійних ситуацій, необхідно зупинити роботу обладнання, від'єднати машину від енергоживлення і тільки потім ліквідувати несправність.

Експлуатація установки пов'язана із виконанням процесів, що викликають можливе пошкодження чи руйнування деталей, вузлів та механізмів. Ці ситуаційні процеси називають шкідливими. Їх повністю неможливо уникнути при правильній експлуатації обладнання, однак можливо сповільнити проведення своєчасного технічного огляду та проведення ремонтів.

В процесі експлуатації солододробарки можливе виникнення наступних несправностей. Їх причини та способи усунення наведені у таблиці 8.1.

Таблиця 8.1

Несправність	Причина	Спосіб усунення
Вихід води на підшипник	<ul style="list-style-type: none"> - неправильна чистка дробарки - знос ущільнення - частий підпір через віджимні валки -спрацювання радіального ущільнення вала 	<ul style="list-style-type: none"> -перевірити програму очистки -добавити ущільнювача -перевірити функціонування датчика переливу -замінити ущільнення
Дробарка не запускається	<ul style="list-style-type: none"> -на пульту управління запобіжник стоїть в неправильному положенні -незакриті оглядові вікна та захисні кришки пасів 	<ul style="list-style-type: none"> -встановити запобіжник в робоче положення -закрити оглядові вікна та захисні кришки пасів

Ослаблення клинових пасів та утворення тріщин на них	-спрацювання, надмірне навантаження, шайби пасів не співвісні відносно одна одній	-натягнути клиновий пас -перевірити співвісність між шайбами клинового паса -замінити клинові паси лише в комплекті
Блокування валкового живильника	-потрапляння сторонніх предметів між валковим живильником та обмежувальною планкою	-усунути сторонній предмет перевірити роботу магніта -перевірити роботу камневловлювача

Несправність	Причина	Спосіб усунення
Блокування віджимних валків	-потрапляння сторонніх предметів між валками	- вручну обертати валки в зворотньому напрямі очистити віджимні валки -перевірити роботу магніта -перевірити роботу камневловлювача
Валковий живильник і насос не запускаються	-тиск води надто низький -запобіжник встановлений в положенні «0» -відключений живильник -датчик переливу сигналізує «перелив» - частотний перетворювач регулювання заторної ємкості пошкоджений	-перевірити і якщо потрібно прочистити запірні вентиля -встановити запобіжник в положення «1» -включити живильник -перевірити і відремонтувати датчик -ліквідувати неполадки в частотному перетворювачі

Час подрібнення відрізняється від заданого	-неправильно встановлені параметри живильника	-відрегулювати число обертів живильника - не достатня подача води
---	---	--

7.2 Сервіс

До початку сервісних робіт дробарку необхідно ретельно очистити від залишків продукту. Ремонт дробарки повинен проводитися лише кваліфікованим персоналом, що ретельно вивчив будову, правила експлуатації та техніку безпеки при проведенні робіт. При проведенні ремонту та поточного обслуговування електрообладнання обладнання допускається персонал, що вивчив пристрої електрообладнання та пройшов інструктаж з техніки безпеки та має доступ до проведення даного виду робіт. При проведенні ремонтних робіт використовують спеціальний захисний одяг, взуття та окуляри.

У ремонтний період здійснюють ремонт наступних вузлів та елементів конструкції дробарки: **корпус, віджимні валки, пасова передача, ущільнення підшипників, підшипники, мотор-редуктор, живильний валок, заторний насос.**

Ремонт корпусу. Сам корпус перевіряють на наявність тріщин і полумок. При несправностей корпус ремонтують шляхом приварення накладок. Також перевіряють цілісність оглядових віконцев та герметичність їх ущільнення.

Ремонт пасових передач. При поточному ремонті пасів вирізають зношені їх частини і замінюють уставленням частин нового пасу. Паси, що розтягнуті перешиваються. Розточують канавки під клинові паси при їх спрацюванні. При спрацюванні отвіру у ступиці - його розточують під ремонтну втулку. Проводять її встановлення. Торці ступиць, що спрацьовані проточують та встановлюють компенсуючі кільця. При виявленні на шківу тріщин їх ремонтують шляхом зварювання. Шпонку, що спрацьована, замінюють на нову дещо більшу з наступною підгонкою під шпонковий паз. Шпонковий паз, що спрацювався розточують під шпонку наступного стандартного розміру або ж

виготовляють новий шпонковий паз під кутом 90-120° . До старого пазу також можлива наплавка спрацьованого пазу із наступною підгонкою.

Ремонт віджимних валків. Ремонт вихідних кінців віджимних валків здійснюють шляхом обточування та шліфування. У разі значного спрацювання встановлюють ремонтні втулки. Рифлі спрацьовані на валках шліфують та нарізають нові на спеціальних станках.

Ремонт підшипників. Після зняття підшипники кочення промивають та перевіряють на можливість подальшого їх використання. Підшипники, що мають дефекти замінюють на нові.

Ремонт ущільнення. Ретельно перевіряють ущільнення на можливість їх подальшого використання. За потреби їх замінюють.

Ремонт живильника. У разі виявлення дефектів зносу проводять ремонт вихідних кінців живильника шляхом їх обточування та шліфування. У випадку значного спрацювання встановлюють ремонтні втулки. При необхідності відновлюють нарізку на робочій поверхні живильного валка. Ретельно перевіряють підшипникові опори, ліквідовують перекося.

Ремонт мотор-редуктора. На початку перевіряють стан зубчатої передачі. У разі її спрацювання її відновлюють шляхом напавлення або наварення із наступним нарізанням зубів. У разі неможливого відновлення шестерні замінюють на нові. В разі виявлення тріщин на ободі їх стягують накладками. Останні із двох сторін кріпляться гвинтами. У разі виявлення тріщин на ступиці її проточують і напресовують бандажне кільце. У випадку спрацювання торців зуба проточують колесо зменшуючи довжину зуба. У випадку спрацювання посадкового отвіру - його розточують та запресовують ремонтну втулку. Контролюють та перевіряють стан підшипникових опор, здійснюють збирання та задачу мастил.

Ремонт насосу подачі пивного затору. Здійснюється центрування центрального валу, перевірка підшипникових опор. У разі необхідності здійснюється заміна гумового статора. Насос перевіряють на герметичність і у разі потреби закладають ущільнення.

Перед запуском насосу проводять його змащення згідно карти змащення.
Перевіряють правильність збирання та здійснюють пробний пуск..

9. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ

Система автоматизації дробарки мокрого подрібнення передбачає: регулювання температури води, що подається до камери кондиціонування, вимірювання та витрату води, що подається до камери кондиціонування, регулювання температури води, що подається в дробарку. Також схемою автоматизації передбачено сигналізація рівня солоду у бункері та заторній камері, регулювання рівня заторної маси у заторній камері, регулювання частоти обертання барабанного живильника в залежності від навантаження на подріююючі валки, ввімкнення та вимкнення двигунів валків, барабанного живильника.

Регулювання температури води що подається в камеру кондиціонування здійснюється за допомоги термопіру встановленого на трубопроводі 1а датчика типу ТСМ, який подає еквівалентний температурі сигнал на автоматичний міст 1б типу КСМ. Останній порівнює сигнал із заданим та подає відповідний регулюючий сигнал на клапана які регулюють витрату гарячої води. Регулювання температури води що подається в дробарку проводиться за аналогічною схемою, а саме за допомоги пристроїв: термопіру 3а типу ТСМ, автоматичного мосту 3б типу КСМ та клапану, що регулює витрати гарячої води 3в. Кількість води, що подається в камеру кондиціонування, вимірюється лічильником 2а-2в типу ВСХН. Кількість води, що подається в дробарку вимірюється лічильником 4а-4в типу ВСХН. Вода на вході в камеру кондиціонування вимірюється по місцю ротаметром 5а типу РС. Температура води на вході у камеру кондиціонування здійснюється по місцю за допомоги біметалевого термометра 6а типу ТБТ.

Сигналізація рівня солоду у бункері здійснюється за допомоги сигналізатора рівня 7а-7б типу ЕСУ. При цьому спрацьовує сигнальна лампа на щиті НЛ1 типу ЛС.

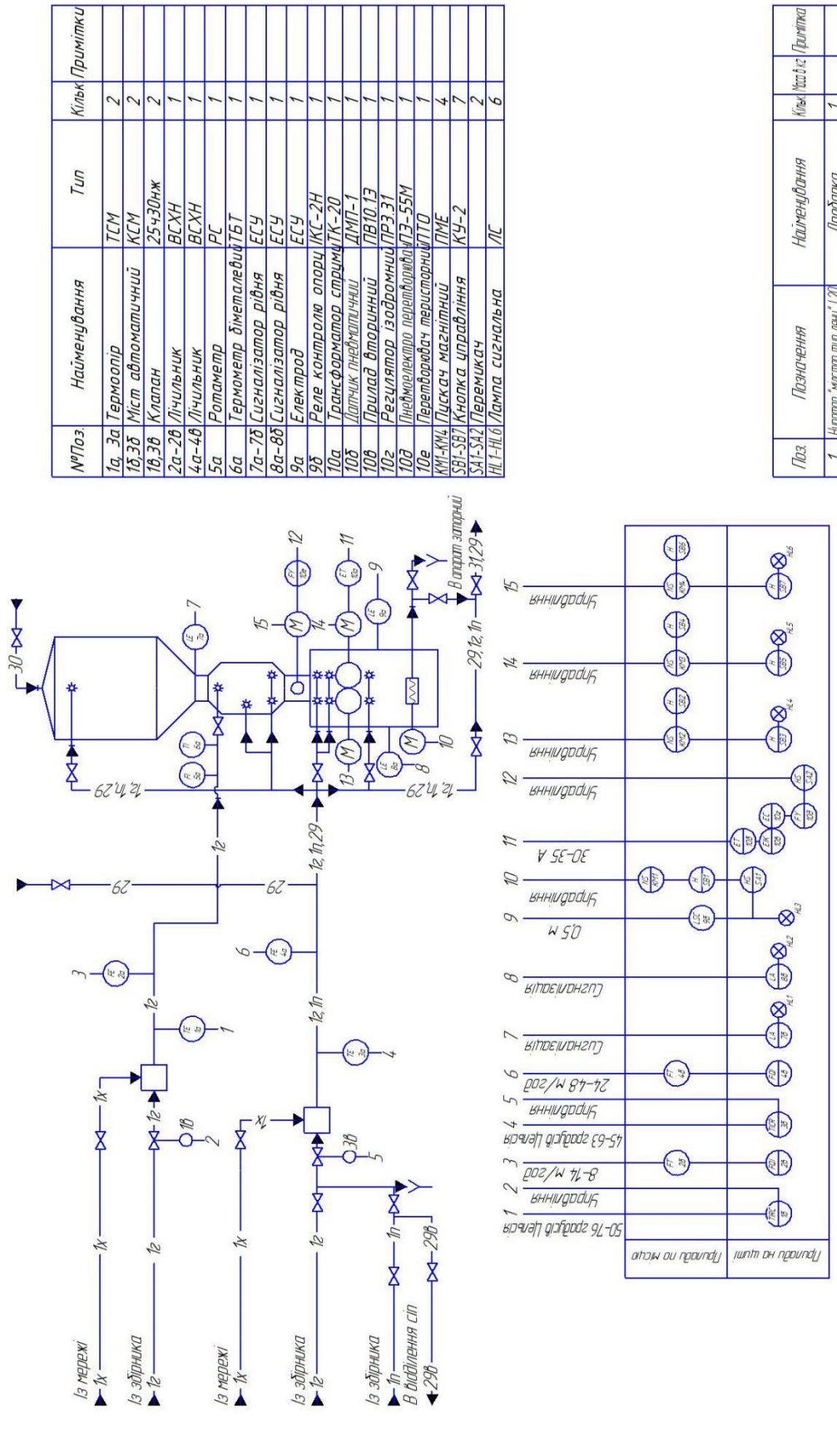
Сигналізація рівня затору у заторному лотку здійснюється за допомоги сигналізатора рівня 8а-8б типу ЕСУ. При цьому спрацьовує сигнальна лампа на щиті НЛ2 типу ЛС.

Потрібний рівень суспензії зерно продуктів та води у заторному лотку регулюється ввімкненням або вимкненням двигуна насосу за допомоги приладів: електроду 9а типу ЕСУ, реле контролю опорів 9б типу ІКС-2Н, магнітного пускача КМ1 типу КМЕ, кнопки управління SB1 типу КУ-2, перемикача SA1, лампи сигнальної НЛ3 типу ЛСЧ.

<i>Відповідальна організація НУХТ</i>	<i>Технічне узгодження Удадов С.О.</i>	<i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Національний університет харчових технологій</i>	<i>Ковальов К.В.</i>	<i>Система керування та управління</i>	222140.ДП.08.009.ПЗ			
	<i>Гавда О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>UA</i>	<i>1</i>

Частота обертів двигуна мотор-редуктора приводу барабанного живильника здійснюється по силі струмів в залежності від навантаження на валки. Сила струму при навантаженні 30-35 А здійснюється наступним чином. Від трансформатора струму 10а типу ТК-20 електричні сигнали еквівалентні силі струму, що споживаються подаються на пневматичний датчик 10б типу ДМП-1. Останній перетворює електричний сигнал у пневматичний та подає його на вторинний прилад 10в типу ПВ10.1Э та ізодромний регулятор 10г типу ПР3.31. Тут струми, що споживаються, порівнюються із заданими. У випадку їх відхилення від номінального значення сигнал управління подається на пневмоелектро-перетворювач 10д типу ПЭ-55М та тиристорний перетворювач 10е типу ПТО. Так змінюється частота струму, а відповідно і частота обертання двигуна барабанного живильника.

Ввімкнення та вимкнення двигунів живильника та подрібнюючих валків здійснюється за допомоги магнітних пускачів КМ2-КМ4 типу ПМЕ, кнопок управління SB2-SB7 типу КУ, сигнальних ламп які вмикаються при ввімкненні двигуна HL4- HL6.



№Поз	Найменування	Тип	Кільк	Примітки
1а-3а	Термоопір	ТСМ	2	
1Б,3Б	Міст автоматичний	КСМ	2	
1В,3В	Клапан	25ч30нж	2	
2а-2В	Личильник	ВСХН	1	
4а-4В	Личильник	ВСХН	1	
5а	Рогаметр	РС	1	
6а	Термометр біметалевий	ТБТ	1	
7а-7Б	Сигналізатор рівня	ЕСУ	1	
8а-8Б	Сигналізатор рівня	ЕСУ	1	
9а	Електрод	ЕСУ	1	
9Б	Реле контролю опору	КР-2Н	1	
10а	Трансформатор струму	ТК-20	1	
10Б	Личильник пневматичний	ЛМП-1	1	
10В	Прилад вторинний	ПВ10.13	1	
10Г	Регулятор ізобаричний	ПРЗ 31	1	
10Д	Пневмометр перетворений	ПЗ-55М	1	
10Е	Перетворювач теристорний	ПТО	1	
СА1-СА2	Лискач магнітний	ЛМЕ	4	
СА1-СА2	Перемикач	КУ-2	7	
НЛ1-НЛ6	Лампа сигнальна	ЛС	2	
			6	

Поз	Позначення	Найменування	Кільк	Примітка
1	Нурлоп "містер топ лена" 120	Дробарка	1	

Умовні позначення	Робоче середовище потоку
Буквене	Графічне
1х	— 1х — Вода холодна
1г	— 1г — Вода гаряча
1п	— 1п — Вода промивна
29	— 29 — Розчин СІП
29 б	— 29б — Розчин СІП відпрацьований
30	— 30 — Солд
31	— 31 — Суспензія води та солоду

Рис. 9.1 Схема автоматизації.

10. Техніка безпеки при експлуатації установки мокрого подрібнення солоду

Перелік небезпечних та шкідливих виробничих чинників, які спостерігаються у варильному відділенні пивоварного підприємства, у якому встановлено технологічне обладнання для мокрого подрібнення пивоварногосолоду наведені в таблиці 10.1.

Таблиця 10.1

Джерело виникнення шкідливих небезпечних виробничих чинників	Небезпечні та шкідливі виробничі чинники
1. Солододробарка	Шум, обертові деталі, електричний струм
2. Диспергатор	Шум, обертові деталі, електричний струм
3. Апарат заторний	Температура, пар, тиск, обертові деталі, електричний струм
4. Апарат фільтраційний	Температура, тиск, обертові деталі, електричний струм
5. Апарат сушварильний	Температура, тиск, пар
6. Апарат гідроциклонний	Температура
7. Теплообмінники	Температура, тиск
8. Насоси	Температура, тиск, обертові деталі, електричний струм
9. Трубопроводи	Температура
10. Збірники	Температура

Технологічне обладнання для помелу зерно продуктів повинно розташовуватись у окремому ізольованому приміщенні. Місця виділення пилу при роботі устаткування (пересипання та переміщення) повинні облаштовуватись примусовою аспірацією із наступним очищенням запиленого повітря перед викиданням його до атмосфери.

В місці розташування завантажувальної воронки подрібнювача, у місцях зсипання продукту (тічка, лоток, бункер тощо) повинні бути встановлені магнітні вловлювачі. Їх очищення (автоматичне чи вручну) повинно проводитись у терміни, зазначені в інструкції підприємства.

<i>Відповідальна організація НУХТ</i>	<i>Технічне узгодження Удадов С.О.</i>	<i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Національний університет харчових технологій</i>	<i>Ковальов К.В.</i>	<i>Техніка безпеки при експлуатації установки мокрого подрібнення солоду</i>	222140.ДП.08.010.ПЗ			
	<i>Габда О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>UA</i>	<i>1</i>

Розмелювання пивоварного солоду та інших зернопродуктів повинно здійснюватись в умовах повної та надійної герметизації подрібнювачів.

Устаткування повинно мати споряджений блокувальний пристрій, що який виключає пуск устаткування при відкритих люках подрібнювача або вальцьових станків та вимкненій місцевій приточно-витяжній вентиляції.

Процес завантажування подрібнювачів та вальцьових станків повинно бути механізовано.

Устаткування повинно бути заблоковано з приводом іншого устаткування, що є складовою частиною механізованої лінії. Це необхідно для запобігання утворення завалів горючої подрібненої сировини у разі аварійної зупинки одного з устаткування поточної лінії.

Подача несолоджених матеріалів до заторного апарату, хмелю до сусловарильного апарату повинно бути механізовано.

Технологічні апарати варильного агрегату повинні бути обладнані витяжними трубами і всередині освітлюватись стаціонарними світильниками напругою не вище 12 В у вологозахищеному виконанні.

Апарати призначені для кип'ятіння пивного сусла повинні мати позначку максимального рівня наповнення їх продуктом та бути обладнані пристроями, що підтримують задану інтенсивність процесу кипіння сусла.

Спостереження технологічного процесу у сусловарильному апараті здійснюється через оглядові віконця.

Корпуса абсолютно усіх апаратів варильного порядку повинні мати теплоізоляцію. Баки гарячої води повинні також бути обладнані блокувальними пристроями від переливання.

Основні виробничі приміщення варильного відділення, відповідно до ОНТП 24-86 та правил облаштування електроустановок (ПУЕ) мають наступні категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою:

- відділення для подрібнювачів - (1 поверх): | категорія Д, клас згідно ПУЕ вологе.

- приміщення, що розташоване під апаратами варильного відділення - категорія Д, клас згідно ПУЕ - вологе, жарке.

У варочному відділенні знаходяться матеріали, які здатні вибухати: зерновий пил, газ-пропан-бутан та горіти -це зернова сировина, зерновий пил та лузга, хмелева сировина, паперові мішки з під допоміжних матеріалів, каністри із під допоміжних матеріалів, електрокабелі, комп'ютери та інше електрообладнання, дерев'яні піддони, меблі та обладнання, що знаходиться у виробничих та побутових приміщеннях.

Обслуговуючий персонал варильного відділення та підрядних організацій, що виконують роботи в приміщеннях цеху зобов'язані:

- дотримуватися заходів пожежної безпеки на місці проведення робіт;
- бути обізнаними та дотримуватись усіх вимог нормативних актів пожежної безпеки;
- не допускати дій, які можуть призвести до виникнення пожежі;
- користуватись справним робочим електро інструментом, обладнанням;
- дотримуватись технологічних інструкцій по експлуатації обладнання;
- виконувати вказівки керівників цеху та відповідальних за проведення цих робіт;
- **по закінченні** робіт прибирати горючі відходи та знеструмлювати **електроспоживачі, які** за умовами виробництва **не** повинні працювати в не робочий час;
- **вміти застосовувати** засоби пожежогасіння, порядок дій у разі **виникнення пожежі**.

Відповідальний за пожежну безпеку зобов'язаний перевіряти:

- протипожежний стан місця проведення робіт та приміщень **будівлі, де проводяться роботи;**
- справність наявних засобів пожежогасіння, своєчасне перезарядження **вогнегасників;**
- своєчасний інструктаж працівників.

У разі виявлення порушень вимог пожежної безпеки відповідальний за **пожежну безпеку** зобов'язаний повідомити керівника і вжити заходів щодо їх усунення.

Особи, що порушили вимоги правил **пожежної безпеки несуть** персональну відповідальність у встановленому законодавством **порядку: дисциплінарну, матеріальну, адміністративну, кримінальну** - в залежності від **наслідків, спричинених** порушенням.

Інструкція по безпечній експлуатації дробарки мокрою подрібнення **До початку роботи устаткування:**

- необхідно ретельно перевірити солододробарку на відсутність механічних пошкоджень;
- перевірити та впевнитися у наявності мастила в підшипникових вузлах;
- перевірити наявність мастила в редукторах;
- перевірити стан та справність клинопасової передачі;

Під час роботи дробарки мокрою подрібнення :

- слідкувати та контролювати якість подрібнення сировини;
- слідкувати за відсутністю сторонніх шумів при роботі дробарки;
- слідкувати та контролювати безперервну подачу води в дробарку;
- не допускати попадання сторонніх предметів у солододробарку;

- контролювати та слідкувати за відкачуванням затору у заторний апарат.

По закінченню роботи установки для мокрого подрібнення :

- провести ретельну очистку та промивку солододробарки;
- перевірити дробарку на відсутність неполадок та несправностей;
- ретельно очистити та прибрати робоче місце.

При аварійних ситуаціях:

У випадку виявлення в роботі солододробарки, в ручному або автоматичному режимах, наступні несправності: сторонні шуми, значна вібрація, запах горілого, наявність електричної напруги на корпусі дробарки та інші нештатні ситуації, то дробарка повинна бути терміново зупинена. У випадку, коли відхилення в роботі дробарки не є аварійними, то для її зупинки необхідно:

- перевести обладнання в режим роботи "ручний";
- призупинити подачу води на кондиціонування;
- видалити солод із шахти;
- ретельно промити нижню частину дробарки;
- продавити трубопровід подачі затору;
- перекрити клапана на трубопроводі подачі затору;
- від'єднати подачу напруги на управління дробарки та прийняти міри по усуненню неполадок (викликати ремонтну службу).

У випадку відхилень в роботі устаткування , які можуть привести до аварії, її необхідно терміново зупинити:

- вимкнути ключ подачі напруги на управління

11. Технологія машинобудування

Вибір вузла та аналіз характеристик виробу

В даному розділі магістерського проекту розглянуто технологію складання підшипникового вузла та його встановлення в корпус установки мокрого подрібнення солоду

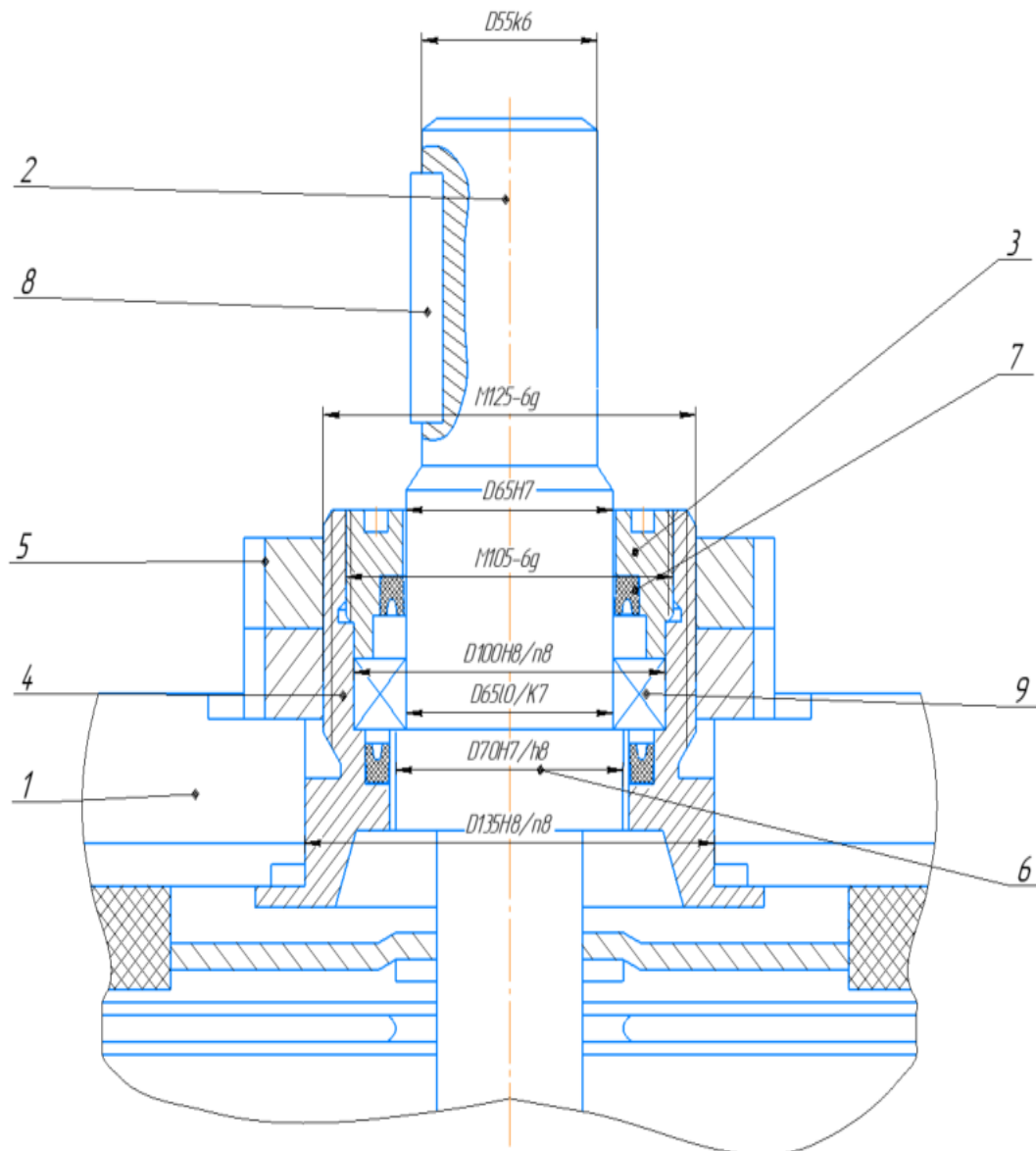
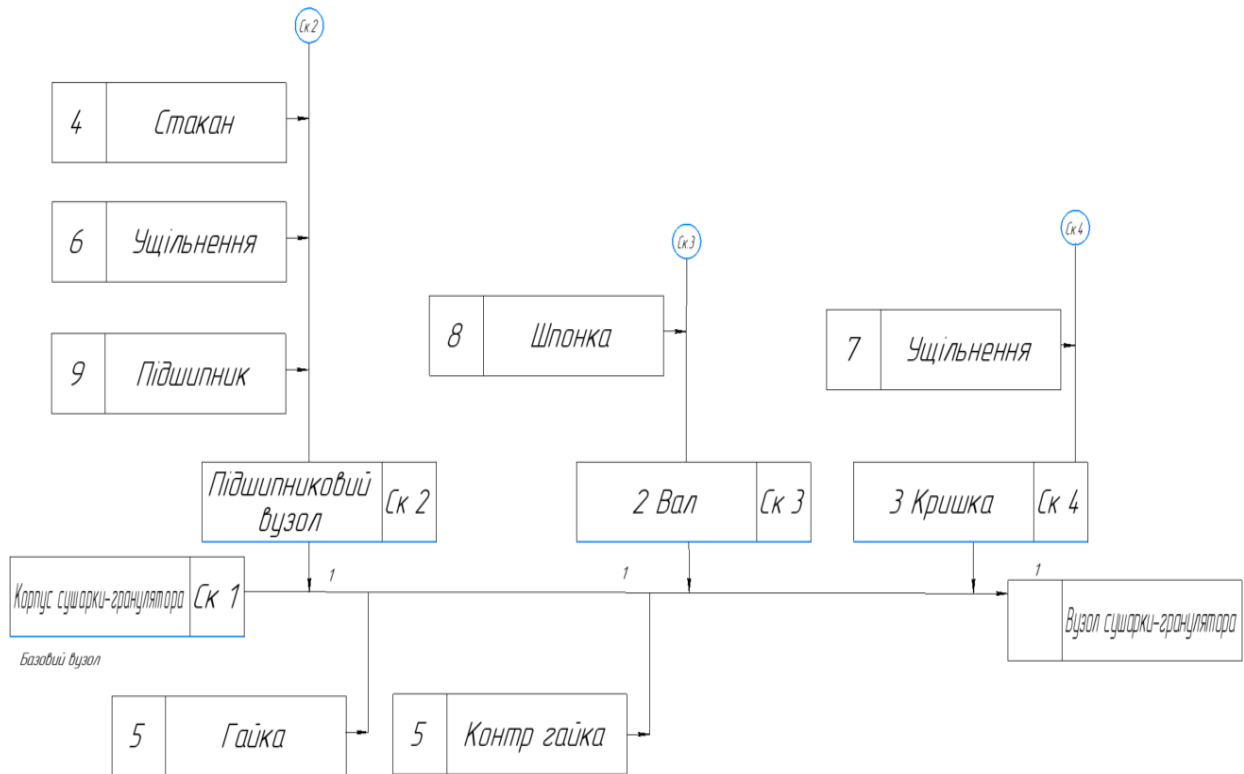


Рис. 11.1. Підшипниковий вузол установки мокрого подрібнення

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Удадов С.О.	Пояснювальна записка	Статус документа		
Національний університет харчових технологій	Ковальов К.В.	Технологія машинобудування	222140.ДП.08.011.ПЗ		
	Габда О.М.		Інд. змін.	Дата видання	UA 1



Таблиця 11.1. Опис подетального складу вузла

Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей
1.	Корпус сушарки-гранулятора	1
2.	Вал	1
3.	Кришка	1
4.	Стакан	1
5.	Гайка М125	2
6.	Манжета 1-80x70-0 ГОСТ 14896-84	1
7.	Манжета 1-80x65-0 ГОСТ 14896-84	1
8.	Шпонка ГОСТ 10748-79	1
9.	Підшипник 180113 ГОСТ 8882-75	1

Таблиця 11.2. Опис технологічний маршрут складання вузла

Номер переходу	Зміст переходу
10. Збирання підшипникового вузла СК2	
10.1.	Встановити стакан в корпус сушарки-гранулятора
10.2.	Встановити ущільнення
10.2.	Встановити підшипник
10.4.	Встановити ущільнення
10.5	Закріпити стакан гайкою
10.6	Закріпити стакан контр гайкою
20. Збирання і встановлення вала СК3	
20.1.	Встановити шпонку на вал
20.2.	Встановити вал в стакан
30. Встановлення кришки СК4	
30.1.	Встановити ущільнення в кришку
30.2.	Встановити кришку в стакан

ВИСНОВКИ

В процесі виконання магістерської роботи проведено техніко-соціальне обґрунтування процесу мокрого подрібнення пивоварного солоду. Сформульована мета дослідження, визначений об'єкт та задачі дослідження.

1. Розглянуто теоретичні аспекти процесу подрібнення зерно продуктів і проаналізовано конструктивні рішення техніки для подрібнення солоду, наведено устаткування для подрібнення пивоварного солоду та визначений найбільш доцільніший та найкращий метод подрібнення, що відбувається із застосуванням установки мокрого подрібнення солоду MILLSTAR.
2. Розглянуто існуючі методики розрахунку установок призначених для подрібнення та обрано напрямок розробки нової методики розрахунку основних параметрів вальцьової установки.
3. На підставі проведеного глибокого та ретельного аналізу запропонована удосконалена конструкція. Остання забезпечить та підвищить ефективність процесу мокрого помелу пивоварного солоду у промислових умовах.
4. Синтезовано рівняння для визначення зусилля подрібнення в установці з урахуванням міцності подрібнюваного матеріалу; проведено аналіз існуючих форм рівнянь кінетики подрібнення; обрана найбільш доцільна форма для синтезування рівняння кінетики подрібнення, отримана нова форма рівняння кінетики подрібнення, що враховує зменшення кількості крупного класу в подрібненому матеріалі в залежності від кратності циркуляції.
5. В ході проведення експериментальних досліджень виявлено параметри оптимізації (Q, P, R, q) та основні фактори, що впливають на режими процесу подрібнення запропонованої конструкції: n — частота обертання барабана, $F_{пр}$ - зусилля в пружинах пристрою для притиску валків, b_1 - зазор між барабаном і першим валком, b_2 - зазор між барабаном і другим валком;
6. В результаті проведення експериментів встановлено:
 - рівняння $(Q, P, R, q) = f(n, F_{пр}, b_1, b_2)$, аналіз залежностей яких показав, що найбільший вплив на продуктивність Q надає частота обертання барабана, при збільшенні якої продуктивність збільшується;
 - на тонкість помелу найбільший вплив має величина зазору між барабаном і другим валком b_2 , при зменшенні якого тонкість помелу зростає.
8. Здійснені необхідні розрахунки: енергетичний, кінематичний та конструктивний.
9. Висвітлені питання монтажу та технічного сервісу обладнання, а також питання з техніки безпеки при експлуатації обладнання та системи керування.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Удадов С.О.	<i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Національний університет харчових технологій</i>	<i>Ковальов К.В.</i>	ВИСНОВКИ	222140.ДП.08.012.ПЗ			
	<i>Гавда О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	UA	1

Список використаних джерел

1. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. та інші. За ред.. В.Г. Мирончука. Підручник. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.
2. Вольфганг Кунце Технология солода и пива.-М.: Санкт-Петербург :Профессия, 2001.-911 с.
3. Балашов В.Е. Практикум по расчету технологического оборудования для производства пива и безалкогольных напитков. – М.:Агропромиздат , 1988.-188 с.
4. Мирончук В.Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Навчальний посібник. – Вінниця: Нова книга, 2004.-288 с.
5. Соколенко А.И. Справочник специалиста пищевых производств. Книга 1. Механика -К.: АртЭк , 2001.-304 с.
6. Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. Пособие для техникумов.- М.:Высшая школа , 1991.-432с.
7. Длоугый В.В. Привода машин: Справочник. –Л.: Машиностроение ,1982.-383 с.
8. Мороз В.К. Курсовое и дипломное проектирование по курсу «Эксплуатация оборудования предприятий пищевой промышленности». –М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.- 200 с.
9. Устюгов И.И. Детали машин: Учеб. Пособие для учащихся техникумов. -2-е изд., перераб. И доп. –М.:Высшая школа, 1981. -399 с.
10. Чернавский С.А. Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. пособие для учащихся машиностроительных специальностей техникумов. -2-е изд., перераб. И доп.- М.: Машиностроение, 1987.-416 с.
11. Розрахунки обладнання підприємств харчової і переробної промисловості: // Мирончук В.Г, Орлов Л.О, Українець А.І. та ін. Вінниця, 2004 – 286 с.
12. Остриков П.Н., Парфенопуло М.Г., Шевцов А.А. Практикум по курсу «Технологическое оборудование Воронежская госуд. технол. академия – Воронеж 1999 – 424 с.

<i>Відповідальна організація НУХТ</i>	<i>Технічне узгодження Удадов С.О.</i>	<i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Національний університет харчових технологій</i>	<i>Ковальов К.В.</i>	<i>Список використаних джерел</i>	222140.ДП.08.013.ПЗ			
	<i>Гавда О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>UA</i>	<i>1</i>

13. Федоткин И.М. и др. Оптимизация выпарного оборудования / И.М. Федоткин, В.А. Кравченко, В.А. Саввич. – К.: Техника, 1985 – 150 с.
14. Машины, оборудование, приборы и средства автоматизации для перерабатывающих отраслей АПК. Том 1, часть 1. Сахарная и крохмало-паточная промышленность. // Каталог М. АГРОНИИТЭНИТО, 1990 – 239 с.
15. Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в пищевой промышленности: Учебн. П.А. Широков, В.И. Михайлов, Р.В. Фельдман и др. Под редакцией П.А. Широкова. – М.: Агропромиздат. 1986 – 311 с.
16. Кавецкий Г.Д., Королев А.В. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1991 – 432 с.
17. Сушка пищевых растительных материалов Г.И. Факоленко, М.А. Гришко, Я.И. Гольденберг, В.К. Косяк. – М.: Пищевая пр-ть 1971 – 439 с.
18. Украина: энергосбережения в пищевой промышленности / М. Василенко, М.А. Масликов, Н.А.Грядов и др. – К.: Энергетический центр, 1997 – 100 с.
19. Соколов В.И. Основы конструирования машин и аппаратов пищевых производств – М.: Машиностроение 1983 – 447 с.
20. Харламов С.В. Практикум по расчету и конструированию машин и аппаратов пищевых производств. – Л.: Агропромиздат, 1991 – 256 с.
21. Орлов П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие в 3-х книгах. Кн. 3. – М.: Машиностроение, 1977– 360 с.
22. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х томах. – 5-е изд., прораб. и дополн. – М: Машиностроение, 1979.
23. Конструирование и расчет машин химических производств. / Ю.Н. Гусев, Н.Н. Карасев, Э.Э. Кольман–Иванов и др. – М.: Машиностроение, 1985 – 408 с.
24. Основы конструирования и расчета химических аппаратов и машин. Часть 2. Основы конструирования, расчета на прочность узлов и деталей. Основы надежности и долговечности. / Топтуненко Е.Т. – М.: изд-во «Вища школа» –1974 – 220 с.
25. Проектирование процессов и аппаратов пищевых производств. Под редакцией В.И. Стабникова – К.: «Вища школа» Головне видавництво, 1982 – 199 с.
26. Устройство и эксплуатация оборудования предприятий пищевой промышленности./Под редакцией А.И. Даишева.: 2-е изд., переизд. дополн.: М.: Агпромиздат, 1988 – 399 с.
27. Мирончук В.Г. Монтаж, ремонт та експлуатація обладнання харчових виробництв. Курс лекцій для студ. спец. 6.090221 «Обладнання

переробних і харчових виробництв» ден. та заоч. форми навчання. – К.: НУХТ 2007– 118 с.

28. Гальперин Д.М., Миловидов Т.В. Технология монтажа, наладки и ремонта оборудования пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1990 – 279 с.

29. Гальперин Д.М. Монтаж оборудования предприятий пищевой промышленности. – М.: Высшая школа, 1978–309с.

30. Справочник механика пищевой промышленности. / А.И. Соколенко, А.И. Украинец, В.Л Яровой и др. Под ред. А.И. Соколенко – К.: Арт Эк. 2004 – 304 с

31. Кичкин И.И., Скорняков Е.Л. Патентные исследования при курсовом и дипломном проектировании в высших учебных заведениях. Учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1979 – 163 с

32. Методичні вказівки до виконання дипломного та курсового проекту (роботи) зі спеціальності 6.091700 та 7.091722 «Технологія харчових продуктів оздоровчого та профілактичного харчування» для студентів денної форми навчання. / Уклад. Українець А.І., Сімахіна Н.Е. і інш. – К.: НУХТ, 2004 – 55 с.

33. Дейниченко Г.В., Черевко О.І., Власова Н.О та ін. Дипломне проектування: навчальний посібник, Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2004 – 256 с. ISBN 966-590-507-4

34. Курсовое и дипломное проектирование технологического оборудования пищевых производств / Учебник и учебное пособие для студентов высших учебных заведений/ О.Г. Лунин, В.Н. Вельтищев, О.М. Березовский и др. – М.: Агропромиздат, 1990 – 269 с.

35. Методичні вказівки до виконання контрольних і самостійних робіт з дисципліни «Основи промислового будівництва та санітарної техніки» і

«проектування підприємств галузі з основами САПР» (будівельна частина) / А.А. Домашевський, С.Д. Дудко, – К.: КТІХП, 1993 – 96 с.

36. Марчевський В.М. Конструкторська документація курсових і дипломних проектів: Навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів. – К.: НОРІТА-ПЛЮС, 2006 –280 с.

37. <http://www.statlab.kubsu.ru/node/4>

38. Федоренко Б. Н. Инженерия пивоваренного солода: СПб.: Профессия 2004 – 248 с.

39. Белов В. В., Воробьев Е. М., Шаталов В. Е. Теория графов. — М.: Высш. школа, 1976. — С. 392.

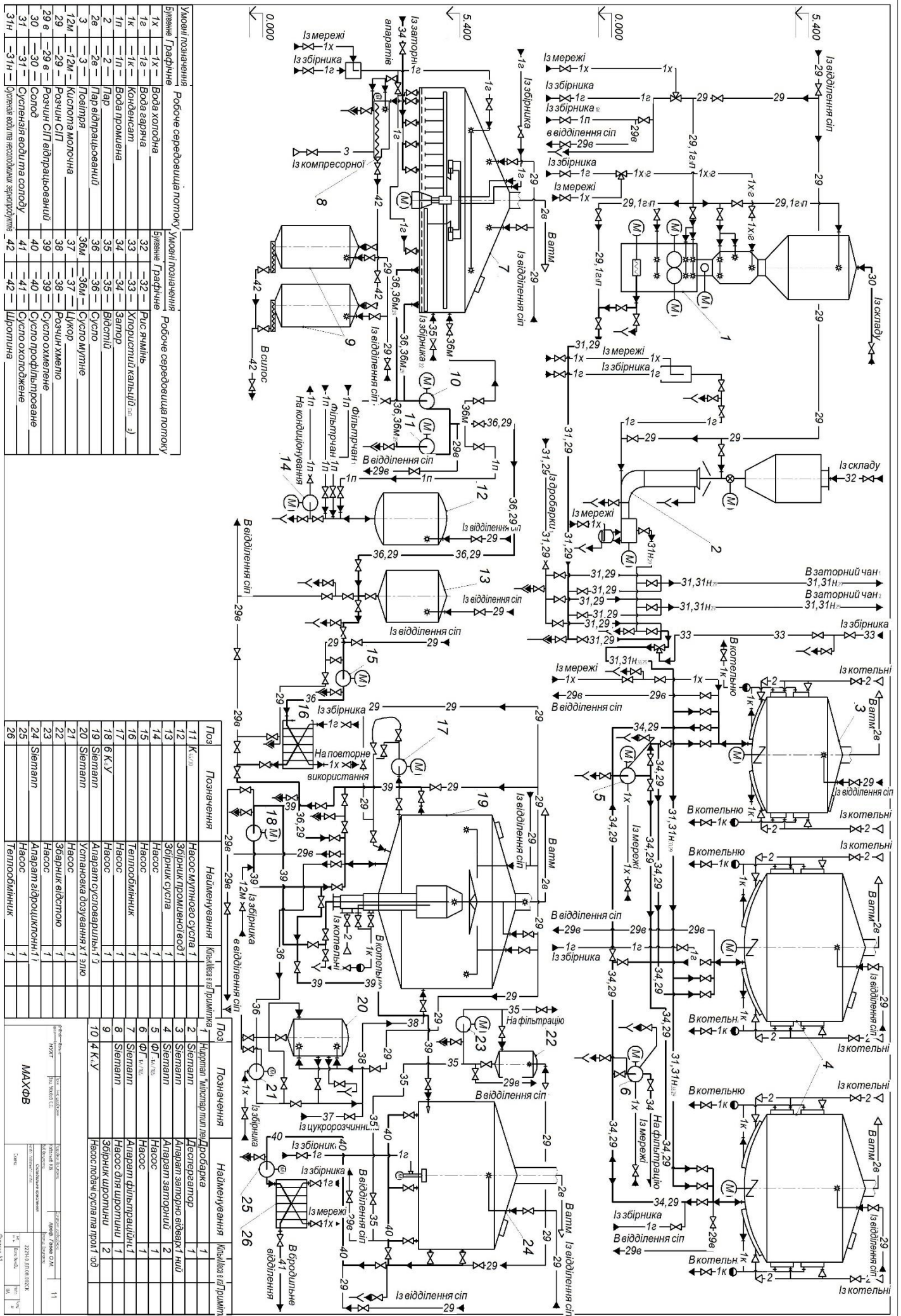
ДОДАТКИ

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кільк.	При- мітка
				<u>Документація</u>		
				<u>Дипломний проект</u>		
A4			<i>НУХТ.ДП.042δ.ПЗ</i>	<i>Пояснювальна записка</i>		
				<u>Креслення</u>		
A1			<i>НУХТ.ДП.042δ.00.000.3В</i>	<i>Дробарка</i>		
A1			<i>НУХТ.ДП.042δ.01.000.3Б</i>	<i>Валок дробильний</i>		
A1			<i>НУХТ.ДП.042δ.02.000.3Б</i>	<i>Живильник валковий</i>		
A1			<i>НУХТ.ДП.042δ.03.000.3Б</i>	<i>Насос</i>		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	<i>НУХТ.ДП.042δ.00.001</i>	<i>Валок дробильний</i>	2	
		2	<i>НУХТ.ДП.042δ.00.002</i>	<i>Опора живильника</i>		
				<i>підшипникова</i>	2	
		3	<i>НУХТ.ДП.042δ.00.003</i>	<i>Камера замочного кон-</i>		
				<i>диціонування</i>	1	
		4	<i>НУХТ.ДП.042δ.00.004</i>	<i>Живильник валковий</i>	1	
		5	<i>НУХТ.ДП.042δ.00.005</i>	<i>Передача пасова</i>	2	
		6	<i>НУХТ.ДП.042δ.00.006</i>	<i>Вікно оглядове</i>	1	
		7	<i>НУХТ.ДП.042δ.00.007</i>	<i>Опори підшипникові</i>		
				<i>валків дробильних</i>	4	
Відповідальна організація НУХТ			Технічне узгодження Удодов С.О.	Розробник документа Ковальов К.В.	Документ затверджено Гавва О.М.	Масштаб 1:1
МАХФВ			Вид документа Специфікація		Статус документа	
			Назва, додаткова назва Дробарка валкова		222140.ДП.08.002. СБ	
			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/2

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка			
				<u>Документація</u>					
A1			НУХТ.ДП.0428.01.000.3Б	Валок дробильний					
				<u>Деталі</u>					
		1	НУХТ.ДП.0428.00.001	Валок	1				
		2	НУХТ.ДП.0428.00.002	Накладка	2				
		3	НУХТ.ДП.0428.00.003	Підшипникова пластина	2				
		4	НУХТ.ДП.0428.00.004	Товотниця	2				
		5	НУХТ.ДП.0428.00.005	Корпус підшипника	2				
		6	НУХТ.ДП.0428.00.006	Утримуюче кільце	2				
		7	НУХТ.ДП.0428.00.007	Прижимне кільце	2				
		8	НУХТ.ДП.0428.00.008	Кришка глуха	1				
		9	НУХТ.ДП.0428.00.009	Прижимна гайка	2				
		10	НУХТ.ДП.0428.00.010	Стопорна шайба	2				
		11	НУХТ.ДП.0428.00.011	Стяжна втулка	2				
		12	НУХТ.ДП.0428.00.012	Гільза	2				
		13	НУХТ.ДП.0428.00.013	Масловідбивник	2				
		14	НУХТ.ДП.0428.00.014	Наскрізна кришка	1				
		18	НУХТ.ДП.0428.00.018	Гвинт потайний	8				
		19	НУХТ.ДП.0428.00.019	Манжета	6				
		21	НУХТ.ДП.0428.00.021	Шайба	16				
		22	НУХТ.ДП.0428.00.022	Шпилька	8				
		23	НУХТ.ДП.0428.00.023	Гайка	8				
Відповідальна організація НУХТ			Технічне узгодження Удовод С.О.	Розробник документа Ковальов К.В.	Документ затверджено Гавва О.М.	Масштаб 1:1			
Власник документа МАХФВ				Вид документа Специфікація		Статус документа			
				Назва, додаткова назва Валок дробильний		222140.ДП.08.003. СБ			
				Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/2		

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка	
				<u>Документація</u>			
A1			НУХТ.ДП.0428.02.000.3Б	Живильник валковий			
				<u>Деталі</u>			
		1	НУХТ.ДП. .00.001	Валок	1		
		2	НУХТ.ДП. .00.002	Накладка	1		
		3	НУХТ.ДП. .00.003	Фланець правий	1		
		4	НУХТ.ДП. .00.004	Кришка	1		
		5	НУХТ.ДП. .00.005	Втулка	1		
		6	НУХТ.ДП. .00.006	Фланець лівий	2		
		7	НУХТ.ДП. .00.007	Кільце стопорне	2		
		8	НУХТ.ДП. 00.008	Кільце стопорне	2		
		10	НУХТ.ДП. 00.010	Манжета	2		
		12	НУХТ.ДП. .00.012	Гвинт	1		
		13	НУХТ.ДП. .00.013	Шайба	1		
		16	НУХТ.ДП. .00.016	Шайба			
		17	НУХТ.ДП. .00.017	Ущільнення накладки			
		18	НУХТ.ДП. .00.018	Ущільнення кришки			
				<u>Стандартні вироби</u>			
		9	НУХТ.ДП. .00.009	Підшипник 753508 ГОСТ 24696-81			
Відповідальна організація НУХТ			Технічне узгодження Удодов С.О.	Розробник документа Ковальов К.В.	Документ затверджено Гавва О.М.	Масштаб 1:1	
Власник документа МАХФВ				Вид документа Специфікація		Статус документа	
				Назва, додаткова назва Живильник валковий		222140.ДП.08.004. СБ	
				Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/2

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка	
				<u>Документація</u>			
A1				Насос			
				<u>Деталі</u>			
		1		Корпус	1		
		2		Пальці	4		
		3		Ротор	1		
		4		Статор	1		
		5		Шнек	1		
		6		Опорна стійка	1		
		7		Затисна гайка	4		
		8		Пружинне кільце	8		
		9		Шарнір	2		
		10		Профіль ущільнення	1		
		11		Ущільнення	1		
		12		Кінцевий патрубкок	1		
		13		Гайка зажимна	4		
		14		Пробка	1		
		15		Корпус підшипника	1		
		16		Привідний вал	1		
		17		Приєднувальна втулка	1		
		18		Корпус привода	1		
		19		Кришка підшипника	1		
Відповідальна організація НУХТ		Технічне узгодження Удодов С.О.		Розробник документа Ковальов К.В.	Документ затверджено Гавва О.М.		
Масштаб 1:1		Власник документа МАХФВ		Вид документа Специфікація		Статус документа	
				Назва, додаткова назва Насос		222140.ДП.08.005. СБ	
				Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/2



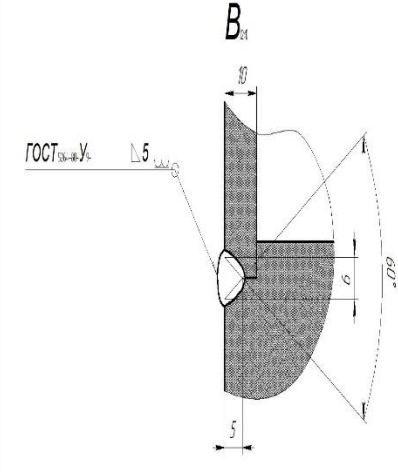
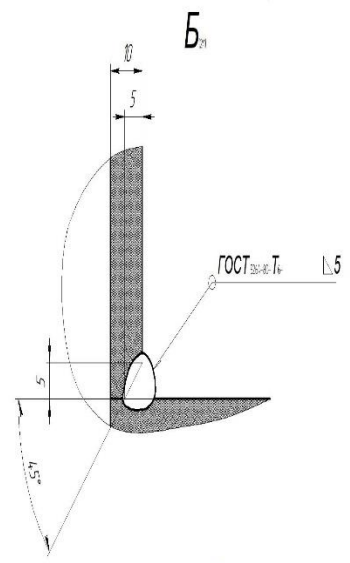
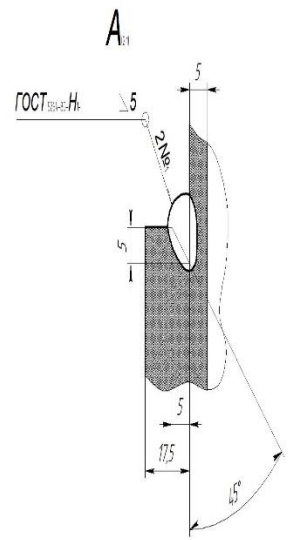
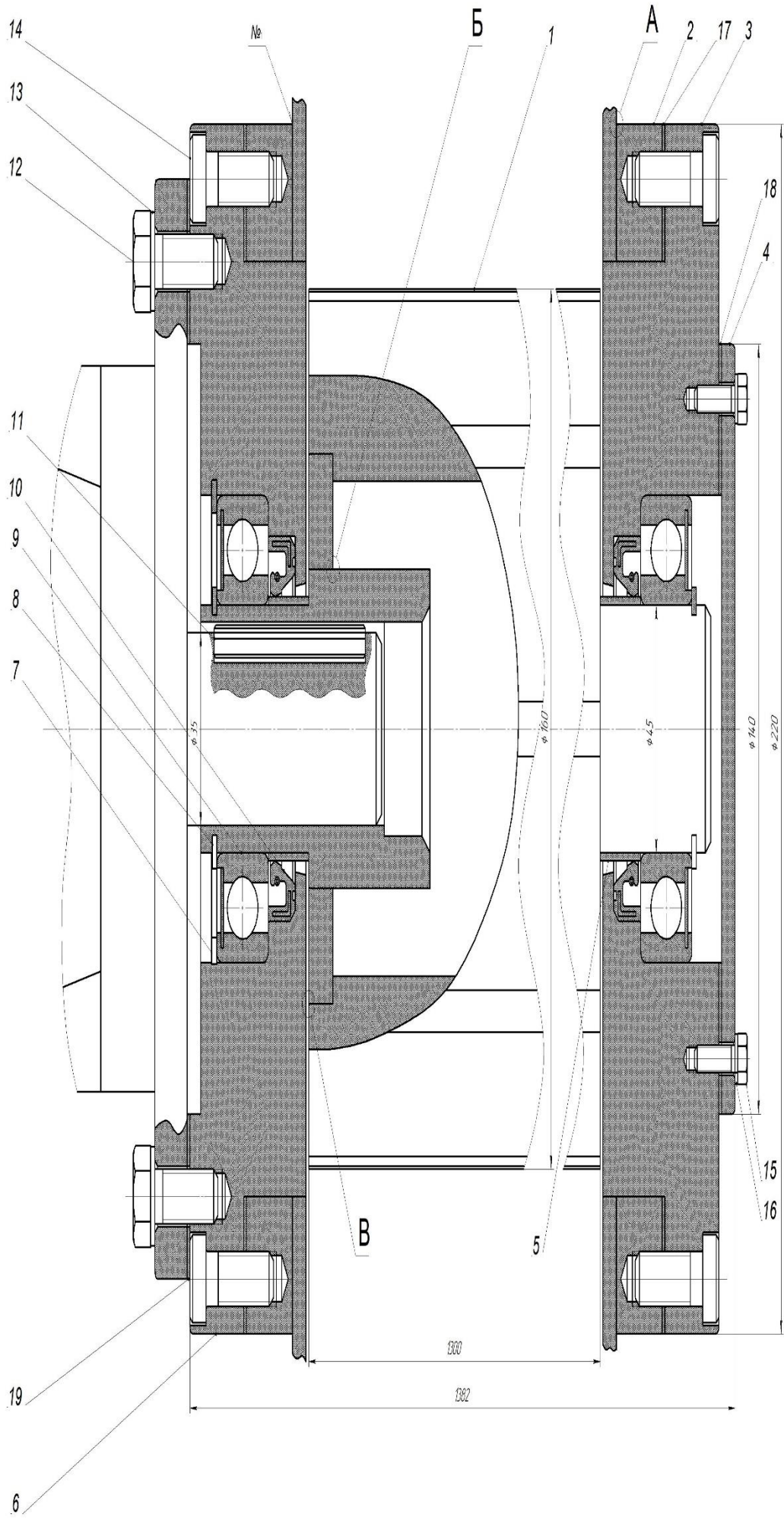
Умовні позначення	Робоче середовище потоку	Умовні позначення	Робоче середовище потоку
Бренше	Графічне	Бренше	Графічне
1x	Вода холодна	32	Ріс річниць
1г	Вода гаряча	33	Хлористий кальцій (с. з)
1к	Конденат	34	Запор
1п	Вода промивна	35	Відстій
2	Пар	36	Суцільне
2в	Пар відпрацьований	36м	Суцільне
3	Повітря	37	Лижор
3-12м	Кислота молочна	38	Розчин хмелю
29	-29	39	Суцільне
29 в	Розчин сіП відпрацьований	40	Суцільне
30	Соло	41	Суцільне
31	Суцільне	42	Суцільне
31н	Суцільне		

Поз.	Позначення	Найменування	Кількість в комплекті
11	К.с.в.	Насос мушного суцільного	1
12		Збірник промивної води	1
13		Збірник суцільного	1
14		Насос	1
15		Насос	1
16		Теплообмінник	1
17		Насос	1
18	К.у.	Апарат суцільного	1
19	Сетяпал	Установка дозування хлоридів	1
20	Сетяпал	Збривач відстою	1
21		Насос	1
22		Насос	1
23		Насос	1
24	Сетяпал	Апарат гідроциклонний	1
25		Насос	1
26		Теплообмінник	1

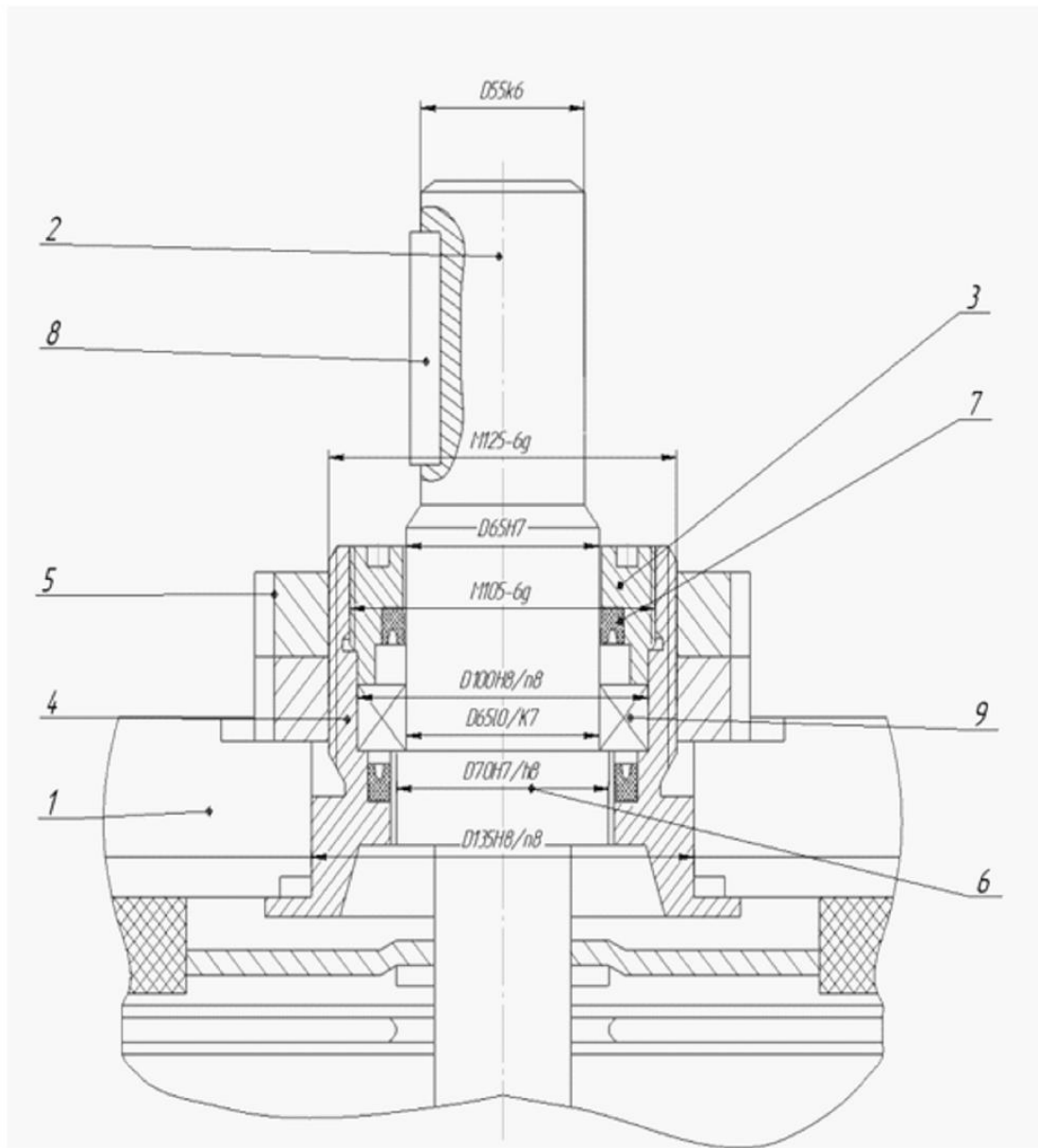
Поз.	Позначення	Найменування	Кількість в комплекті
1	Надпал	Надпал	1
2	Сетяпал	Дестергатор	1
3	Сетяпал	Апарат заборони відстою	1
4	Сетяпал	Апарат заборони	2
5	Ф.с.в.	Насос	1
6	Ф.с.в.	Насос	1
7	Сетяпал	Апарат фільтраційний	1
8	Сетяпал	Апарат для шотландії	1
9	К.у.	Збірник суцільного	2
10	К.у.	Насос суцільного	1

Поз.	Позначення	Найменування	Кількість в комплекті
1	Надпал	Надпал	1
2	Сетяпал	Дестергатор	1
3	Сетяпал	Апарат заборони відстою	1
4	Сетяпал	Апарат заборони	2
5	Ф.с.в.	Насос	1
6	Ф.с.в.	Насос	1
7	Сетяпал	Апарат фільтраційний	1
8	Сетяпал	Апарат для шотландії	1
9	К.у.	Збірник суцільного	2
10	К.у.	Насос суцільного	1

МАХФВ



Исполнитель	Проверено	Утверждено	Дата	11
И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	
Общая спецификация				
МАХФВ				
И.И.И.				
И.И.И.				



Відповідальна організація <i>НУХТ</i>	Технічне узгодження <i>Удодов СО</i>	Розробник документа <i>Ковальов КВ</i>	Документ затверджено <i>Гавва ОМ</i>	Масштаб <i>1:1</i>
Власник документа МАХФВ		Вид документа <i>Складальне креслення</i>	Статус документа	
		Назва, додаткова назва <i>Підшипниковий вузол</i>	222140.ДП СК	
		Інд змін	Дата видання	Мова
				<i>ua</i>
				<i>1/1</i>