

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

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого
Кафедра технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан
факультету)

_____ Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ Микола ЯКИМЧУК
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 20__ р

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

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

освітньо-професійної програми Інжинирінг харчових виробництв

на тему: Дослідження процесу мокрого подрібнення пивоварного солоду з метою удосконалення обладнання

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ОХ-2-2М

_____ Балабанов Ігор Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Якимчук Микола Володимирович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

_____ (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) незгодуваної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2024р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

Освітній ступінь Магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма Інжиніринг харчових виробництва

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП

проф. Микола Якимчук

“___” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Балабанов Ігор Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження процесу мокрого подрібнення пивоварного солоду з метою удосконалення обладнання

керівник роботи проф. Якимчук Микола Володимирович,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “___” _____ 2024 р. № _____

2. Строк подання здобувачем роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт обладнання; креслення обладнання; навчальна, нормативна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ. Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження. Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження. Дослідна частина та узагальнення результатів. Розрахункова

частина. Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування..

Заходи з охорони праці та охорони довкілля. Маркетингове обґрунтування проекту. Технологія машинобудування. Висновки. Список використаних

джерел

5. Перелік графічного матеріалу Вал, Дробарка двохвалкова, Дробарка Millstar, Тех.маш, Валець в сборі, Апаратурна-технологічна схема, Дослідна частина 1,2

1. Консультанти розділів роботи

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

2. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Реферат, Зміст	10.10.2024	
2	Вступ	15.10.2024	
3	Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження	20.10.2024	
4	Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження	30.10.2024	
5	Дослідна частина та узагальнення результатів	06.11.2024	
6	Розрахункова частина	12.11.2024	
7	Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування	15.11.2024	
8	Заходи з охорони праці та охорони довкілля	20.11.2024	
9	Маркетингове обґрунтування проекту	23.11.2024	
10	Висновки	29.11.2024	
11	Список використаної літератури	29.11.2024	
12	Графічна частина: 6 аркушів формату А1	30.11.2024	
13	Подача кваліфікаційної роботи на кафедру	01.12.2024	

Здобувач

_____ (підпис)

Керівник роботи

Балабанов І.С.
(прізвище та ініціали)

Якимчук М.В.

Реферат

Подрібнення солоду є ключовим етапом у виробничому процесі пивоваріння, адже його вплив поширюється як на підготовку затору, так і на формування пивного суслу. Для досягнення якісного подрібнення необхідно забезпечити такий фракційний склад частинок солоду, який матиме оптимальне співвідношення між дрібними і крупними фракціями, що визначає ефективність подальших технологічних операцій.

Важливість подрібнення обумовлена його суттєвим впливом на процес затирання пивного затору. У цьому процесі ферментні препарати каталізують розщеплення крохмаловмісної сировини, представлені зерною структурою, перетворюючи її на прості цукри та амінокислоти, що формують основу майбутнього пивного напою.

При використанні дробарок для мокрого подрібнення солод подрібнюється за допомогою обертових вальців. Перед цим, однак, сировина обов'язково проходить стадію кондиціонування, що здійснюється у спеціальній камері. Умови цього процесу імітують середовище мокрого подрібнення: сировина зволожується дрібнодисперсною водяною суспензією при температурі 50–60°C, витрачаючи близько 55 літрів води на 100 кг солоду. За короткий час контакту з водою (приблизно 1 хвилина) оболонка зерна вбирає вологу, стаючи еластичною, що дозволяє зберегти її цілісність у подальшому процесі.

У межах виконання магістерської роботи був проведений комплексний аналіз сучасного стану пивоварної індустрії, включно з технічними та технологічними аспектами процесу подрібнення матеріалів. Зокрема, було детально вивчено методи подрібнення пивоварного солоду, що дозволило обґрунтувати вибір найбільш ефективного та перспективного обладнання для

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якимчук М. В.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Балайнов І С	Назва, об'єктна назва Реферат	221852.KP.01.000 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук МВ		№ змін	Дата видання	Мова UA	Аркуш

цього процесу, яке використовується у провідних підприємствах галузі.

Мета роботи: Модернізація машини для мокрого подрібнення пивоварного солоду продуктивністю 20 т/год

Поставлені задачі:

- Провести аналіз новітніх конструкцій машини для мокрого подрібнення пивоварного солоду та існуючих наукових джерел щодо їх розрахунку
- Запропонувати модернізацію конструкції машини для мокрого подрібнення пивоварного солоду.
- Провести аналітичні дослідження технологічних характеристик модернізованої конструкції машини для мокрого подрібнення пивоварного солоду

Об'єкт дослідження - взаємозв'язки між конструктивними та технологічними параметрами механізмів та пристроїв машини для мокрого подрібнення пивоварного солоду .

Предметом дослідження – машина для мокрого подрібнення солоду.

Структура і обсяг магістерської роботи містить: вступ, основні сім розділів, узагальнені висновки, список використаних літературних джерел.

Ключові слова: дробарка, , солод, мокре подрібнення, устаткування

Abstract

Malt grinding is a key stage in the brewing production process, as its influence extends to both the preparation of the mash and the formation of beer wort. To achieve high-quality grinding, it is necessary to ensure such a fractional composition of malt particles that will have an optimal ratio between small and large fractions, which determines the efficiency of subsequent technological operations.

The importance of grinding is due to its significant impact on the process of mashing beer mash. In this process, enzyme preparations catalyze the breakdown of starch-containing raw materials, represented by the grain structure, converting it into simple sugars and amino acids, which form the basis of the future beer beverage.

When using crushers for wet grinding, malt is ground using rotating rollers. Before this, however, the raw materials must undergo a conditioning stage, which is carried out in a special chamber. The conditions of this process simulate the wet grinding environment: the raw material is moistened with a finely dispersed water suspension at a temperature of 50–60°C, consuming about 55 liters of water per 100 kg of malt. In a short time of contact with water (approximately 1 minute), the grain shell absorbs moisture, becoming elastic, which allows maintaining its integrity in the subsequent process.

As part of the master's thesis, a comprehensive analysis of the current state of the brewing industry was carried out, including technical and technological aspects of the material grinding process. In particular, the methods of grinding brewing malt were studied in detail, which made it possible to justify the choice of the most effective and promising equipment for this process, which is used in leading enterprises in the industry.

Purpose of the work: Modernization of a machine for wet grinding of brewing malt with a capacity of 20 t/h

Tasks set:

o To analyze the latest designs of a machine for wet grinding of brewing malt and existing scientific sources for their calculation

o To propose a modernization of the design of a machine for wet grinding of brewing malt.

o To conduct analytical studies of the technological characteristics of the modernized design of a machine for wet grinding of brewing malt

The object of the study is the relationship between the structural and technological parameters of the mechanisms and devices of a machine for wet grinding of brewing malt.

The subject of the study is a machine for wet grinding of malt.

The structure and scope of the master's thesis includes: introduction, seven main chapters, general conclusions, list of used literature sources.

Keywords: crusher, , malt, wet grinding, equipment

Зміст

Реферат.....	4
Зміст.....	6
Вступ.....	8
1.Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження , вибір і обґрунтування напрямку дослідження	20
2. Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження.....	47
3. Дослідна частина та узагальнення результатів	55
4. Розрахункова частина	95
5. Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування	105
6. Заходи з охорони праці та охорони довкілля.....	126
7. Маркетингове обґрунтування проекту.....	108
Висновки	111
Список використаних джерел	112
Додатки	115

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук М. В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Балайдов І С	<i>Назва, додаткова назва</i> ЗМІСТ	221852.KP.01.000 ПЗ		
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук МВ		<i>№ змін</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA

ВСТУП

Індустрія харчової промисловості одна із видатних у народному господарстві України. Досягнення в харчовій промисловості встановлюються станом її аграрної індустрії, економічними досягненнями країни.

Харчове виробництво є однією з важливих у народному господарстві країни. Вона займає важливу і першо-ступеневу роль в забезпеченні високоякісною продукцією населення.

Індустрія харчової промисловості тісно пов'язана з агропромисловою індустрією, адже використовує її матеріальну базу. Через це харчові підприємства розташовуються, як правило, поблизу регіонів вирощування рослинної сировини, тощо. Останнє обумовлено сезонністю виробництва, що в свою чергу має вплив на діяльність споріднених галузей народного господарства.

Виробників пива в Україні умовно ділять на індустріальних, регіональних та малих (або крафтових). На законодавчому рівні такого розділення немає: є тільки великі (від 300 000 літрів на рік) та малі (до 300 000 літрів на рік і торгівля тільки пивом). Вартість ліцензії для них принципово відрізняється - для великих заводів сума складає 500 000 грн на рік, для малих пивоварень 30000 грн. На ринок пива продукція постачається в основному з великих та середніх підприємств. Щодо малих пивоварень, то їх кількість зменшується і зараз їх частка на ринку становить близько 6%.

Основним завданням промислового розвитку є підвищення конкурентоспроможності продукції, забезпечення якості продукції на всіх етапах виробничого (життєвого) циклу та впровадження системи управління якістю, що сприяє покращенню діяльності підприємства

Відповідальна організація <i>НУХТ</i>	Технічне узгодження <i>Якимчук М. В.</i>	Вид документа <i>Пояснювальна записка</i>	Статус документа			
Власник документа <i>НУХТ</i>	Розробник документа <i>Балайно І С</i>	Назва додаткова назва <i>Вступ</i>	<i>221852.KP.01.000 ПЗ</i>			
	Документ затверджено <i>Якимчук М.В.</i>		№ змін	Дата видання	Мова <i>UA</i>	Аркуш

Близько 90% пива в Україні – вітчизняного виробництва, адже імпортне пиво дорожче, тож програє у конкуренції. За своїми якісними показниками українське пиво не поступається закордонним аналогам. Попит у світі на нього зростає через високу якість продукту, дизайну та різноманітності сортів та способів приготування. У пивоварінні практично немає тіньового ринку, оскільки пиво складніше підробити через невисоку ціну на продукцію. Обсяги нелегального виробництва оцінюються лише на рівні 5–8%. Найбільшу частку в тіньовому ринку становлять дрібні броварні, які відкриваються на базі ресторану, хоча якість такого пива досить висока. До причин існування підпільних пивоварень належать високі ціни на ліцензії на виробництво. Разом з тим, на сьогоднішній день пивний ринок України перебуває у скрутному становищі, насамперед через скорочення обсягів виробництва та споживання продукції на ринку у 2022 році.

Пивоварна промисловість залишається прибутковою для народного господарства України, а також є цікавим для іноземних інвестицій. Сучасне виробництво напоїв розвивається за рахунок будівництва підприємств великої та середньої потужності.

1 Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження , вибір і обґрунтування напрямку дослідження

Темою магістерської роботи є дослідження процесу подрібнення пивоварного солоду в установках мокрого подрібнення. Останнім часом пивоварні підприємства прикладають багато зусиль для підвищення якості кінцевої продукції та з незначними енерговитратами.

Подрібнення солоду відіграє дуже важливу роль як в процесі приготування затору так і пивного сусла, оскільки для отримання гарного помелу необхідно забезпечити певний фракційний склад подрібненого солоду – оптимальне співвідношення дрібних і крупних фракцій.

Подрібнення суттєво впливає на процес приготування пивного затору, тому, що при затиранні ферментні припарати розщеплюють крохмаловмісну сировину зернової фактури на прості складові- цукри та амінокислоти. На початок процесу затирання приблизно 9-14% екстрактивних речовин солоду перебувають у розчинній формі. Ось тому, для звільнення значної маси

екстактивних речовин і потрібні ферменти що були накопичені в зерні під час його пророщення.

Процес затирання – це є перехід екстактивних речовин пивоварного солоду, а також його заміників у водний розчин і ферментів. Також значну роль відіграє ступінь подрібнення. Так, з однієї сторони, в мілкі частинки швидше проникає вода, що забезпечує дію ферментів, а з другої –занадто тонке подрібнення може негативно впливати на наступні технологічні процеси.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якимчук М. В.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Білобонов І С	Назва, додаткова назва Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження	221852.KP.01.001 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М В		№ змін	Дата видання	Мова UA	Аркуш

Технологічна мета процесу подрібнення солоду – розщеплення оболонки і подрібнення борошняної частини зерна (ендосперму) для забезпечення кращого контакту з водою, у зв'язку з чим прискоряться біохімічні і фізіологічні процеси, що протікають при затиранні, в результаті яких екстрактивні речовини солоду переходять у розчин.

У пивоварному виробництві найважливішим аспектом є якість пива. Оскільки на сьогоднішній день якісне пиво це перевага у конкуренції. На жаль, існуючі конструкції обладнання для подрібнення досить застарілі. Впровадження нових технічних та технологічних рішень дозволяє вирішити цю проблему.

В дробарках мокрого подрібнення солод подрібнюється між парою вальців. Але, до початку подрібнення продукт проходить через камеру зволоження(кондиціювання) При цьому створюються умови аналогічні процесу мокрого подрібнення, тобто коли сировина протягом 1хв. Кондиціювання контактує з розпиленою водою при температурі 50-60°C / 55л води/100кг солоду/. За цей термін поглинає воду лише оболонка зернинки, що надає їй можливість бути еластичною.

Приблизно таку ж кількість води захоплює поверхня зерен. Це сприяє тому, що сировина тобто сама зернинка легко віддає свою оболонку. Остання фактично не пошкоджена і тому ефективно може бути використана у якості фільтраційного матеріалу та краще забезпечити більш швидке фільтрування. Мастка зерна що знаходиться в її середині подрібнюється значно сильніше, а тому її властивості більш ефективніші у розчиненні крохмаловмісної сировини.

Таке Короткотривале зволоження вимагає примусового руху продукту , з метою досягнення за короткий термін необхідної вологості. Примусовий рух пивоварного солоду здійснюють завдяки облаштуванню вертикальних шахт для кондиціювання.

Солод подрібнюється безпосередньо в розташованій нижче камери для зволоження дробарці мокрою подрібнення. Після чого подрібнений солод переміщується з водою і вихідна суміш поступає у заторний апарат. Завдяки формі рифлення пари валків забезпечують належне подрібнення.

Установка мокрою подрібнення менше пошкоджує оболонку зернинки що надає створення фільтраційному прошарку при фільтрації пивного затору , при цьому знижується умови перебування у приміщенні на більш безпечні та сприятливі. Завдяки тому що пивоварний солод проходить подрібнення у зволоженому вигляді, а тому загорання зернопродуктів у випадку створення небезпечних умов зникає. А зниження рівня шуму покращує умови праці та перебування обслуговуючого персоналу.

Порівнюючи конструкції вітчизняного та імпортного обладнання для проведення процесу подрібнення солоду перед його затиранням, їхні переваги та недоліки, провівши ряд теоретичних досліджень та відповідних розрахунків, зроблено висновок, що більш доцільним є використання установки для мокрою подрібнення Millstar.

У квітні 2012 року, при рівному участі компаній в капіталі, відбулося об'єднання активів «Перша Приватна Броварня» і Oasis CIS. В об'єднану компанію увійшли Львівський пивзавод і пиво-безалкогольний комбінат «Радомишль», загальна продуктивність яких по пиву складає 2 млн. гектолітрів.

Об'єднаний портфель брендів компанії тепер включає в себе такі торгові марки пива, як «Перша приватна броварня», «Жигулі Барне», «Галицька корона», «Радомишль», «Закарпатське», Stare Misto, Oettinger і Cervena Selka, а також дві торговельні марки квасу - «Львівський» і «Древлянський». Oasis CIS в своєму портфелі вже має такі відомі бренди, як Budweiser Budvar, Kirin Ichiban, Spaten, Erdinger, Bernard і Bitburger, і можна припустити, що з часом і інші зарубіжні партнери

погодяться передати компанії контракти на дистрибуцію або навіть ліцензію на виробництво своїх брендів в Україні.

Серед споживачів пива найбільшим попитом користуються наступні торгові марки: «Carlsberg» (19,4%), «Балтика» (13,2%) і «Львівське» (8,3%). Далі йдуть такі торгові марки як «Tuborg» (6,7%) і «Velkoporovický Kozel» (4,9%) (рис.2).

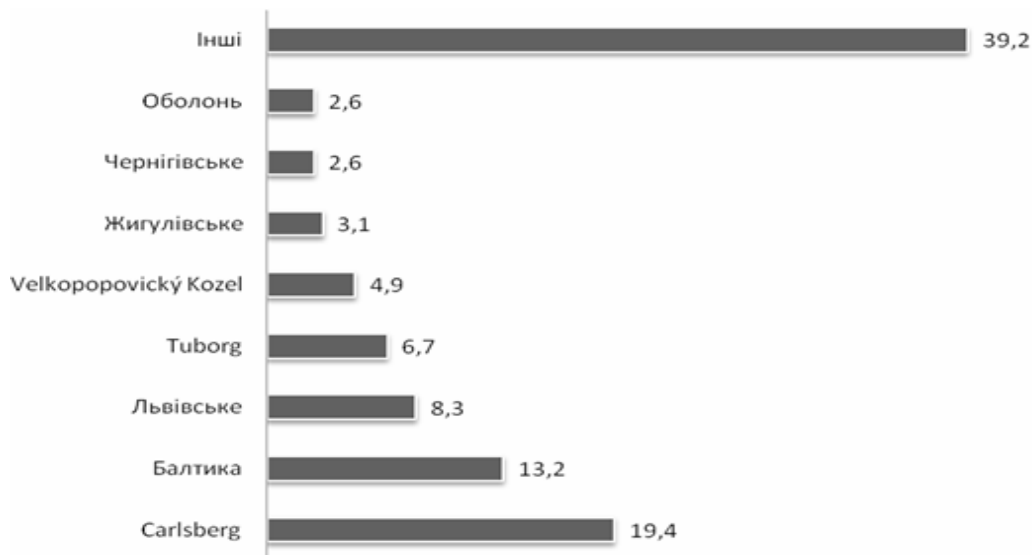


Рис. 1.1. Споживчі переваги по торговим маркам пива, %

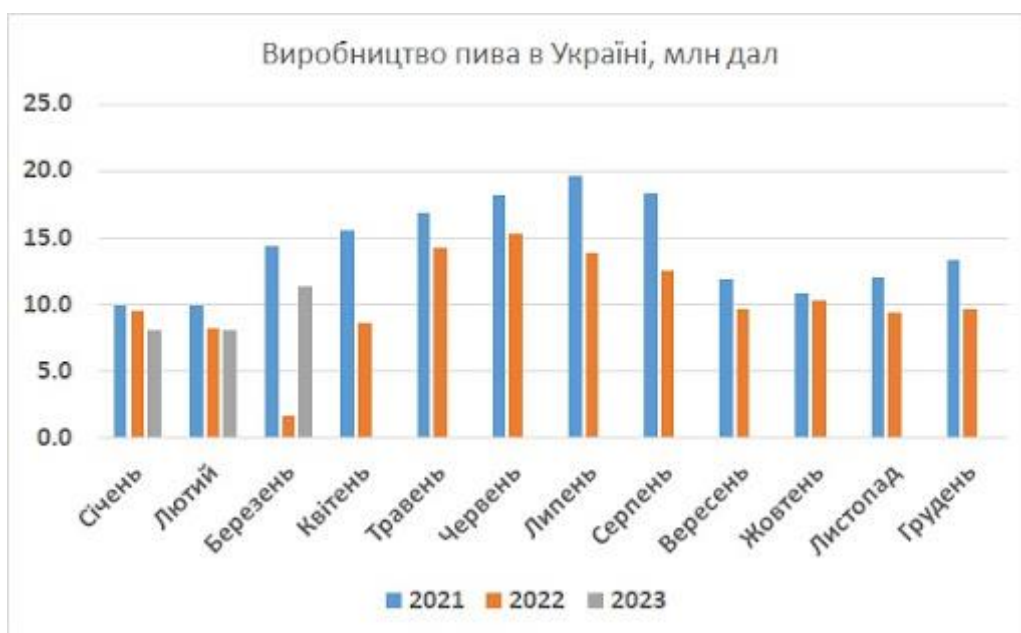


Рис.1.2 Падіння виробництва пива за даними ПрАТ "Укрпиво"

Українська пивоварна промисловість останнім часом розвивається за рахунок великих та середніх підприємств. Однак і доля малих міні-пивоварних підприємств також збільшується і становить вже порядку 10%. З 2008 року у пивоварній галузі спостерігається тенденція зменшення випуску пивної продукції. Так, наприклад, за інформацією АТ «Укрпиво» ринок споживання пива за останні 10 років значно скоротився.

Однак не потрібно забувати що пивоварна галузь тісно співпрацює з іншими спорідненими галузями народного господарства, а тому, падіння обсягів її виробництва приводить собою і до втрат в цих галузях

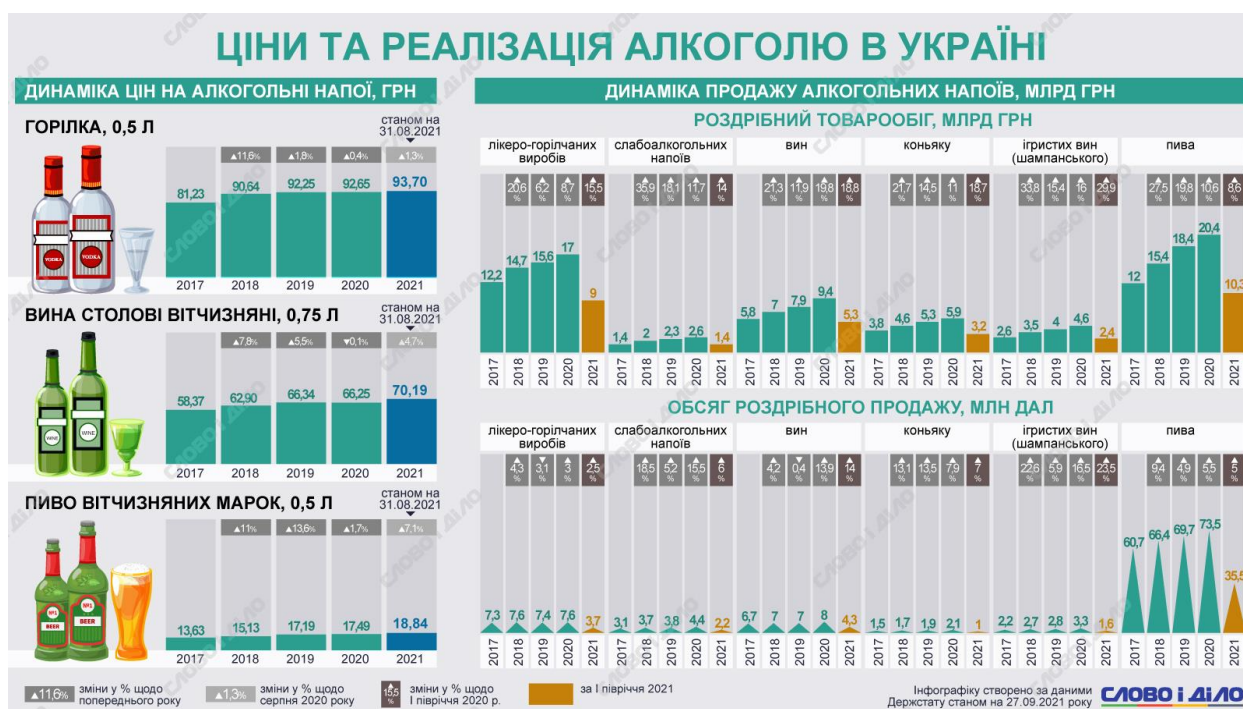
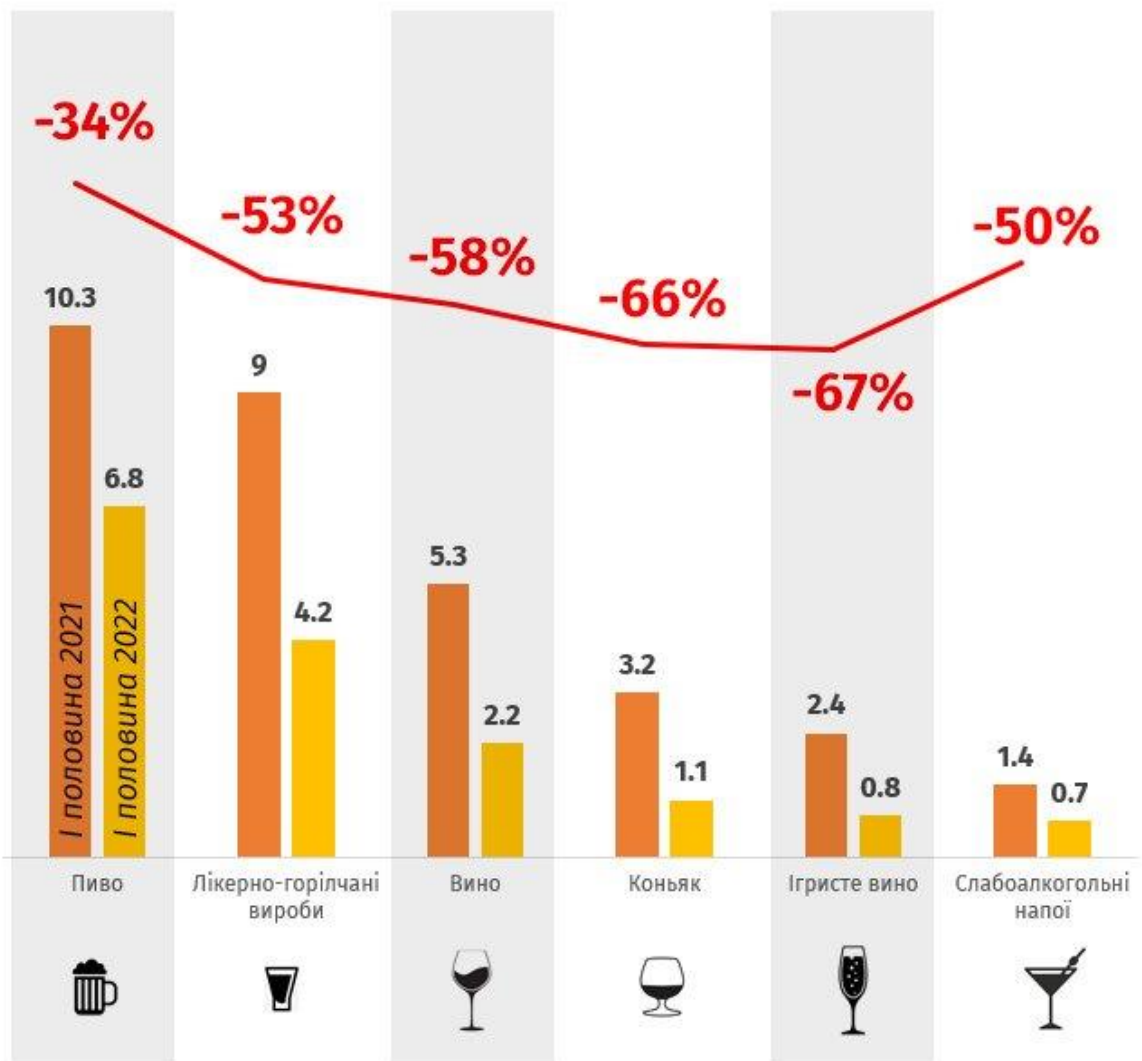


Рис. 1.3 Реалізація пива в Україні

На сьогоднішній день завантаженість пивоварних підприємств України досягнула свого мінімуму і наразі складає порядку 50% від своєї проектної потужності.

Як змінилось споживання алкогольних напоїв у 2021-2022 роках?

млрд грн



Джерело: оцінка Pro-Consulting, "Слово і Діло"

Рис.1.4 Споживання пива в Україні

Ріст акцизу на пивоварну продукцію призводить до здорожчення напоїв, що негативно відображається на загальній реалізації напоїв. Так,

наприклад через цей фактор вартість на пиво в торгівлі зросла в 2020 - 2021р

Так, в липні 2015 року набули чинності зміни в Податковому Кодексі, згідно з якими докорінно було змінено регулювання пивоварної галузі. Дійсно, пиво, як напій, має відноситися до алкогольних напоїв, як це прийнято в країнах ЄС. Проте в силу специфіки виробництва (лікеро-горілчані вироби - це спиртова суміш, в той час як пиво - продукт бродіння), особливості виробництва і обігу цих продуктів значно відрізняються, що не було враховано при зміні регулювання пива. Крім змін у регулюванні, галузь відчула і фіскальний тиск - 2016 році була збільшена ставка акцизного податку на пиво на 100% (удвічі більше, ніж на міцний алкоголь). Таке різке і нерівномірне підвищення ставки акцизу на пиво призведе до поглиблення кризи галузі та подальшого скорочення виробництва пива і робочих місць. Більш того, за високої еластичності ринку, нерівномірне підвищення ставок акцизу на пиво і на міцний алкоголь також позначиться на перетіканні споживання у бік більш міцного і дешевого алкоголю.

Зростання податків на галузь – а саме сировинної бази пивоваріння: хмелярства в цілому негативно впливає на розвиток пивної індустрії.

Пивоварним підприємствам бажано проводити слажену політику в серії маркетингу, збуту та реалізації своєї продукції. Серед цих заходів повинна впровадитися:

- Посилена рекламна діяльність;
- Додаткові нові точки реалізації продукції;
- Подальший розвиток індустрії міні-пивоварних підприємств.
- Збільшення асортименту випускаючої продукції.

Сьогодні пивна індустрія України показує деякі зменшення у виробництві і збуту продукції. Це пов'язано з економічною кризою в Україні, добробутом населення.

Сучасний аналіз свідчить що підприємство в галузі сучасної промисловості необхідно проводити посилений моніторинг проблем свого розвитку і активно реагувати на зміни в економіці. Так наприклад, сировинну проблему можна вирішувати шляхом розбудови та модернізації існуючих, та побудови нових підприємств по переробці злакових культур на солод та виробництва



Рис. 1.5 Пивоваріння

Пивне сушло - це основний напівфабрикат для виготовлення пива, який являє собою полідисперсну систему з вмістом цукристих, білкових та хмелевих речовин.

Найважливішим технологічним процесом при приготуванні пивного сушла є перетворення в результаті ферментативних реакцій нерозчинних компонентів солоду та його замінників у розчинний екстракт.

Приготування пивного сусла складається з п'яти основних технологічних стадій:

- Підготовка зернопродуктів;
- Переведення екстрактивних речовин зернопродуктів у розчин, тобто сусло, в результаті приготування затору;
- Фільтрування пивного затору;
- Кип'ятіння пивного сусла з хмелем або хмелевими препаратами;
- Освітлення й охолодження пивного сусла

Відповідно до апаратурно - технологічної схеми варильного відділення процес приготування пивного сусла відбувається наступним чином.

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

Зміст затирання полягає в тому, що різні ферменти розщеплюють крохмаль і протеїни відповідно на прості цукри та амінокислоти. На початку затирання лише близько 10-15% екстракту солоду перебуває в розчинній формі. Тому для вивільнення іншої маси екстракту й потрібні ферменти, які були накопичені зерном під час його солодовирощування. Затиранням називають цілеспрямований і планомірний процес переведення екстрактивних речовин солоду і його замінників у розчин під дією ферментів. У вузькому розумінні - це змішування подрібненого солоду з водою, але це не тільки змішування, а ціла система водно-теплової обробки помелу зерно продуктів шляхом нагрівання частин затору до певних температур і витримки 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 затирання - переведення у розчин якомога більше екстрактивних речовин зернопродуктів і приготування сусла бажаного складу.

Схема виробництва пива

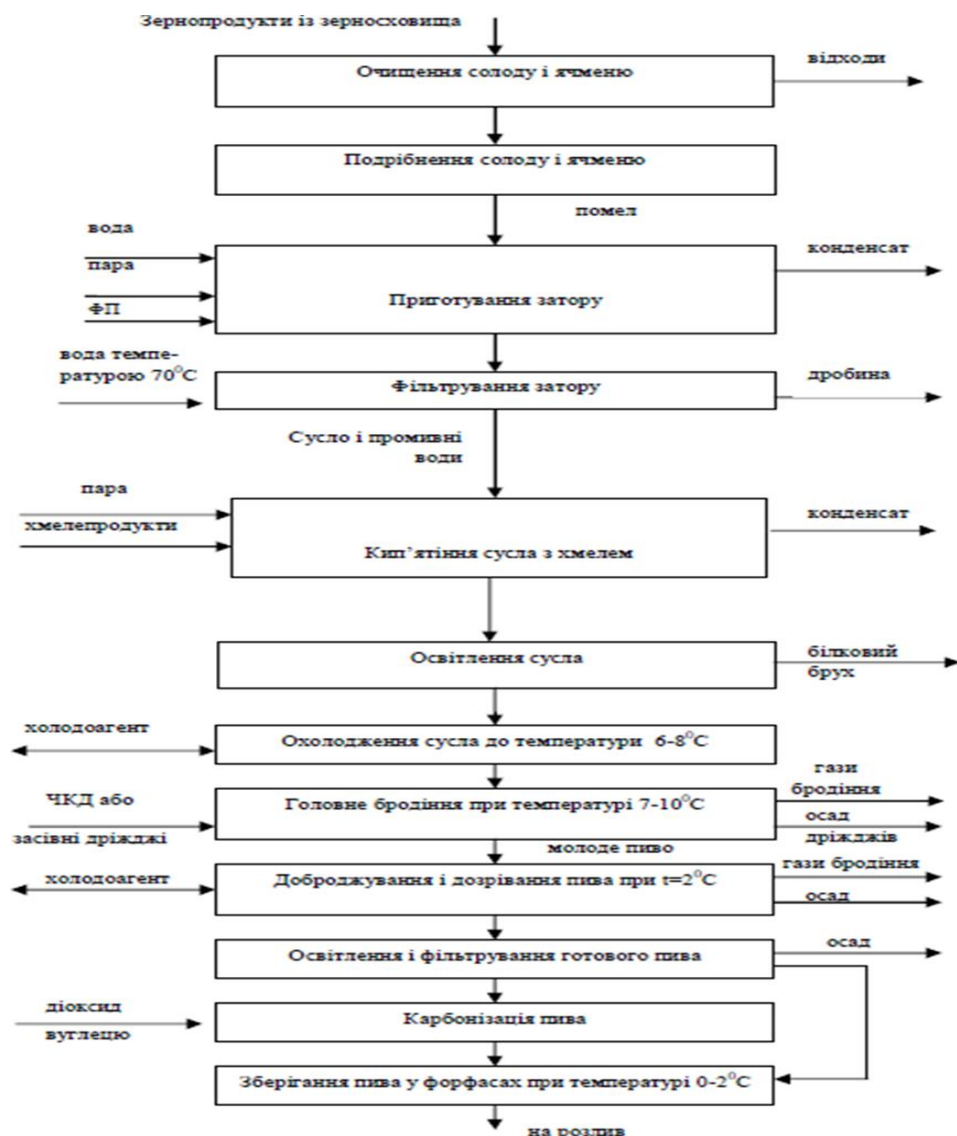


Рис.1.6. Принципова схема технологічного процесу виробництва пива

Відповідно до апаратурно - технологічної схеми варильного відділення процес приготування пивного сусла відбувається наступним чином.

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

Зміст затирання полягає в тому, що різні ферменти розщеплюють крохмаль і протеїни відповідно на прості цукри та амінокислоти. На початку затирання лише близько 10-15% екстракту солоду перебуває в розчинній формі. Тому для вивільнення іншої маси екстракту й потрібні ферменти, які були накопичені зерном під час його солодовирощування. Затиранням називають цілеспрямований і планомірний процес переведення екстрактивних речовин солоду і його замінників у розчин під дією ферментів. У вузькому розумінні - це змішування подрібненого солоду з водою, але це не тільки змішування, а ціла система водно-теплової обробки помелу зерно продуктів шляхом нагрівання частин затору до певних температур і витримки 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 затирання - переведення у розчин якомога більше екстрактивних речовин зернопродуктів і приготування сусла бажаного складу.

На апаратурно-технологічній схемі (рис 3.2) розглянута технологія приготування пивного сусла, яка складається з таких операцій: очистка та подрібнення солоду, приготування затору, фільтрація пивного затору, кип'ятіння сусла з хмелем, освітлення та охолодження пивного сусла.

Рис.1.7 Апаратурно-технологічна схема приготування пивного сусла

Щоб при затиранні дати можливість ферментам солоду впливати на речовини солоду і їх розкласти, солод подрібнюють. Подрібнення солоду проводиться на валкових дробарках поз.1 з кондиціонуванням.

Несолоджену сировину (рисову січку або рис, ячмінь, кукурудзяну січку) з частиною солоду подрібнюють на спеціальному устаткуванні - диспергаторі

/фірми «Ziemann»/ поз.2.

Для приготування пивних заторів встановлено два заторні апарати /поз.4/ та заторно- відварочний апарат /поз.3/ для приготування відварок.

Мета затирання - переведення у розчин екстрактивних речовин із солоду, несоложеної сировини і перетворення під дією ферментів більшої частини нерозчинних речовин у розчині. Речовини, які перейшли в розчин при затиранні, називаються екстрактом.

Особлива увага приділяється оцукрюванню затору. Повноту оцукрювання пивного затору перевіряють йодною пробою: негативне забарвлення йоду свідчить про хорошу якість оцукрювання.

При приготуванні затору потрібно слідкувати за ходом технологічного процесу /температурою, тривалістю витримок, кількістю води на промивку, роботою мішалок і т .д/

Відбір затору на відварки та задача відварок в заторні апарати проводиться за допомоги насосу /поз.5/. Готовий затор нагрівається до температури 77-78°C і перекачується на фільтрацію насосом /поз.6/.

В роботу фільтраційний апарат /поз.7/ запускається автоматично після підігріву затору до температури 77-78°C. Перші порції мутного сусла під час фільтрації пивного затору повертаються назад в апарат. Коли сусло досягне відповідної якості воно подається в збірник сусла

/поз.13/. Коли процес фільтрації сповільнюється то шар дробини розпушується ножами розрихлювача. Після завершення фільтрації дробину на ситах промивають гарячою водою. Промивну воду відкачують в збірник для промивної води

/поз.12/ потім її задають в дробарку для змішування із подрібненим солодом і перекачуванням в заторний апарат.

Солодову дробину вивантажують з фільтраційного апарату гвинтовим насосом /поз.8/ в збірник дробини /поз.9/. Після цього її відвантажують в силос. Для відкачування сулса, промивної води та перших порцій мутного сулса встановлено два насоси /поз.10,11/.

При фільтрації пивного затору слідкують за якістю фільтрації (мутністю, швидкістю фільтрації, тиском під фільтраційними ситами, роботою розпушуючого механізму, роботою фільтраційних насосів, температурою і кількістю води на вилужування дробини, закачкою білкового відстою).

Із збірника відфільтроване пивне сусло перекачується в суловарильний апарат /поз.19/ насосом /поз.15/ через теплообмінник підігрівання сулса установки повторного використання теплової енергії (енергоустановки) поз.16. З початком перекачки відфільтрованого

пивного сулса із збірника в суловарильний апарат, необхідно зважити та закласти в бачки необхідну кількість хмелепродуктів та інших добавок, згідно режиму задачі і кількості для конкретного сорту пива. Для відкривання бачків для хмелю/поз.20/ необхідно скинути в них тиск. Перед закладкою хмелевих продуктів в бачки для хмелепродуктів необхідно їх (хмелепродукти) підготувати. Із банок з хмелевим екстрактом витерти фарбу (напис кількості а-кислоти в банці, її вагу) за допомогою разових паперових серветок. Після цього банку пробити спеціальним пристосуванням та покласти її (банку) в бачок для хмелепродуктів.

Для примусового перемішування сусла в сусловарильному апараті передбачено насос /поз.17/ який відбирає порції сусла і повертає їх назад в апарат. Також на цьому трубопроводі встановлено кран для відбору проб.

Для приготування розчину хмелю відбирається певна кількість сусла і подається в бачок насосом /поз.21/. Розчин хмелю повертається в сусловарильний апарат.

Для освітлення охмеленого пивного сусла воно подається в гідроциклонний апарат – Вірпул. Подача охмеленого пивного сусла у Вірпул /поз.24/ проводиться насосом /поз.18/. Подача гарячого охмеленого сусла у апарат відбувається тангенційно, що забезпечує рух продукту в середині апарату.

З часом по центру апарату утворюється білковий осад. В основному він складається з білку, який коагулюється в сусло варильному апараті.

Освітлене пивне сусло відводиться через відповідні патрубки і подається насосом /поз.25/ на теплообмінник /поз.26/ де охолоджується і направляється в бродильне відділення. Осад який утворився у гідроциклонному апараті змивається спеціальним пристроєм і відводиться в збірник відстою /поз.22/.

Потім цей осад використовується при фільтрації, у фільтраційний апарат він подається насосом /поз.23/.

Солододробарка для мокрого подрібнення солоду (рис. 2.9) складається з бункера 2: зрошувача 1, змішувача 11, дозуючого валика 3, корпусу 7 дробарки,

пари рифлених валків 4, вентилів 9, 10, дискових валиків 8, насоса 6 і триходового крана 5. Обладнання для мокрого дроблення солоду, як правило, повністю автоматизоване, працює за заданою програмою. Зазор між валками становить 0,35-0,4 мм.

Солододробарка працює наступним чином. Певна кількість очищеного солоду, відповідне одноразовому засипу, завантажують в

бункер, після чого через вентиль 10 в зрошувач і корпус дробарки подають теплу воду з температурою 25-50 °С. Подачу води в установку припиняють після досягнення рекомендованого співвідношення - на 100 кг солоду витрата води становить 75 л.

У міру накопичення в нижній частині корпусу води включають насос і валки.

Зволоження солоду в бункері здійснюють за рахунок циркуляції води за допомогою насоса протягом 10-20 хв.

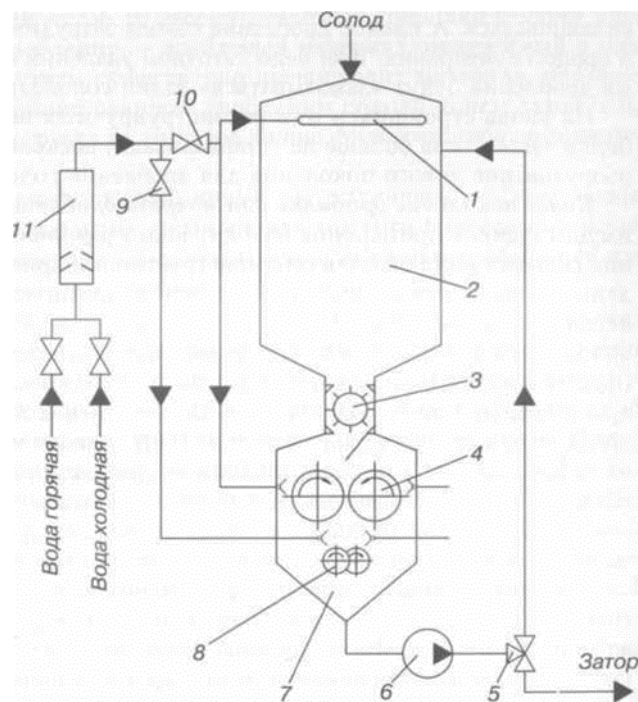


Рис.1.8. Принциповий пристрій солодробарки для мокрого подрібнення солоду: 1- зрошувач; 2 - бункер; 3 - дозувальний валик; 4 - валки; 5 -

триходовий кран; 6 - насос; 7- корпус; 8- дискові валики; 9 - вентиль; 10 - вентиль; 11- змішувач

Після досягнення необхідної вологості валки і насос зупиняють, а солод залишають на деякий час (5-10 хв.) в стані спокою для зливу

залишків води. У воді накопичується -1% екстрактивних речовин, тому її насосом перекачують у заторний апарат.

Для подачі зволоженого солоду на валки приводять в рух дозуючий валик. Одночасно починають обертатися назустріч один одному валки, здійснюється подача теплої води через вентиль для зрошення розмолотого солоду, і приводяться в рух дискові валики, які сприяють кращому відділенню оболонок від борошнистої частини солоду. Тривалість подрібнення 25-35 хв. Подрібнений солод, змішаний з водою, у вигляді пульпи збирається в нижній, конічній частині корпусу дробарки і перекачується насосом в заторний апарат.

По закінченні подрібнення порції солоду видаляють шляхом ополіскування бункера, валків і корпусу дробарки теплою водою, що подається через вентиль. Промивну воду із залишками подрібненого солоду перекачують насосом в заторний апарат. Час ополіскування становить 5-10 хв. Сучасна дробарка для мокрого подрібнення (рис.2.10) з торговою маркою Vriomill, що випускається машинобудівним підприємством Steinecker (Німеччина), що входить в групу Krones, складається з приймального бункера 1, камери зволоження 3, дозуючих валків 2,4, заторного насоса 5, перемішуючого пристрою 6, дробильних валків 7, і корпусу дробарки 8.

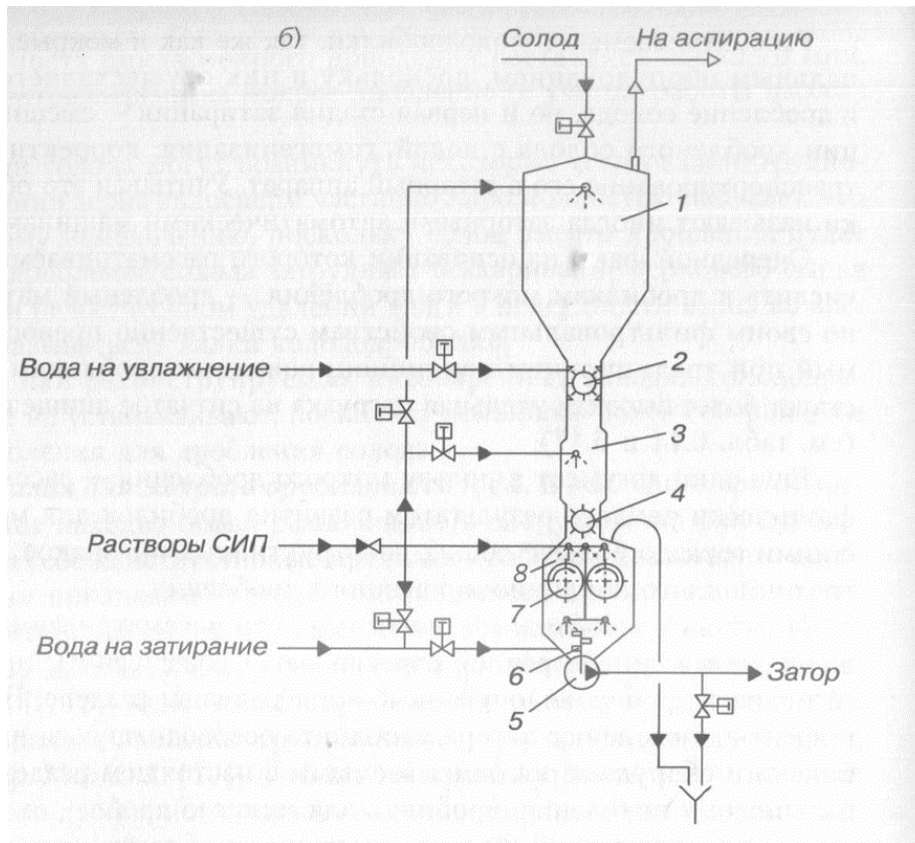


Рис. 1.9. Дробарка мокрого подрібнення марки Vriomill

Дозуючі валики оснащені індивідуальними приводами з регуляторами частоти.

Частотою обертання нижнього дозуючого валика визначається продуктивність дробарки. Верхній дозуючий валик, незалежно від нижнього, безперервно управляється датчиком рівня. З його допомогою забезпечується тривалість перебування солоду в камері зволоження в залежності від обраного рівня. Крім того, верхній валик компенсує коливання потоку, що викликаються, з одного боку, різко мінливим змістом пилу, а з іншого, - зміною тиску зерна при спорожненні бункера, розташованого над дробаркою. Така злагоджена спільна робота двох дозуючих валиків дозволяє забезпечити оптимальний час зволоження при постійній продуктивності дробарки.

Камера зволоження оснащена системою для подачі і рівномірного розподілу води, пристроєм для відділення краплинної рідини з поверхні зерна і мийними головками для безрозбірної автоматизованої мийки.

У корпусі дробарки встановлена пара валків зі спеціальним напиленням. Валки мають рифлену поверхню, причому рифлення виконано під кутом до осі. Після вироблення ресурсу, який складає, як правило, не менше 2000 год, поверхня валків піддають відновленню (до 20 разів). Валки встановлені на регульованих опорах у вологозахищеному виконанні. Під кожним з валків встановлено спеціальний, індивідуально настроюється скребок для кращого відділення дробленого матеріалу з поверхні валка. Дробарка оснащена регулюючим пристроєм для автоматичної, безступінчатим, точної установці зазору між валками. Кожен з дробильних валків оснащений індивідуальним приводом з регульованою частотою обертання.

У деяких модифікаціях дробарок під дробильними валками розташовують додаткову пару ідентичних валків. У цьому випадку продуктивність дробарки може бути збільшена до 25%, а ресурс валків потроєний.

Під дробильними валками розташована камера змішувача, призначена для змішування подрібненого солоду з водою і отримання однорідної заторної

маси - бескомкового затору. Корпус камери змішувача має призматичну форму з вершиною, орієнтованої вниз. У нижній частині камери змішувача на фланцях укріплений заторний насос відцентрового типу, причому робоче колесо насоса зорієнтовано горизонтально. Спеціальна конструкція заторного насоса характеризується новою геометрією лопатей і корпусу, завдяки чому його коефіцієнт корисної дії підвищується приблизно на 40% в порівнянні з типовими насосами. Крім того, це позначається на зниженні споживаної потужності

електроприводу. Завдяки застосуванню черв'ячної передачі насос легко справляється навіть із затором, що має дуже високу в'язкість, що потрібно, наприклад, при приготуванні початкового сусла з підвищеною концентрацією (до 24%), і витримує більш високу температуру.

У камері змішувача розташована лопатева, або шнекова мішалка, з'єднана з валом насоса, і автоматично підтримується постійний рівень заторної маси для запобігання захоплення заторний насосом повітря. Привід заторного насоса оснащений регулятором частоти, що дозволяє змінювати подачу при транспортуванні затору з камери змішувача. У двох протилежних стінках змішувальної камери, розташованих з боків торців дробильних валків, приварені штуцери для підведення води, призначеної для приготування затору. Кожен з штуцерів оснащений спеціальним розподільним пристроєм, завдяки якому одна частина води подається безпосередньо під дробильні валки, а інша прямує по стінці камери змішувача. При проходженні дробленого солоду через шар розбризкуваної води він рівномірно зволожується. Дробарка оснащена електронною захистом від переповнення, автоматичними витратоміром, регулятором температури та ін. Дробарка управляється за заданою програмою спільно з обладнанням варочної установки.

Установка мокрого подрібнення (із замочним кондиціонуванням) діє таким чином (рис. 2.11 а, б)).

У бункер для солоду (1) попередньо зважена засип солоду засипається в сухому вигляді, а в шахті для замочного кондиціонування (2) безперервно забезпечується контакт солоду з теплою водою протягом близько 60 с (3). Температура води, що подається на замочування, може вибиратися добровільно (зазвичай вона становить 60-70 ° С). Так як поглинання води зі збільшенням температури проходить швидше, то даний процес слід контролювати і регулювати. У наведеному прикладі регулювання виконують за допомогою живильного валика (4) дробарки.

За рахунок спеціального рифлення пари подрібнюючих вальців (5) вологість оболонки зберігається, а вміст зерна подрібнюється.

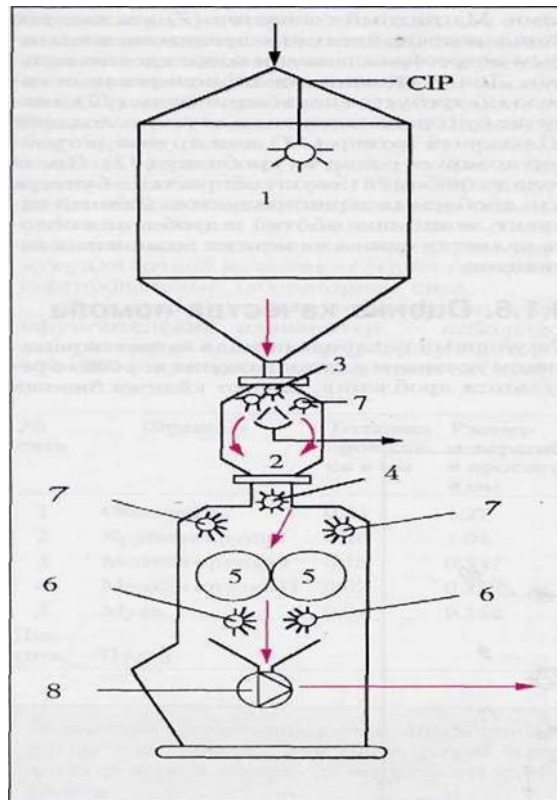


Рис. 1.10. Установка мокрого подрібнення (схема)

- 1 – бункер для солоду;
- 2 – шахта для замочного кондиціювання; 3 – подача води;
- 4 – живильний валок; 5 – валок дробильний;
- 6 – зрошувальні форсунки; 7 – промивні форсунки;
- 8 – заторний насос



Рис. 1.11. Установка мокрого подрібнення

Потім помел за допомогою зрошувальних форсунок (6) перемішується з водою, температура якої дорівнює температурі початку затирання, і розташованим знизу насосом (8) затор перекачується в заторний апарат. Насос регулюють так, щоб у процесі подрібнення дробарка ніколи не опинялася б порожньою (що виключає небезпечне насичення затору киснем).

Живильний валик також має велике значення: він повинен подати необхідну кількість солоду, розподіливши його по всій довжині вальців. Для цього він забезпечений плавно регульованим приводом, що забезпечує обертання зі швидкостями від 25 до 138 об/хв. Шахту для мокрого кондиціонування та дробарку виготовляють з нержавіючої сталі для можливості їх оптимальної мийки розчинами СІР.

У дробарок мокрого подрібнення час подрібнення є одночасно часом стадії початку затирання, так як у них немає проміжного бункера для помелу.

Висновки

Сучасний аналіз свідчить що підприємство в галузі сучасної промисловості необхідно проводити посилений моніторинг проблем свого розвитку і активно реагувати на зміни в економіці. Так наприклад, сировинну проблему можна вирішувати шляхом розбудови та модернізації існуючих, та побудови нових підприємств по переробці злакових культур на солод та виробництва. Сучасний Український ринок споживання напоїв суттєво залежить від рівня життя населення, його економічної спроможності, втілення нових технологій та сучасного обладнання у виробництво що забезпечить зниження вартості кінцевої продукції, розширить асортимент.

Технологія пивоваріння – є складним і довготривалим технологічним процесом. Спочатку злакову культуру миють, замочують, піддають пророщенню і висушуванню з метою отримання пивоварного солоду збагаченого різними ферментами. Надалі подрібнений солод піддають ферментації та отримують пивне сусло. В подальшому до останнього додають пивні дріжджі і передають на головне бродіння та подальше доброджування.

Потім із подрібненого солоду в результаті ферментативних перетворень крохмалю та білків одержують пивне сусло, яке за допомогою дріжджів та їхніх ферментів зброджують на пиво.

Наша країна має розвинену, потужну сільсько-господарську індустрію, сприятливі умови для пророщування злакових культур та хмелю , як наслідок, наша держава має потужний потенціал у виробництві власної сировини а також експортного потенціалу.

2 Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження

Процес мокрого подрібнення солоду в установці типу MILLSTAR обраний як об'єкт дослідження, оскільки ця технологія зарекомендувала себе як одна з найбільш ефективних для пивоварної промисловості. Застосування методу мокрого подрібнення з попереднім кондиціонуванням, який реалізується у MILLSTAR, має значну перевагу у порівнянні з іншими методами, оскільки в закордонному виробництві він продемонстрував високі результати практично в усіх аспектах виробничого процесу.

Установка MILLSTAR поєднує переваги традиційних методів сухого та мокрого подрібнення, що дозволяє досягти високої якості пивного сусла при збереженні оптимальних параметрів подрібнення. Однією з основних переваг цього методу є те, що оболонки зерна зберігаються майже повністю, а ендосперм подрібнюється таким чином, щоб максимально ефективно виконати свою роль у подальшому процесі пивоваріння. Така технологія має вирішальне значення для процесу пивоваріння, адже дозволяє отримати високоякісне сусло, що безпосередньо впливає на смакові та ароматичні властивості пива.

Особливість технології MILLSTAR полягає в тому, що застосовується метод щадного подрібнення, що дозволяє значно підвищити якість пивного сусла, забезпечуючи максимальний перехід екстракту в розчин та оптимальні умови для подальшої фільтрації. Це дає змогу не лише покращити завантаження фільтраційного апарату, а й знизити ймовірність окислення продукту, що може негативно позначитися на кінцевому якості пива.

Для досягнення цього ефекту використовують дробарку мокрого подрібнення солоду, яка забезпечує ефективне і рівномірне подрібнення зерна до необхідного розміру. Процес затирання є важливим етапом,

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якимчук М. В.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Білобров І. С.	Назва, додаткова назва Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження	221852.KP.01.002 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М. В.		№ змін	Дата видання	Мова UA	Аркуш

оскільки ферменти солоду повинні розкласти його складові на прості

компоненти. І саме якісне подрібнення забезпечує кращу доступність цих компонентів для ферментативної активності, що, у свою чергу, покращує процес бродіння та якість пива.

Цей процес, завдяки своїм особливостям і перевагам, дозволяє досягти оптимальних результатів в умовах промислового виробництва пива, що робить метод мокрого подрібнення в установці MILLSTAR найбільш перспективним для пивоварної індустрії. Процес подрібнення солоду в пивоварному виробництві є важливим етапом, який впливає на якість кінцевого продукту. Основна мета подрібнення – це максимальне розкриття внутрішніх компонентів зерна, що сприяє ефективному екстрагуванню корисних речовин, таких як цукри та амінокислоти, які використовуються для бродіння. Однак важливо зберегти оболонки зерна, оскільки вони виконують важливу функцію під час фільтрації затору, забезпечуючи ефективне видалення непотрібних залишків і створення фільтруючого матеріалу. Для досягнення цієї мети в пивоварних виробництвах часто використовують дробарки мокрого подрібнення, які подрібнюють зерно між парою валків, при цьому зберігаючи оболонки та ефективно розкриваючи вміст зерна.

Перед тим як потрапити в дробарку, солод проходить через спеціальну камеру кондиціонування, де зерна звожуються для того, щоб забезпечити більш еластичний стан оболонок. Це дозволяє зменшити механічні пошкодження зерна і, в той же час, сприяє більш рівномірному розподілу вологи, що є необхідним для ефективного процесу подрібнення. В результаті цього зволоження оболонки зерна залишаються майже цілими, а вміст зерна, тобто ендосперм, подрібнюється до потрібного стану, що дозволяє оптимізувати подальші етапи пивоваріння.

Особливою перевагою дробарки, виготовленої фірмою Хупман під маркою «MILLSTAR», є її здатність мінімізувати пошкодження оболонки солоду під час подрібнення. Це забезпечує більш високий рівень фільтрації затору, що є ключовим для отримання високоякісного пивного сусла. Крім того, така дробарка знижує запиленість у приміщенні, що є важливим фактором для підтримки комфортних умов праці. Також значною перевагою є те, що оскільки солод подрібнюється у вологому вигляді, зникає ризик займання зернопродуктів, що може стати серйозною небезпекою при використанні сухих методів подрібнення. Зниження рівня шуму також позитивно позначається на загальних умовах праці у пивоварному цеху.

Основною метою процесу подрібнення є створення найкращих умов для того, щоб вода, яка додається під час затирання, могла ефективно взаємодіяти з фракціями солоду. Це сприяє розчиненню розчинних компонентів, таких як цукри, та перетворенню нерозчинних компонентів у розчинні. Цей процес є необхідним для забезпечення максимально можливого переведення екстракту з солоду у пивне сусло, що є основою для бродіння та отримання пива.

Дробарка «MILLSTAR», зображена на рис. 2.1, складається з корпусу, виготовленого з прямокутного профілю та листової сталі. Вона оснащена спеціальною камерою кондиціонування, яка розташована над основною дробаркою. Ця камера призначена для того, щоб зволожити солод перед подрібненням, що є важливим етапом підготовки зерна до подрібнення. Камера зволоження з'єднана з основною дробаркою через фланцеве з'єднання і підключена до системи подачі теплої води, що забезпечує необхідний рівень вологості зерна.

Після того як солод проходить через камеру кондиціонування, він рівномірно подається на дробильні валки через живильний валок, що розташований між камерою кондиціонування та дробаркою. Цей валок приводиться в рух мотор-редуктором і спирається на підшипникові опори.

Кожен з дробильних валків має свій привід, що складається з електродвигуна та клинопасової передачі, що дозволяє точно контролювати процес подрібнення. Після того як солод подрібнюється, він змішується з заторною водою і за допомогою заторного насоса, що розташований у нижній частині дробарки, перекачується на затирання. Заторний насос приводиться в рух електродвигуном через поліклинову передачу, що забезпечує стабільну і ефективну подачу суслу до наступних етапів пивоварного процесу.

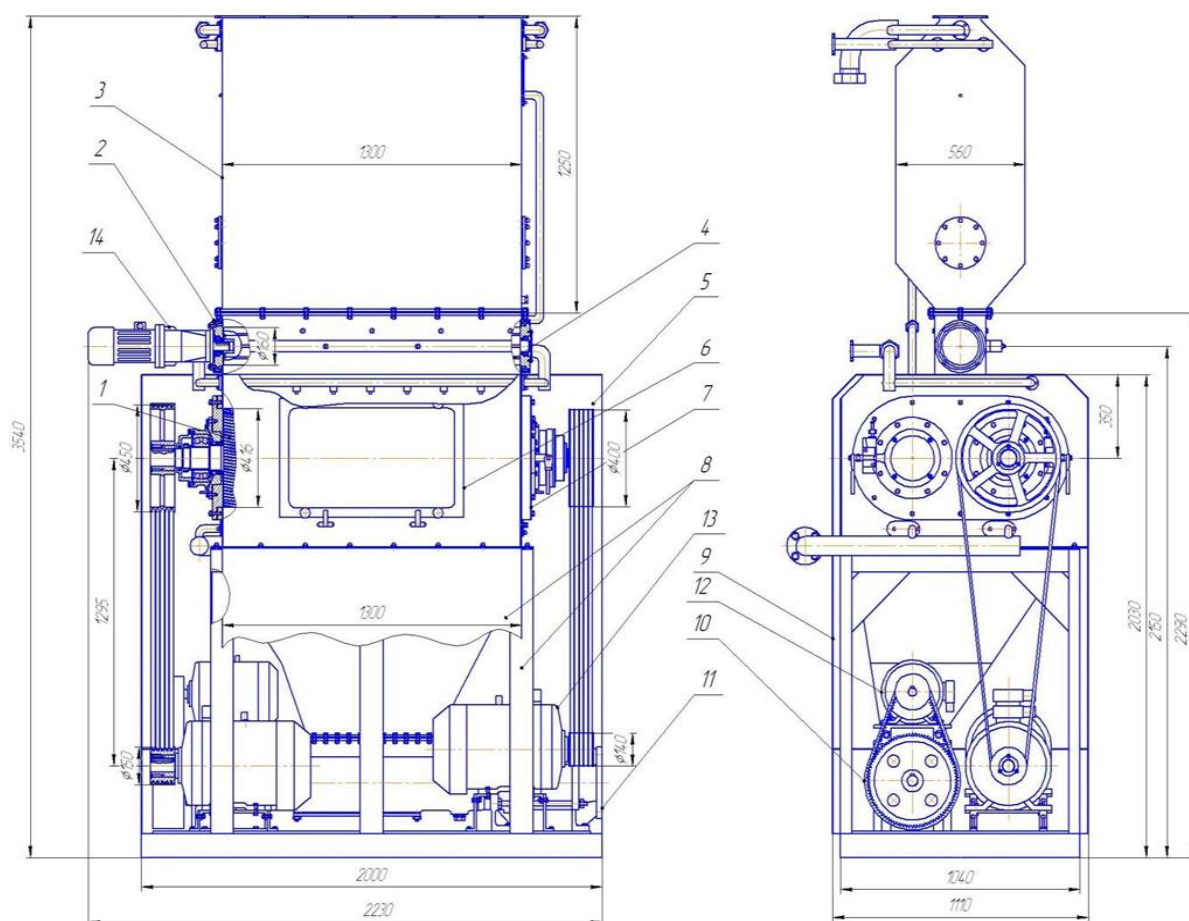


Рис. 2.1. Конструкція дробарки «MILLSTAR»

Установка мокрого подрібнення солоду працює як комплексна система, де кожен етап тісно пов'язаний з іншими, і всі процеси спрямовані на досягнення високої ефективності та оптимальної якості продукту. Спочатку солод завантажується в накопичувальний бункер, який знаходиться

безпосередньо над дробаркою. Цей бункер вміщує кількість солоду, необхідну для однієї варки, і передає його до шахти кондиціонування. Після цього солод піддається процесу кондиціонування, в якому використовується проточна тепла вода з температурою від 50 до 76 °С. Така температура є оптимальною для того, щоб оболонка солоду стала еластичною, а сам солод підготувався до подрібнення. Процес кондиціонування має велике значення, оскільки він не тільки підвищує еластичність оболонки зерна, а й покращує процеси подрібнення та подальшої екстракції в пивоварінні.

Після того, як солод піддається кондиціонуванню, він подається на пару рифлених валків, які обертаються в протилежних напрямках, що дозволяє механічно подрібнити зерна. Важливо, що на ці валки подається додаткова вода, температура якої регулюється для досягнення потрібних умов для затирання. Це забезпечує стабільність і рівномірність процесу, що є необхідним для подальшої обробки солоду в заторі. Подрібнений солод змішується з водою в заторній камері дробарки, де температура підтримується в межах 45-63°С. Після цього суміш за допомогою гвинтового насоса переноситься у заторний апарат, що дозволяє продовжити пивоварний процес.

Продуктивність валкового дозатора, що подає зволожений солод на валки, контролюється автоматично, і залежить від електричного струму, споживаного електродвигунами дробильних валків. Зміна струму прямо впливає на оберти валків. Коли споживаний струм менший за 35 А, швидкість обертання валків збільшується, що призводить до кращого подрібнення, а при перевищенні 35 А, оберти зменшуються, що дає змогу регулювати інтенсивність подрібнення в залежності від потреби. Це дозволяє забезпечити стабільність процесу та точний контроль над виробництвом пивного суслу.

Після завершення процесу подрібнення, коли накопичувальний бункер і шахта кондиціонування звільняються від солоду, проводиться ретельне

очищення всіх елементів установки. Це включає промивку бункера, валків та трубопроводів, що дозволяє запобігти накопиченню залишків затору та підтримує високі стандарти гігієни на виробництві. Спеціальний "бойпас" використовується для того, щоб вода з змішувача подавалася для очищення трубопроводів, після чого залишки затору викачуються в заторний апарат для подальшого використання.

Аналіз конструкції дробарки показав, що однією з проблем є нерівномірна подача води на подрібнюючі валки, що може негативно позначитися на якості зволоження солоду. Для усунення цього недоліку було запропоновано оснастити дробарку форсунками для рівномірного розпилення води на валках. Це дозволить покращити зволоження та рівномірність подрібнення. Крім того, було розглянуто можливість установки меншого шківів на одному з дробильних валків. Це забезпечить різні частоти обертання валків, що позитивно вплине на якість помелу, дозволяючи зберегти оболонки солоду цілісними, що є важливим для подальшого процесу фільтрації пивного затору. Така оптимізація конструкції дробарки допоможе досягти більш високої ефективності та поліпшити якість кінцевого продукту, що має важливе значення для виробництва пива високої якості.

3 Дослідна частина та узагальнення результатів

Темою магістерської роботи є дослідження процесу подрібнення пивоварного солоду в установці мокрого подрібнення.

Метою даної роботи є удосконалення процесу мокрого подрібнення пивоварного солоду з метою отримання якісного подрібненого матеріалу, скорочення і покращення умов процесів затирання і фільтрування пивного затору, і в подальшому - отримання продукту високої якості.

Завдяки впровадженню нових технологій інтенсифікуються технологічні процеси, зменшуються витрати палива та електроенергії, збільшується вихід кінцевого продукту, зменшуються трудові затрати та покращується якість продукції.

Актуальність роботи

Якість кінцевого продукту (пива) значною мірою залежить від підготовки сировини, а саме від якісного подрібнення зернопродуктів

Оптимальний помел останніх повинен забезпечити максимально можливий вихід екстракту і досить високу швидкість фільтрування суслу.

Процеси подрібнення матеріалів є важливими, і зустрічаються у різних галузях переробного виробництва. Дисперсність матеріалів (ступінь подрібнення) багато в чому визначає інтенсивність протікання найрізноманітніших технологічних процесів і впливає на якісні характеристики продуктів. Тому створення нових високоінтенсивних технологій, орієнтованих на останні досягнення науки і техніки, змушує

Відповідальна організація <i>НУХТ</i>	Технічне узгодження <i>Якимчук М. В.</i>	Вид документа <i>Пояснювальна записка</i>	Статус документа			
Власник документа <i>НУХТ</i>	Розробник документа <i>Білобонд І С</i>	Назва, додаткова назва <i>Дослідна частина</i>	<i>221852.KP.01.003 ПЗ</i>			
	Документ затверджено <i>Якимчук МВ</i>		№ змін	Дата видання	Мова <i>UA</i>	Аркуш

пред'являти підвищені вимоги до ступеня подрібнення подрібненого матеріалу. Рішення цієї складної задачі неможливе без цілеспрямованого пошуку нових способів і конструкцій апаратів на основі наукового обґрунтованого підходу до процесу подрібнення.

В зазначених умовах, розв'язання цієї проблеми є актуальним і досить перспективним. Вибір методу диспергування матеріалів комбінуванням традиційних способів подрібнення з дією дотичних напружень, що виникають в несучій рідині, не випадковий. У цьому випадку рідина служить в якості диспергуючого середовища, що сприяє розосередженню частинок матеріалу і протидіє їх повторному злипанню. Інша особливість мокрого подрібнення - поява рідини дотичних напружень, які стають, поряд з різанням, одними з основних факторів процесу та сприяють підвищенню ступеня подрібнення. Втімне зниження міцності подрібнюваного зерна посилюється рідиною, яка проникаючи в мікротріщини, екранує сили, що прагнуть їх зімкнути.

Новизна роботи полягає у тому, що в ній визначено та обґрунтовано методику оптимального процесу мокрого подрібнення пивоварного солоду в установці мокрого подрібнення з високим виходом екстракту.

Задачі роботи:

- розробити фізичну модель процесу подрібнення на подрібнюваний матеріал в установці;
- розробити математичну модель процесу мокрого подрібнення;
- проаналізувати інженерну методику розрахунку конструктивно-технологічних параметрів установки;
- провести експериментальні дослідження по мокрому помелу сировини в установці і перевірити адекватність результатів;
- вивчити вплив факторів на процес технологічних чинників;

- розробити рекомендації щодо впровадження результатів досліджень у виробництво.

Об'єкт та методика досліджень

В якості об'єкту досліджень обраний процес мокрого подрібнення солоду в установці мокрого подрібнення – MILLSTAR. Метод подрібнення з замочним кондиціонуванням в установці MILLSTAR найкращим чином зарекомендував себе у закордонному виробництві на практиці. Установа MILLSTAR об'єднує переваги традиційних методів сухого і мокрого подрібнення. Оболонки зерна при цьому методі майже повністю зберігаються, у той же час забезпечується оптимальний розміл ендосперму. Для процесу пивоваріння та якості пива це надає вирішальні переваги.

Завдяки унікальному процесу щадного подрібнення MILLSTAR вносить вагомий внесок у високу якість отриманого пивного сусла. Замість тонкого подрібнення зерна використовується метод подрібнення, який забезпечує максимальний перехід екстракту в розчин і оптимальне вимивання екстракту в фільтраційному апараті. Це, в кінцевому рахунку, дозволяє не тільки більш високе завантаження фільтраційного апарату. За рахунок меншої площі поверхні і швидкої обробки, подрібнене зерно, крім того, менше піддається реакції окислення, які негативно впливають на якість пива.

Для подрібнення солоду використовується дробарка мокрого подрібнення солоду. Щоб при затиранні надати можливість ферментам солоду впливати на речовини солоду і їх розкласти, солод подрібнюють.

Подрібнення – це процес механічного подрібнення при якому потрібно по мірі можливості зберегти оболонки для використання їх як фільтруючого матеріалу при фільтруванні затору. В дробарках мокрого

подрібнення солод подрібнюється між парою дробильних валків (віджимних). Але перед подрібненням солод проходить камеру для кондиціонування. За рахунок спеціального рифлення пари подрібнюючих валків вологі оболонки зберігаються, а вміст зерна подрібнюється.

Дробарка фірми Хупман «MILLSTAR» менше пошкоджує оболонки солоду, що дає кращий фільтраційний прошарок при фільтрації затору. Також зменшується запиленість приміщення, в якому вона стоїть. Оскільки солод подрібнюється у мокрому вигляді то можливість займання зернопродуктів зникає. А зниження шумності покращує умови праці.

Отже, метою подрібнення являється створення найбільш сприятливих умов для дії води на фракції помелу і тим самим забезпечити швидке розчинення речовин та перетворення нерозчинних речовин у розчинні, тобто забезпечити максимальне переведення екстракту солоду у розчин – пивне сусло.

Дробарка зображена рис. 3.1 і представляє собою корпус 8 який зварено з прямокутного профілю і листової сталі. Над дробаркою встановлено камеру кондиціонування 3 для того щоб зволожити солод перед подрібненням. Вона кріпиться до дробарки за допомогою фланців. До камери кондиціонування підводиться комунікація для подачі теплої води. Камера кондиціонування за допомогою фланцевого з'єднання зверху з'єднана з накопичувальним бункером для солоду. В бункер відважується солод на одну варку за допомогою ваг порційної дії. Зволожений солод рівномірно подається на дробильні валки 1 за допомогою живильного валка 4, який розташований між камерою кондиціонування і дробаркою. Живильний валок спирається на підшипникові опори 2 і приводиться в рух за допомогою мотор-редуктора 14.

Зволожений солод потрапляє на дробильні валки 1 та подрібнюється. Дробильні валки спираються на підшипникові опори 7. Кожен валок має

свій привід який складається з електродвигуна 13 та клинопасової передачі 5. Електродвигуни встановлюються в нижній частині дробарки.

Подрібнений солод змішується з заторною водою і за допомогою заторного насоса 11 перекачується на затирання. Заторний насос розташований в нижній частині дробарки та приводиться за допомоги поліклинової передачі 10 та електродвигуна 12. Електродвигун встановлюється на заторному насосі. Клинопасові передача закривається кожухом 9. Огляд валків забезпечує оглядове вікно 5.

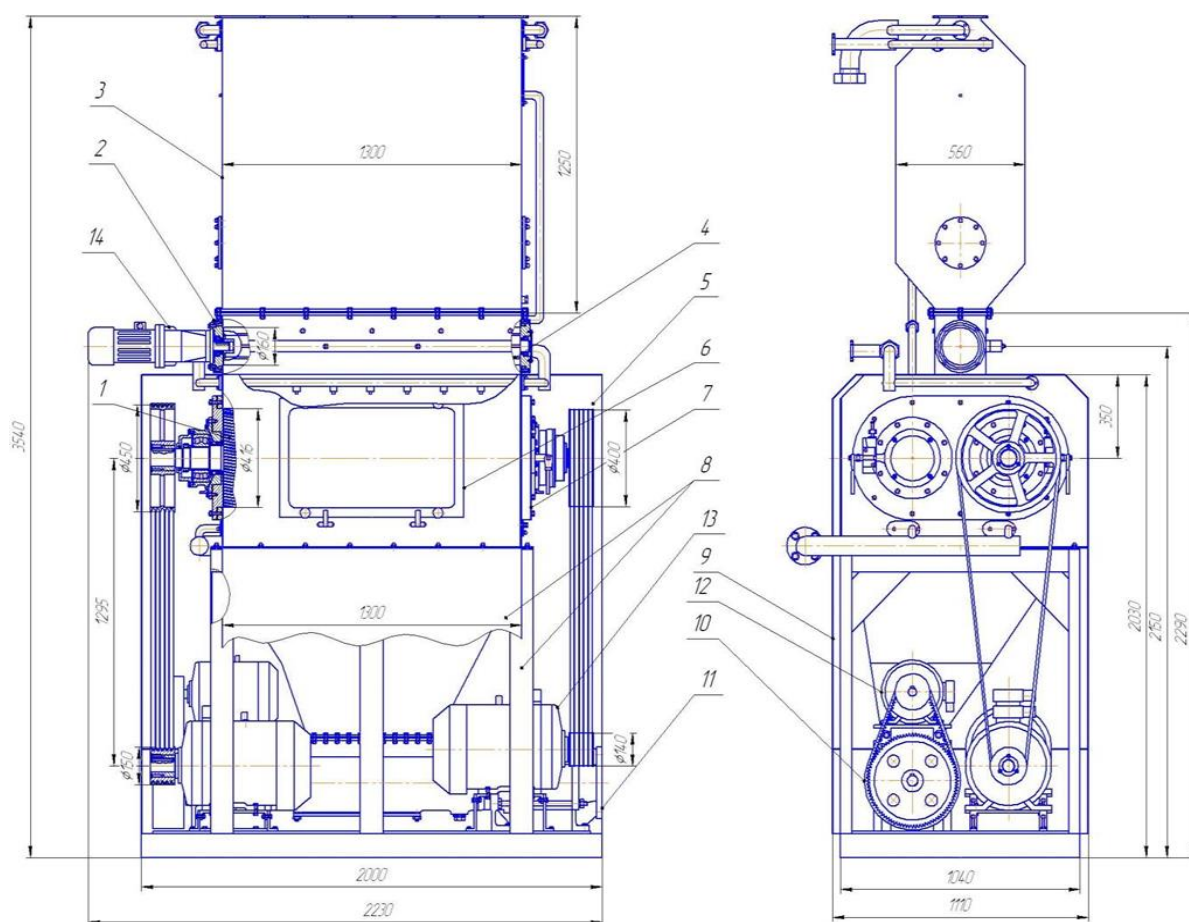


Рис 3.1 Установа для мокрого подрібнення солоду

Установа працює наступним чином. Солод набирається в накопичувальний бункер який розташований над дробаркою (на одну варку) і заповнює шахту кондиціонування. В системі м'якого кондиціонування солод змочується проточною теплою водою

(температурою 50-76о С), завдяки чому становиться еластичною їх оболонка (лузга). Солод разом з водою валковим дозатором подається на пару рифлених валків, які обертаються назустріч один одному. На валки додатково подається вода з температурою необхідною для затирання. В заторній камері дробарки подрібнений солод змішують з водою при температурі 45-63 оС і одночасно викачують суміш гвинтовим насосом в заторний апарат. Продуктивність роботи валкового дозатора регулюється автоматично і залежить від струму, який споживають електродвигуни дробильних валків. Заданий струм, який повинні споживати електродвигуни дробильних валків, повинен складати:

для дробарок продуктивністю 20 т/год - 30-35А. При струмі менше 35А (57А) електродвигун валкового дозатора збільшує оберти, а при струмі більше 35А (57А) навпаки зменшує. Дане регулювання відбувається при роботі дробарки як в автоматичному так і в ручному режимах.

Після закінчення процесу подрібнення (звільнення від солоду накопичувального бункера і шахти кондиціонування) проводиться промивка всієї дробарки, починаючи з накопичувального бункера. Після закінчення промивок, через "бойпас" проводиться видавлювання залишків затору із трубопроводу в заторний апарат і доведення кількості води на затирання до заданого. «Бойпас» - трубопровід по якому подається вода із змішувача в трубопровід перекачування затору в заторні апарати.

Результати аналізу конструкції дробарки, її роботи дозволили виявити наступні недоліки. Так, встановлено, що подача води на подрібнюючі валки здійснюється нерівномірно. З метою усунення даних недоліків було запропоновано установити форсунки для розпилення води на поверхні валків, що дасть можливість покращити якість зволоження солоду.

Також було запропоновано з метою кращого подрібнення солоду встановлення меншого шківа на одному з дробильних валків, що забезпечить різну частоту обертання валків.

Це позитивно вплине на якість помелу (дасть можливість зберегти оболонку цілісною), та в подальшому на процес фільтрування пивного затору.

Принцип дії MILLSTAR виглядає наступним чином: спочатку сухий і очищений солод за короткий час рівномірно проходить через ділянку кондиціонування. За цей час вміст води в лущинні підвищується приблизно до 18 – 20 %. За рахунок цього вона набуває необхідну пружність, щоб повністю відокремитися від зерна. Сам ендосперм при цьому залишається сухим. Таким чином створюються найкращі умови для оптимального подрібнення та високого виходу екстракту.

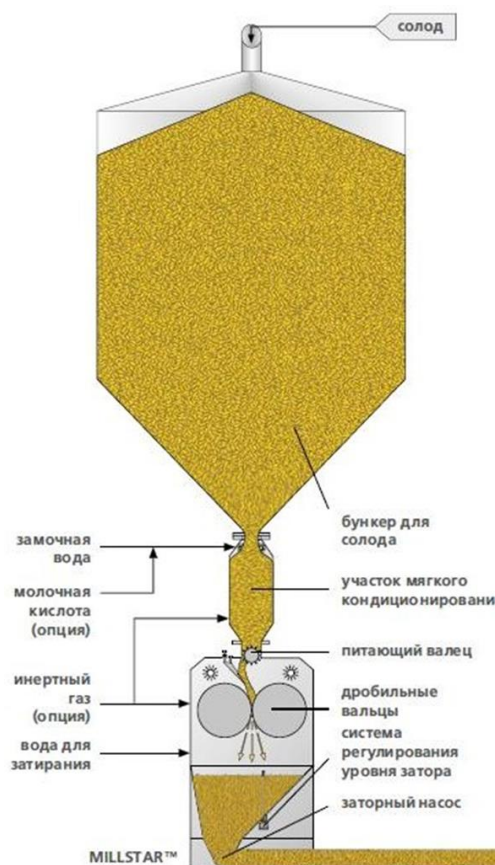


Рис. 3.2 – MILLSTAR

Ендосперм видавлюється з лушпиння і оптимально подрібнюється дробильними вальцями. При цьому автоматична система підтримки якості самостійно регулює продуктивність з урахуванням властивостей солоду і таким чином компенсує коливання якості сировини. Регулювання продуктивності вальців і часу кондиціонування здійснюється в залежності від крихкості солоду, що подається. Подрібнення більш твердих партій солоду відбувається повільніше, внаслідок чого вони вбирають більше води на ділянці кондиціонування. Незалежно від якості зерна, якість подрібнення завжди оптимальна.

Переваги замочного кондиціонування. На ділянці 1 /рис.3.3/ кондиціонування зерно рівномірно зволожується водою. В кінці цієї операції вміст води в лушпинні становить приблизно 18 – 20 %. Волога лузги має необхідну пружність, щоб не руйнуватися при подальшому подрібненні. Сам ендосперм залишається крихким і сухим. Конструкція дробильних вальців забезпечує тривалий контакт зерна в зоні подрібнення і запобігає руйнуванню лушпиння під впливом зрізувальних сил 2. За рахунок тиску вальців крихкий ендосперм оптимально розмелюється. MILLSTAR забезпечує цілісність лушпиння 3 і тим самим створює найкращі передумови в подальшому для ефективної роботи фільтраційного апарату, адже стан лушпиння в значній мірі впливає на обсяг шару дробини і, отже, на продуктивність фільтраційного апарату.

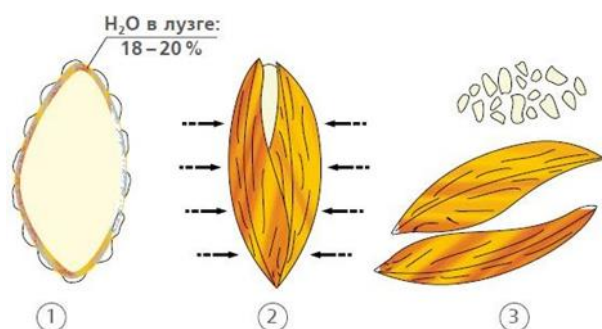


Рис. 3.3 Переваги замочного кондиціонування

В харчовій промисловості необхідним є ретельний підбір матеріалів для виготовлення деталей та апаратів. Вимогою є допуск матеріалу до харчових продуктів. В тих вузлах, де не відбувається контакту обладнання з продуктом можна користуватись загальними правилами підбору конструкційних матеріалів [10].

Розвиток харчової промисловості, направлений на скорочення ручної праці, збільшення виробництва якісно нового асортименту харчових продуктів, пред'являються підвищені вимоги до матеріалів, що використовуються у конструкціях сучасних машин і апаратів підприємств харчової промисловості. 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.

Специфічні умови харчових виробництв: 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 харчового обладнання.

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

Однією з основних вимог до матеріалів, що застосовуються у харчовому машинобудуванні являється їх висока корозійна стійкість.

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 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 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.

Експериментальна частина

Вхідною сировиною для приготування затору являється подрібнений солод і підігріта вода.

Зміст затирання полягає в тому, що різні ферменти розщеплюють крохмаль і протеїни відповідно на прості цукри та амінокислоти. На початку затирання лише близько 10-15% екстракту солоду перебуває в розчинній формі.

Тому для вивільнення іншої маси екстракту й потрібні ферменти, які були накопичені зерном під час його солодовирощування. Затиранням називають цілеспрямований і планомірний процес переведення екстрактивних речовин солоду і його заміників у розчин під дією ферментів. У вузькому розумінні - це змішування подрібненого солоду з водою, але це не тільки змішування, а ціла система водно-теплової обробки помелу зерно продуктів шляхом нагрівання частин затору до певних температур і витримки 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 затирання - переведення у розчин якомога більше екстрактивних речовин зернопродуктів і приготування сусла бажаного складу.

Розробка моделі процесу мокрого подрібнення за допомоги математично – статистичних методів

Основними завданнями використання методів математико-статистичної обробки результатів досліджень є:

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

Однак слід мати на увазі, що всі ці завдання можуть вирішуватися на основі певних вимірювань. Вимірювання в самому широкому сенсі може бути визначено як приписування чисел до об'єктів або подій згідно деяким правилами. Ці правила повинні встановлювати відповідність між властивості розглядаються об'єктів і чисел. В теорії вимірювань прийнято виділяти чотири основних види шкал: найменувань, порядку, інтервальну і відносин.

При цьому вимірювання, здійснювані з допомогою двох перших шкал, вважаються якісними і для їх обробки використовуються непараметричні критерії, вимірювання, виконані за двом останнім шкалами – кількісні, в цьому випадку застосовуються параметричні критерії. В кожній шкали строго визначені властивості чисел, приписуваних об'єктів або явищ, ніж вище порядок шкали, тим більше арифметичних дій можна проводити з цими числами. Слід пам'ятати і тому, що вимірювання виконані за більш

високою шкалою завжди можна перевести в шкалу нижчого рівня, а з нижчого в високий не можна. Наприклад, вимірювання, виконані за шкалою відносин або інтервальною, можна перевести в шкалу порядку або найменувань, а вимірювання, виконані за шкалою найменувань перевести в шкалу порядку або в інтервальну шкалу неможливо.

Між змінними (випадковими величинами) може існувати функціональна зв'язок, що виявляється в тому, що одна з них визначається як функція від іншої. Але 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 стохастичною. Вона з'являється в тому випадку, коли є загальні випадкові фактори, що впливають на обидві змінні. В якості міри залежності між змінними використовується коефіцієнт кореляції (r), який змінюється в межах від -1 до $+1$. Якщо коефіцієнт кореляції від'ємний, 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, в інтервальною шкалою і мають нормальний розподіл, то кореляційний аналіз здійснюється за допомогою обчислення коефіцієнта кореляції Пірсона, в іншому випадку використовуються кореляції Спірмена, тау 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 – результативним 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 і 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_r , друге безліч складається з x_1, \dots, x_q , тоді взаємозв'язок між цими множинами можна оцінити як кореляцію між лінійними комбінаціями $a_1y_1 + a_2y_2 + \dots + a_ry_r$, $b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_qx_q$, 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 деякого 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

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 категоріальною незалежною змінною (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 багатофакторний дисперсійний аналіз.

Частотний аналіз. Таблиці частот, або як ще їх називають одновходові 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'язки. Зазвичай табулюються категоріальні або кількісні змінні з відносно невеликим числом значень.

Аналіз відповідностей в порівнянні з частотним аналізом містить більш потужні описові і розвідувальні методи аналізу двухвходових і багатовходових таблиць. Метод, так само, як і таблиці спряженості, що дозволяє досліджувати структуру і взаємозв'язок групують змінних, включених в таблицю. В класичному аналізі відповідностей частоти в таблиці спряженості стандартизуються (нормовані) таким чином, щоб сума елементів у всіх комірках була дорівнювати 1.

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 практично довільної природи. Так як кластери – це однорідності групи, то завдання кластерного аналізу полягає в тому, щоб на підставі ознак об'єктів розбити їх на безліч m (m – ціле) кластерів так, щоб кожен об'єкт належав тільки одній групі розбиття. При цьому об'єкти, що належать одному кластеру, повинні бути однорідними (подібними), а об'єкти, що належать різним кластерам, – різнорідними. Якщо об'єкти кластеризації представити як точки в n -мірному просторі ознак (n – кількість ознак, що характеризують об'єкти), то схожість між об'єктами визначається через поняття відстані між точками, так як інтуїтивно зрозуміло, що чим менше відстань між об'єктами, тим вони більш схожі.

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.

Рис. 4.4 - 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

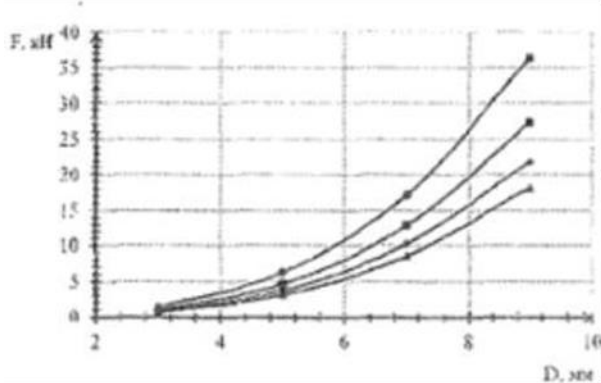
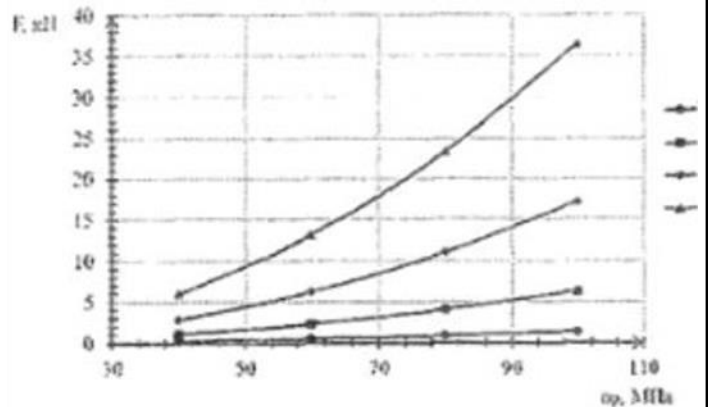


Рис. 4.5 Залежності руйнівної сили від межі міцності при стиску матеріалу, для матеріалів з різними початковими розмірами шматків: $D_1 = 3$ мм; $D_2 = 5$ мм; $D_3 = 7$ мм; $D_4 = 9$ мм



Синтезуємо рівняння для визначення зусилля подрібнення в горизонтальному валковому млині з урахуванням міцності рівнянь

Потужність, яка витрачається на скребку скидаючого пристрою, Вт:

$$P_4 = F_{скрв}$$

Сумарна потужність приводу, Вт:

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

Якщо прийняти, що млин живиться рівномірно, готовий продукт вводиться безперервно, і уявити процес помелу як рух кільця матеріалу вздовж осі обертання корпусу млина, товщиною рівною мінімальній відстані між валком і барабаном, причому за один оберт виходить одне кільце матеріалу, об'ємна продуктивність розраховується за формулою, м³/год:

$$Q = 60V_{кр}$$

Вводячи в формулу насипну щільність матеріалу і поправочний коефіцієнт, що враховує зміну товщини і щільності, при деформації пружин, отримана масова продуктивність млина, кг/год:

$$Q = 60V_{кр}$$

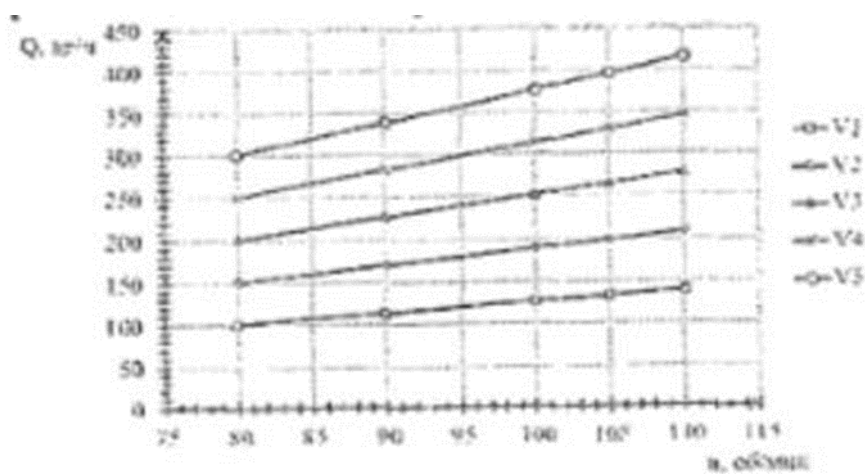


Рис.3.6

Інженерна методика розрахунку конструктивно-технологічних параметрів установки.

1.Розрахунок розмірів робочих елементів млина, залежно від крупності вихідного матеріалу. Формула, 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):

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

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

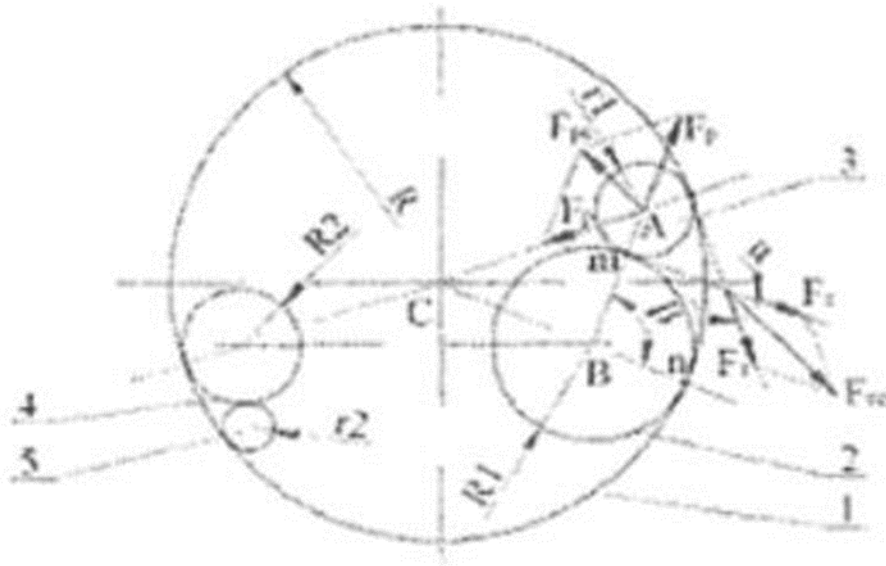


Рис. 3.7 Схема до визначення технологічних розмірів:

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

Коефіцієнт тертя подрібнюваних матеріалів про валки і корпус дорівнює від 0,3 до 0,45, кут захоплення відповідно становить від 34 до 480. Співвідношення між R і R1 R2 приймають конструктивно. Зазвичай витримується співвідношення $R1=(0,4-0,6)R$. Співвідношення між a) і I_{Γ} зазвичай витримують

$$R2=(0,4-0,6) R1$$

2. Розрахунок частоти обертання млина: нижня межа частоти обертання визначається за формулою, хв-1:

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

3. Розрахунок частоти обертання двигуна привода:

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

4. Розрахунок жорсткості пружин:

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

Розрахуємо продуктивність дробарки мокрого подрібнення [2]

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

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

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

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

Визначаємо 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 ПАТ «Оболонь»);

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

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

Приймаємо продуктивність дробарки 25 тон за годину.

			коригування рН затору; транспортування затору
Кількість валків,	6	6	2
Кількість електроприводів, шт.	5	7	5
Встановлена потужність, кВт, у 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 трива- лість дроблення засипу, хв	60	60	30
Питома споживана потужність, кВт • год/т	2,9	4,6	3,7

Додатні енерговитрати на транспортування подрібненого солоду, кВт	1,5	1,5	немає
Займана дробаркою площа, мм	2500x2693	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 в заторний апарат	Зверху через предзаторник або знизу	Зверху через предзаторник або знизу через	Знизу без предзаторника і предзаторного

Дослідження технічних систем із застосуванням теорії графів

Теорія графів широко використовується при дослідженні технічних систем. Це обумовлено, принаймні, двома особливостями графа. По перше граф

- математичне поняття, яке може бути використане при розробці математичної моделі технічної системи. По-друге, геометричний образ графа (геометричний граф) дозволяє полегшити розуміння відповідної алгебраїчної моделі технічної системи і при цьому лаконічно описати елементи технічної системи і відносини між ними [30].

Графом називається безліч точок площині, званих вершинами, і безліч спрямованих відрізків, що з'єднують ці вершини, і називаються дугами. Шляхом у графі називають послідовність дуг, в 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 схематичним зображенням процесів і служить загальним математичним інструментом їх дослідження.

Технологічні схеми переробки солоду у виробництві пива можуть бути представлені у вигляді послідовно мінливих станів сукупностей солоду. У 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 в 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 фізично-механічних властивостей 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 дроблення 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).

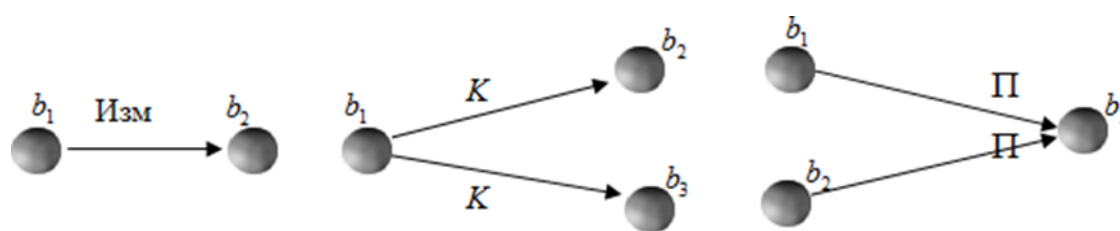


Рис. 3.8 Елементарні графи станів і переробки матеріалу

В елементарному графі: b_1, b_2, b_3 – стан продукту, матеріалу; K – класифікація; Π – перемішування; $Зм$ – подрібнення. Деякі технологічні схеми можуть бути виражені графом з допомогою кількох повторюваних однотипних підграфів. У даному процесі застосовують дробильні, вальцьові верстати, розсів, ситовесечна система.

У графі технологічного процесу дроблення солоду вершини (вузли) представляють: b_0 – розподільна система сировини, b_1 – I-вальцевий верстат, b_2 – II-вальцевий верстат, b_3 – III-вальцевий верстат, і так далі b_{10} – X-вальцевий верстат, $C_1 - C_{10}$ ситовісечні 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.

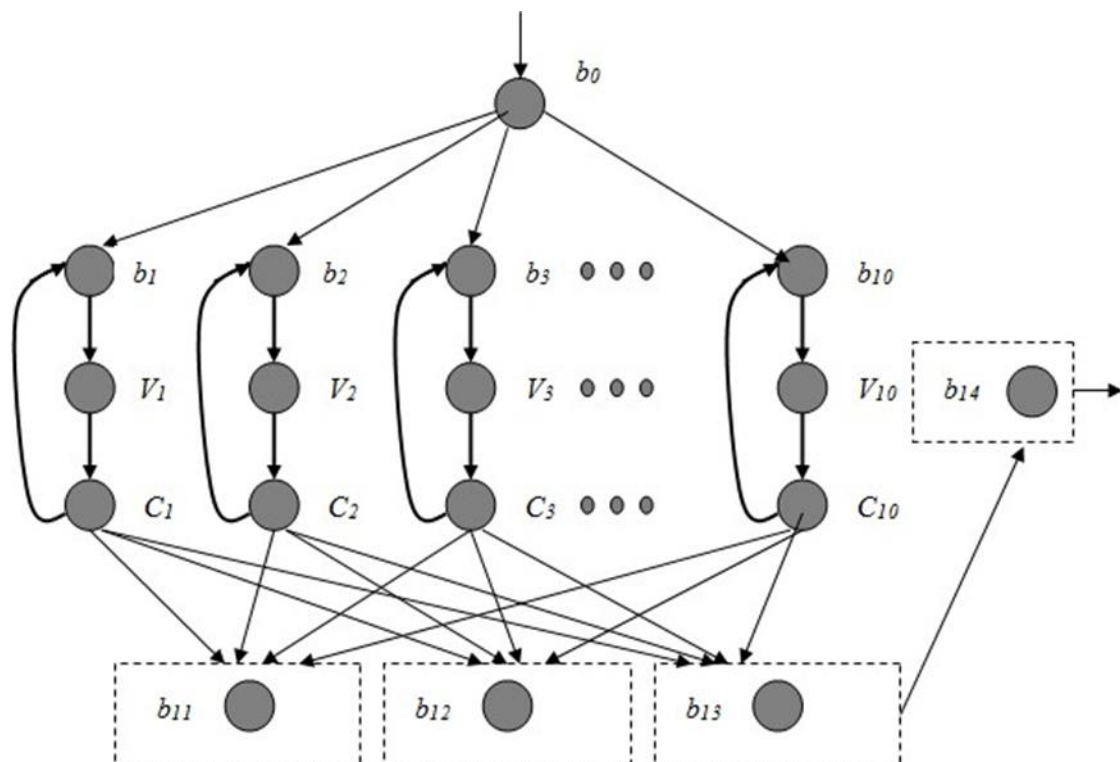


Рис. 3.9 Граф технологічного процесу подрібнення солоду

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.

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 , буд

$$M_0 = R_0M, M_t = R_tM,$$

де M - маса подрібнюваного матеріалу в млині.

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

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

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

$$z = z_0, \text{ тобто } Z_0 = z_0 \geq 1;$$

- 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

$$\mu z \Delta t + O_{1,z}(\Delta t),$$

де μz - 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

$$Pz(t+\Delta t) = Pz(t)[1 - \mu z \Delta t + O_{3,z}(\Delta t)] + Pz+1(t)[\mu z + 1 \Delta t + O_{1,z}(\Delta t)] + O_{2,z}(\Delta t),$$

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

$$Pz(t) \frac{d}{dt} = -\mu z Pz(t) + \mu z + 1 Pz+1(t)$$

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

де $z = z_0, z-1, z-2, \dots$

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

Це звичайні диференціальні рівняння першого порядку, які вирішуються при початковій умові, про інтегрувавши і провівши перетворення, отримаємо

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

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

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

Активация
Чтобы актив

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

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.

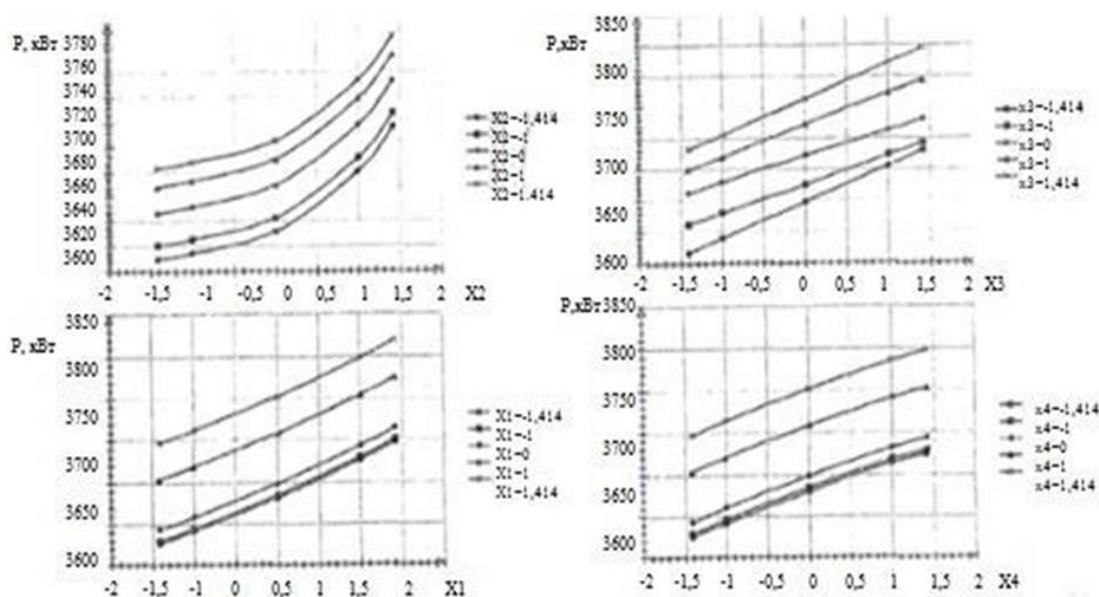


Рис. 3.10 – Графічні залежності $P = f(x)$

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 величину 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

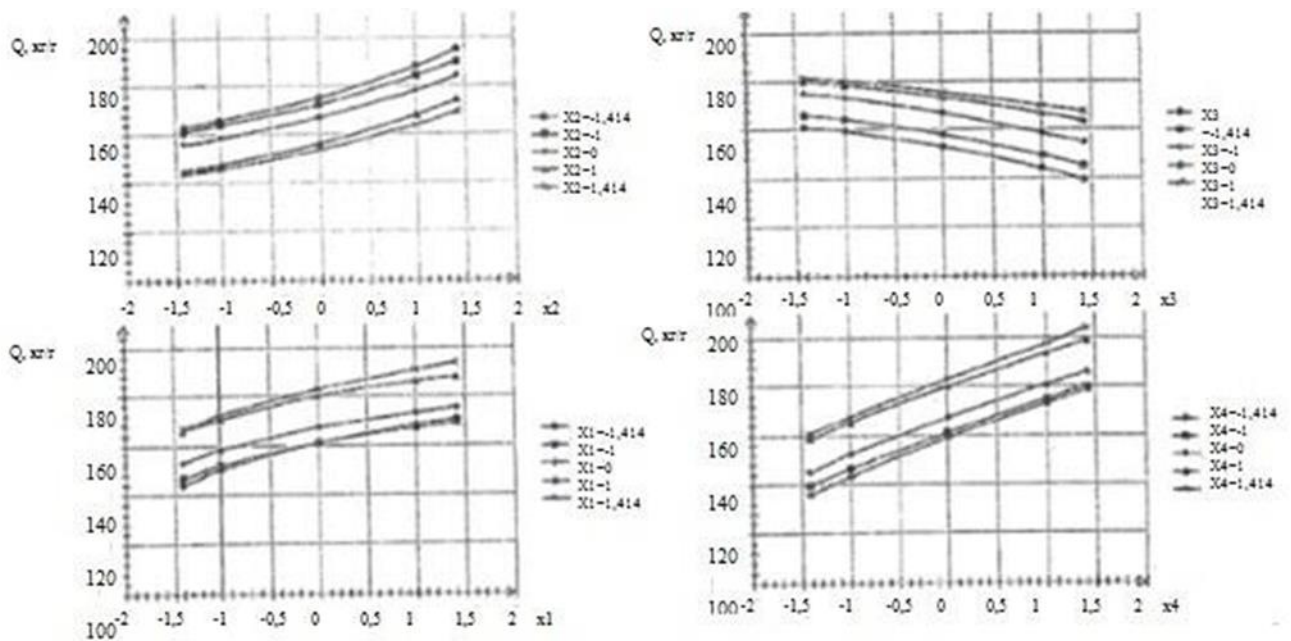


рис. 3.11

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 .

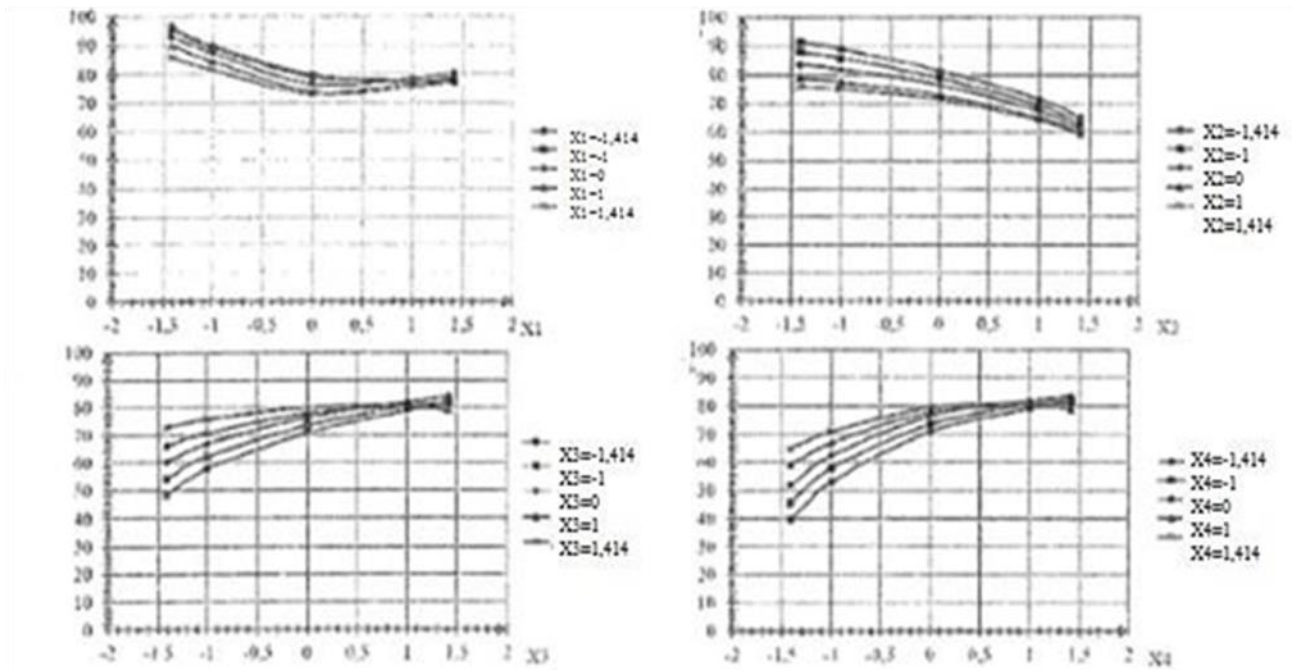


Рис. 3.12 – Графічні залежності $R = f(x)$

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:

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

Рівняння показує, 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 говорить про збільшення питомої витрати енергії зі збільшенням зусилля притиснення 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.

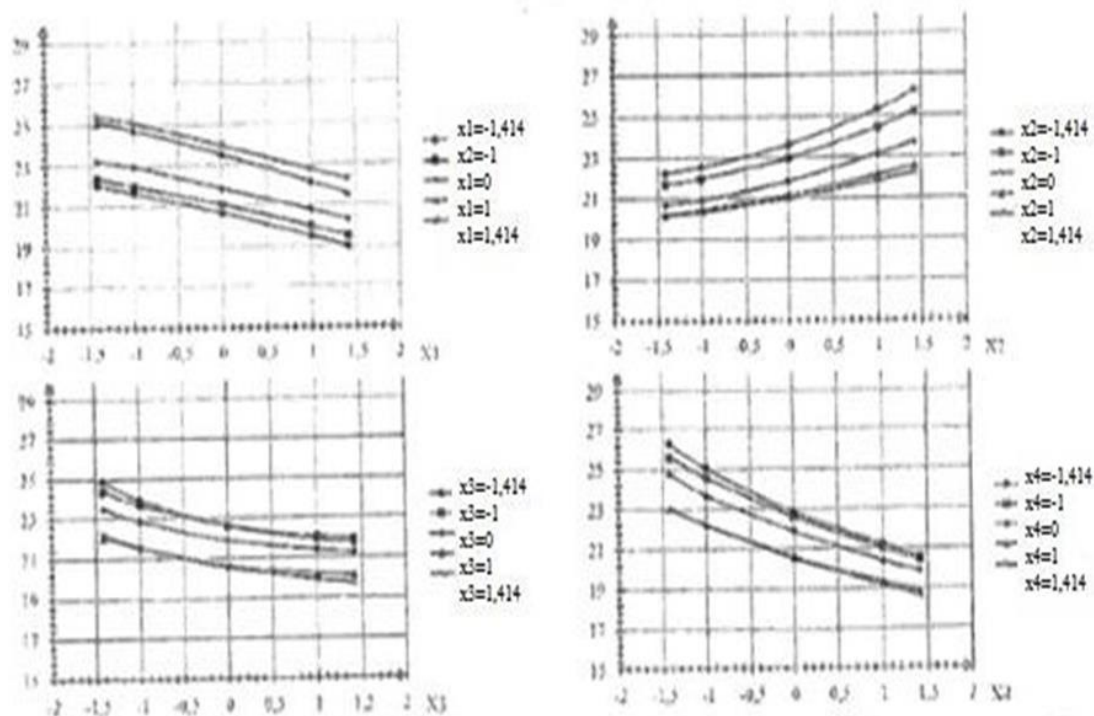


Рис.3.13

Технологія машинобудування

Вибір вузла та аналіз характеристик виробу

В запропонованому проекті проведено розробку складального креслення стерилізатора. Даний пристрій використовується для холодної стерилізації ПЕТ тари.

Нижче розглянуто процес складання даного пристрою.

Пристій показано на креслені №2 та на рис.11.1 ,технологічна схема складання показаний на креслені №6 та рис.11.2

Стерилізатор являє собою копір по якому рухаються робочі стерилізуючі органи (направляючі, прихват пляшки, УФ лампи) мають два підшипникові вузли з кульковими підшипниками на які встановлені направляючі з упорами(при хватами) та УФ лампами, що дозволяє плавно переміщувати трубки по направляючим та закріплювати їх за допомогою рукоятки.

Подетальний склад стерилізатора наведений у табл. 11.1. Технологічний маршрут складання вузла описаний у табл. 11.2.

Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей
1	Копір	1
2	Направляюча	1
3	Направляюча	1
4	Упор	1
5	Прокладка	1
6	Трубка	2
7	Трубка	1

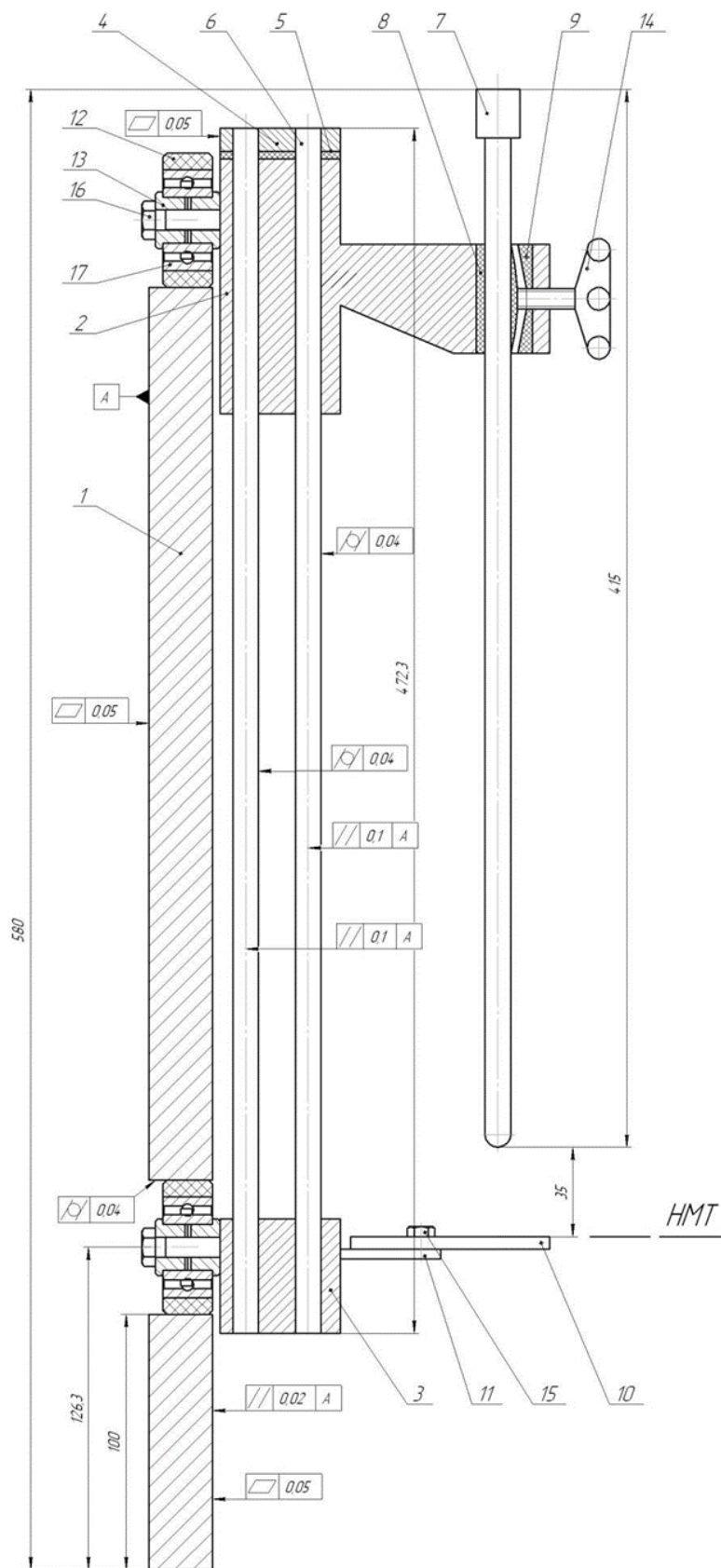
Таблиця 3.1 – Подетальний склад стерилізатора

Таблиця 3.2 – Технологічний маршрут складання стерилізатора

8	Прокладка	1
9	Прокладка	1
10	Упор	1
11	Фланець	1
12	Втулка	2
13	Втулка	4
14	Вентиль	1
15	Болт	1
16	Болт	2
17	Підшипник	2

Номер переходу	Зміст переходу
10 Збирання підшипникового вузла	
10.1	Запресувати підшипник 17 у втулку 12
10.2	Запресувати втулки 13 у підшипник 17
20 Встановлення упору	
20.1	Приварити фланець 11 до направляючої 3
20.2	Закріпити упор 10 до фланця 11 за допомогою болта 15
30 Закріплення направляючих на підшипникових вузлах	
30.1	Закріпити підшипниковий вузол на направляючій 2 болтом 16
30.2	Закріпити підшипниковий вузол на направляючій 3 болтом 16
40 Встановлення трубок	
40.1	Встановити в направляючу 2 прокладки 8 та 9
40.2	Встановити в направляючу 2 та 3 трубки 6
40.3	Одягнути на трубки 6 прокладку 5 та упор 4
40.4	Встановити трубку 7 в прокладку 8
40.5	Закріпити трубку 7 рукояткою 14
50 Складання стерилізатора	
50.1	Встановити втулки 12 з підшипниковими вузлами, направляючими та трубками в корпус копіра 1
60 Контрольна	

Рис.3.14 Стерилизатор



221852.KP.01.003 ПЗ

Н.Д. ЭМН

Дата выдачи

Модель
УА

Архив
40

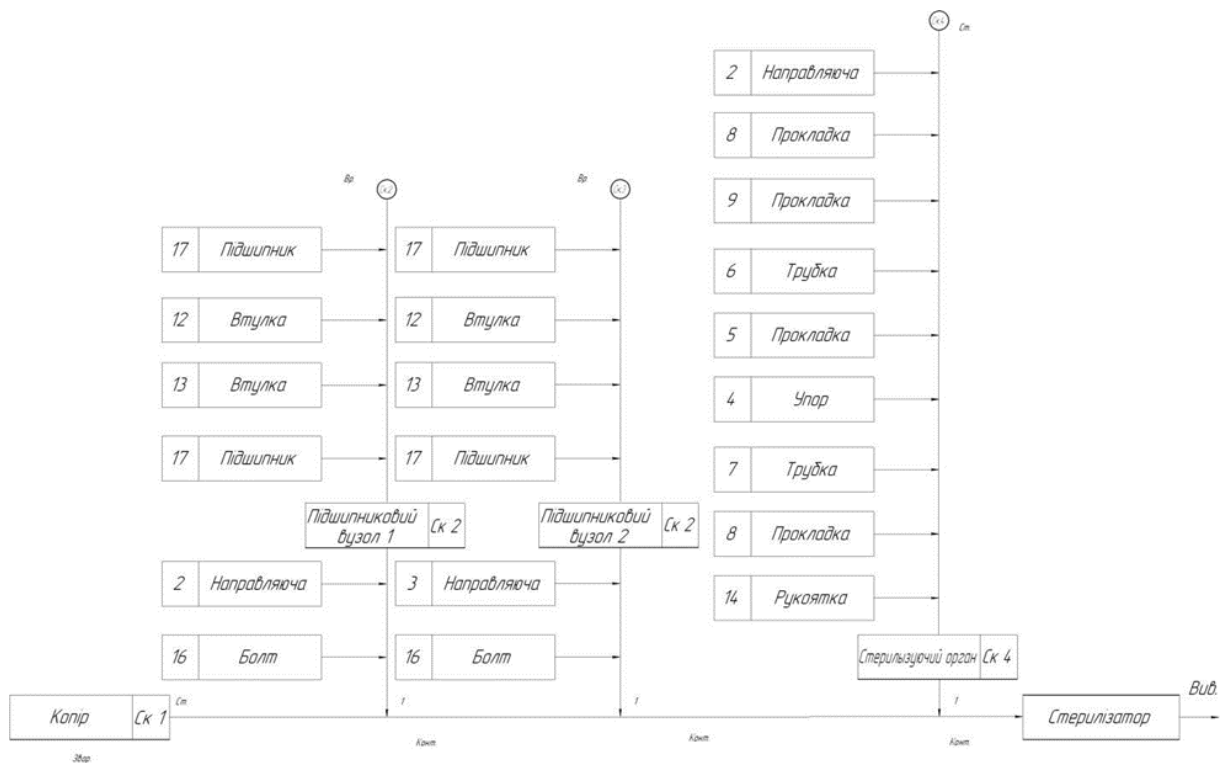


Рис.3.15 Технологічна схема складання стерилізатора

Висновки

Розглянуто

- Основні ступені удосконалення та напрями розвитку техніки і технології подрібнення в дробарках;
- Основні типи та особливості існуючих конструкцій машин для подрібнення солоду;
- Існуючі методики розрахунку дробарок і вибрано напрямок для розробки нової методики розрахунку основних параметрів вальцевої дробарки.

На підставі проведеного аналізу запропонована нова конструкція дробарки, що забезпечує підвищення ефективності процесу мокрого подрібнення солоду у промислових умовах.

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

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;

В результаті проведення досліджень були отримані 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.

4 Розрахункова частина

Визначаємо одноразову засип зернопродуктів для варильного агрегату потужністю 80 тон зернопродуктів за добу (в т)

$$M_{\text{зас}} = \frac{M_{\text{зас}}}{z_{\text{вар}}} = \frac{80}{8} = 10$$

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

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

Визначаємо продуктивність установки (в тон/год)

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

де $M_{\text{зас}} = 10$ тон/засип – кількість зернопродуктів, що подрібнюється за одну засип;

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

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

Приймаємо продуктивність дробарки 20 тон за годи

Енергетичний розрахунок

Геометричні розміри вальців приймаємо по конструктивним даним обладнання з підприємства

-діаметр валків 416 мм ;

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук М. В.	<i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>		
<i>Васник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Балабанов І.С.	Дослідна частина	221852.KP.01.004 ПЗ		
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA

довжина валка 1300 мм.

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

Максимальний діаметр матеріалу який подрібнюється 7мм.

Оскільки солод перед подрібненням замочується до 30% вологості ,
насіпну масу солоду (в кг/м³) знаходимо за формулою

$$\rho_{\text{сол}} = \frac{\frac{100}{100-B}}{\frac{\rho_c}{\rho_v}} = \frac{100}{30 \frac{100-30}{530+1000}} = 790$$

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.

Визначаємо частоту обертання валків дробарки (в об/с) з формули

$$G=1,25\pi D l b n \rho \Psi$$

$$n = \frac{G}{1,25\pi D l b \rho \Psi} = \frac{5,56}{1,25 * 3,14 * 0,416 * 1,3 * 0,0005 * 790 * 0,8} = 8,3$$

де $G=5,56$ кг/с- продуктивність дробарки;

$D=0,416$ м - діаметр валків;

$l=1,3$ мм - довжина валків;

$b=0,0005$ м - зазор між валками;

$\rho=790$ кг/м³ - густина матеріалу;

$\Psi=0,8$ - коефіцієнт що враховує ступінь розпушення матеріалу і неповне використання довжини валків.

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

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

де $d=7$ мм.- максимальний початковий розмір шматків

матеріалу; $D=0,416$ м - діаметр валків;

$l=1,3$ мм - довжина валків;

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

Приймаємо двигун АИР180М4 $P_d=30$ кВт; $n_d=1470$ об/хв [5].

147 де $P_d=30000$ Вт- потужність двигуна.

Визначаємо потужність на валу валка (в Вт)

$$P_{\text{вал}} = P_d * \eta_{\text{кп}} = 30000 * 0,98 = 29400$$

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

Визначаємо крутний момент (в Н*м) на валу валка

$$T_{\text{вал}} = 9,55 \frac{P_{\text{вал}}}{n_{\text{вал}}} = 9,55 \frac{29400}{498} = 564$$

Розрахунок пасових передач

Вибираємо клиновий пас нормального перерізу.

Розрахунок першої пасової передачі

Вибираємо мінімально допустимий діаметр шківів $D_{\min}=150\text{мм}$.

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

Визначаємо діаметр веденого шківів (в мм) [6]

$$d_2=d_1*u*(1-\varepsilon)=150*2,95*(1-0,01)= 438$$

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].

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

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

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

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

Визначаємо орієнтовну міжосьову відстань (в мм)

$$a \geq 0,55(d_1 + d_2) + h = 0,55(150 + 450) + 10,5 = 340,5$$

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

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

Визначаємо розрахункову довжину паса (в мм)

Значення l округлюємо до найближчого стандартного

$$l=3550\text{мм}$$

Уточнюємо значення міжосьової відстані по стандартній довжині по формулі.

$$a = \frac{1}{8} \{2l - \pi(d_2 + d_1) + \sqrt{[2l - \pi(d_2 + d_1)]^2 - 8(d_2 - d_1)^2}\} =$$
$$\frac{1}{8} \{2 * 3550 - 3,14(450 + 150) + \sqrt{[2 * 3550 - 3,14(450 + 150)]^2 - 8(450 - 150)^2}\} = 1295$$

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.

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

Визначаємо швидкість паса [6, с85]

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.

Визначаємо допустиму потужність, яка передається одним клиновим пасом (в кВт) за формулою

$$[P_n] = [P_o]C_pC_\alpha C_l C_z = 7,71 * 0,95 * 0,95 * 1 * 0,95 = 6,6$$

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

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

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

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

Визначаємо число клинових пасів

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

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

$[P_n]= 6,6$ кВт -допустима потужність, яку може передавати один пас.

Приймаємо до встановлення 5 пасів.

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

$$F = \frac{850 * P_{\text{ном}} C_l}{z v C_p C_\alpha} = \frac{850 * 30 * 1}{5 * 11,5 * 0,95 * 0,5} = 934$$

Визначаємо колову силу яка передається комплектом клинових пасів (в Н)

$$F_t = P_{\text{ном}} * \frac{10^3}{v} = \frac{30000}{11,5} = 2609$$

Визначаємо силу натягу ведучої (в Н) і веденої (в Н) гілок

$$F_1 = F_0 + \frac{F_t}{2z} = 934 + \frac{2609}{2 \cdot 5} = 1195$$

$$F_2 = F_0 - \frac{F_t}{2z} = 934 - \frac{2609}{2 \cdot 5} = 673$$

Визначаємо силу тиску на вал (в Н)

$$F_{\text{вал}} = 2F_0 z \sin \frac{\alpha_1}{2} = 2 \cdot 934 \cdot 5 \cdot \sin \frac{166}{2} = 9270$$

Розрахунок другої пасової передачі

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

Визначаємо діаметр веденого шківів (в мм) [6]

$$d_2 = d_1 \cdot u \cdot (1 - \varepsilon) = 140 \cdot 2,95 \cdot (1 - 0,01) = 400$$

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

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

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

Визначаємо фактичне передаточне число і перевіряємо його відхилення Δu від заданого u

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

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

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

Визначаємо 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.

Визначаємо розрахункову довжину паса (в мм)

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

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

Значення l округлюємо до найближчого стандартного $l=3450\text{мм}$

Уточнюємо значення міжосьової відстані по стандартній довжині по формулі

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

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

При монтажі необхідно забезпечити можливість зменшення a на $0,01l$ для того, щоб полегшити надівання паса на шків; для збільшення натягу паса необхідно передбачити можливість збільшення a на $0,025l$.

Визначаємо кут обхвату ведучого шківа (α в $^\circ$) [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 шківа;

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

Визначаємо частоту пробігів паса

$$U = 1/v \leq [U]$$
$$U = \frac{3}{10,8} = 0,27 \leq [30]$$

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.

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

$$[P_{\text{п}}] = [P_0]C_p C_{\alpha} C_l C_z = 7,71 * 0,95 * 0,95 * 1 * 0,95 = 6,6$$

де $[P_0] = 7,71$ 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] .

Визначаємо число клинових пасів [6]

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

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

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

Приймаємо до встановлення 5 пасів.

Визначаємо силу попереднього натягу одного клинового паса (в Н)

$$F = \frac{850 * P_{\text{ном}} C_l}{z \nu C_p C_\alpha} = \frac{850 * 30 * 1}{5 * 10,8 * 0,95 * 0,5} = 994$$

Визначаємо колову силу яка передається комплектом клинових пасів (в Н)

ΣM_A

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

$$\Sigma F_{ix} = 0 \quad R_A - F_B + R_B - F_{\text{вал}} = 0$$

Визначаємо опорні реакції (в Н)

$$R_A = \frac{F_{B2} \cdot \frac{l}{2} - F_{вал} \cdot b}{l} = \frac{13500 \cdot 0,65 - 9270 \cdot 0,25}{1,3} = 4967$$

$$R_B = \frac{F_{B2} \cdot \frac{l}{2} + F_{вал} \cdot (l+b)}{l} = \frac{13500 \cdot 0,65 + 9270 \cdot (1,3 + 0,25)}{1,3} = 17803$$

Перевіряємо правильність визначення опорних реакцій

$$R_A - F_B + R_B - F_{вал} = 0$$
$$4967 - 13500 + 17803 - 9270 = 0$$

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

$$M_A = 0$$

$$M_C = R_A \cdot \frac{l}{2} = 4967 \cdot 0,65 = 3229$$

$$M_B = R_A \cdot l - F_B \cdot \frac{l}{2} = 4967 \cdot 1,3 - 13500 \cdot 0,65 = -2318$$

Визначаємо діаметр вала в небезпечному перерізі (в мм) [9]

Визначаємо еквівалентний момент (в Н * м)

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

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

Підставивши значення в формулу 5.39 отримаємо

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{3278}{0,1 * 160 * 10}} = 0,0589$$

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

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{0,2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{564 * 10^3}{0,2 * 20}} = 52 \quad (5.41)$$

де $[\tau] = 10-20$ Н/мм²-допустиме напруження на кручення.

З конструктивних міркувань приймаємо:

- діаметр вихідного кінця вала $d_v = 70$ мм;
- діаметр вала в ущільненні кришки $d_{ущ к} = 80$ мм;
- діаметр вала в місці прижимної гайки $d_{г} = 90$ мм;
- діаметр вала в підшипникових опорах $d_{п} = 90$ мм;
- діаметр вала в ущільненні підшипника $d_{ущ п} = 105$ мм.

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

Розрахунок підшипників віджимних валків

Вибираємо підшипники роликові сферичні двохрядні середньої широкої серії таблиця 1.

Таблиця 1

Визначаємо сумарні реакції (в Н) [10]

$$P_{r1} = \sqrt{R^2} = \sqrt{4967^2} = 4967$$

$$P_{r2} = \sqrt{R_B^2} = \sqrt{17803^2} = 17803$$

Визначаємо колову силу (в Н) [10]

$$F_t = \frac{2T_{\text{вал}}}{d_B} = \frac{2 \cdot 564 \cdot 10^3}{416} = 2712$$

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

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

Визначаємо осьову силу (в Н) [10]

$$F_a = F_t \tan \beta = 2712 * 0,4 = 1085 \quad (5.45)$$

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

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

$$S_1 = 0,83eP_{r1} = 0,83*0,25*4967 = 1031 \quad (5.46)$$

$$S_2 = 0,83eP_{r2} = 0,83*0,25*17803 = 3694 \quad (5.47)$$

Осьові навантаження підшипників (в Н) [10] . В даному випадку: $S_1 < S_2$;

$P_{a1} = F_a \leq S_2 - S_1$; тоді

$$P_{a1} = S_2 - F_a = 3694 - 1085 = 2609 \quad (5.48)$$

$$P_{a2} = S_1 = 1031 \quad (5.49)$$

Розглянемо лівий («перший») підшипник [10]

відношення $\frac{P_{a1}}{P_{r1}} = \frac{2609}{4967} = 0,5 \cdot e \quad (5.50)$

Тоді еквівалентне навантаження (в Н) [10]

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

Тоді еквівалентне навантаження (в Н) [10,с212]

Правий підшипник більш навантажений довговічність розраховуємо по ньому.

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

$$L = (C/P_{32})^3 = (518/46,7)^3 = 1365$$

Розрахункова довговічність (в год.) [10]

$$L_n = \frac{L \cdot 10^6}{60n} = \frac{1365 \cdot 10^6}{60 \cdot 498} = 45683$$

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

Розрахунок живильника

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

$$P = mFln\rho k$$

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;

$k = 0,515$ -кофіцієнт заповнення.

З формули продуктивності барабанного живильника знаходимо його

частоту обертання (в об/с) , оскільки продуктивність барабанного живильника дорівнює продуктивності дробарки : $\Pi_d = \Pi_{ж} = 5,56$ кг/с.

$$n = \frac{\Pi_{ж}}{mFl\rho k} = \frac{5,56}{9 \cdot 0,000777 \cdot 1,3 \cdot 790 \cdot 0,515} = 1$$

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

v - колова швидкість барабана живильника;

k_1 - коефіцієнт , який враховує супротив матеріалу подрібненню ($k_1=1,2-2$);

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

$\eta = 0,9$ - ккд мотор-редуктора.

Визначаємо колову швидкість барабана живильника (в м/с)

$$v = \frac{\pi D n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,160 \cdot 90}{60} = 0,75$$

Визначаємо силу тертя яка виникає при ковзанні солоду об солод (в Н/м²) [8]

$$f = f_{\pi} F_{\text{пер}} \text{tg} \varphi_0$$

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

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

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

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

$$f_{\Pi} = \rho g h = 790 * 9,8 * 1,25 = 9677,5$$

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

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

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

Визначаємо площу горизонтального перерізу горловини бункера під живильником (в м)

$$F_{\text{пер}} = a * l = 1,3 * 0,18 = 0,234$$

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

Підставивши значення в формулу 5.60 визначаємо силу тертя яка виникає при ковзанні солоду об солод

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

Підставимо отримані значення у формулу 4.68 потужності приводу барабанного живильника

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

Приймаємо мотор редуктор двохступінчастий планетарний ЗМП-35,5-90-110-Ц-У3 [5]

де ЗМП- тип мотор-редуктора;

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 вала;

У3-кліматичні умови і категорія розміщення.

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

5 Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування

Безперервний процес удосконалення в пивній індустрії розвивається по наступним напрямкам: Створення потужного високоефективного обладнання та процесів, які в кінцевому випадку підвищують кількісні та якісні показники продукції; Впровадження робототехніки на ділянках трудоміжких робіт, механізація та автоматизація процесів;

Зменшенню затрат на вироботку тепла та електроенергії; прискоренню переробки відходів виробництва; зменшенню загального часу технологічного процесу

За допомоги впровадження нового, сучасного, технологічного обладнання та технологічних процесів скорочуються терміни тривалості проведення технологічних процесів, скорочуються затрати тепло-електро енергії, зменшується трудові витрати, якість кінцевої продукції



Рис.5.1.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якимчук М. В.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Білобров І С	Назва, додаткова назва .Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування	221852.KP.01.005 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук МВ		№ змін	Дата видання	Мова UA	Аркуш

Схемою автоматизації дробарки передбачається: регулювання температури води яка подається в камеру кондиціонування, вимірювання та підрахунок витрати води яка подається в камеру кондиціонування, регулювання температури води, яка подається в дробарку, вимірювання та підрахунок витрати води яка подається в дробарку, вимірювання температури води на вході в камеру кондиціонування, вимірювання витрати води на вході в камеру кондиціонування, сигналізація рівня солоду в бункері та заторній камері дробарки, регулювання рівня заторної маси в заторній камері шляхом ввімкнення та вимкнення двигуна насоса, регулювання частоти обертання барабанного живильника в залежності від навантаження на дробильні валки (струми які вони споживають), ввімкнення та вимкнення двигунів дробильних валків, двигуна барабанного живильника.

Автоматичне регулювання температури води яка подається в камеру кондиціонування проводиться за допомогою термоопору встановленого на трубопроводі 1а типу ТСМ, який подає еквівалентний температурі сигнал на автоматичний міст 1б типу КСМ, який порівнює сигнал із заданим та подає відповідний регулюючий сигнал на клапана який регулює витрату гарячої води 1в типу 25ч35нж.



Рис.5.2.

Автоматичне регулювання температури води яка подається в дробарку проводиться за аналогічною схемою за допомогою пристроїв: термоопору встановленого на трубопроводі 3а типу ТСМ, автоматичного мосту 3б типу КСМ та клапана який регулює витрату гарячої води 3в типу 25ч35нж. Підрахунок кількості води яка подається в камеру кондиціонування здійснюється лічильником 2а-2в типу ВСХН. Підрахунок кількості води яка подається в дробарку здійснюється лічильником 4а-4в типу ВСХН. Витрата води на вході в камеру кондиціонування вимірюється по місцю ротаметром 5а типу РС. Температура води на вході в камеру кондиціонування вимірюється по місцю за допомогою біметалевого термометра 6а типу ТБТ. Сигналізація рівня в бункері солоду (бункер солоду пустий) проводиться за допомогою сигналізатора рівня 7а-7б типу ЕСУ, спрацьовує сигнальна лампа на щиті НЛ1 типу ЛС.

Сигналізація рівня в заторному лотку (заторний лоток пустий) проводиться за допомогою сигналізатора рівня 8а-8б типу ЕСУ, спрацьовує сигнальна лампа на щиті НЛ2 типу ЛС.

Дослідження проводилися шляхом моделювання процесу на математичному і фізичному рівні. В математичній моделі використовувалися результати проведеного моделювання гідродинаміки млину, отримані шляхом чисельного рішення рівнянь руху середовища в каналі установки. Результати чисельних рішень оброблялися по теорії подібності. Статистична обробка отриманих даних проводилася за допомогою програмного пакету Excel.

6 Заходи з охорони праці та охорони довкілля

При виготовленні пива утворюються відходи і вторинні продукти, які повинні бути видалені або утилізовані. Перш за все до них відносяться:

- Забруднені стічні води;
- Пивна та хмелева дробина;
- Осад висівок гарячого сусла (білковий відстій);
- Залишкові пивні дріжджі;
- Залишки етикеток;
- Продукти згоряння з парової котельні;
- Шум, що виникає на певних ділянках;

Значну увагу слід приділити кількості забруднень, що потрапляє у воду. За виключенням води, яка безпосередньо переробляється на пиво та побічні продукти чи втрати у вигляді пари, вся інша кількість води потрапляє в стічні води. Виходячи з практики можна припустити, що для приготування 1 гл готового пива витрати води без урахування стічних вод складе близько 1,8 - 2,5 гл. Це значить, що при загальному споживанні води 6 гл на 1 гл пива утворюється близько 3,5 - 4,2 гл стічних вод/гл пива, а при більш низькому споживанні утворюється відповідно менше стічних вод.

В ході технологічного процесу в воду потрапляють різні речовини в розчиненому або не розчиненому стані. В стічних водах пивоварних підприємств знаходяться:

- Залишки сусла та пива;
 - Промивна вода;
 - Стік, що містить помел;
- Стік, що містить залишки хмелю;

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якимчук М. В.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Білоболов І С	Назва, додаткова назва Заходи з охорони праці та охорони довкілля	221852.KP.01.006 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук МВ					

- Стічна вода із станцій СП;
- Кислотні стоки із станцій СП;
- Стічні води що містять кізельгур;
- Лужні ополіски і т.п.

Ці речовини поступово підвищують концентрацію забруднень стічних вод. Якщо помножити середньозважену концентрацію забруднень на об'єм стічних вод, то отримаємо загальну кількість забруднень від стоків. Ці забруднення в стічних водах потребують великих потужностей очисних конструкцій і визначають поточну вартість очистки у вигляді підвищення податку за викиди промислових стоків. Для економії засобів потрібні заходи по зниженню кількості цих забруднень, тобто заходи по затримці забруднень, що містяться в стічних водах, і по переходу на оборотне водопостачання.

Очистка стічних вод.

В стічних водах знаходяться багато речовин, що можуть розкладатись мікроорганізмами. Ці мікроорганізми потребують кисню, і тому можна в значній кількості очищати стічні води шляхом подачі повітря. При цьому утворюється активний мул, насичений аеробними мікроорганізмами. Такий спосіб називається аеробною очисткою води. Так як повітря в стічні води самостійно не проникає, для його введення потрібна енергія.

Якщо проводити очистку без подачі повітря, то стічні води повільно очищаються гнилісними бактеріями. При цьому спочатку шляхом гідролізу утворюються органічні кислоти, а потім в ході метанового бродіння утворюється метан. Такий метод називають анаеробною очисткою води. В порівнянні з аеробною очисткою, степінь очистки стічних вод від забруднення в цьому разі менше, а відповідно кількість мулу – більше. При цьому утворюється метан, при спалюванні якого можна отримати енергію.

Обидва способи – аеробний та анаеробний – використовується на практиці, причому більш сучасні установки являються частіше анаеробними, з наступним підключенням аеробної ступені.

Пристрої та установки для аеробної очистки.

Існує дуже багато різноманітних пристроїв та установок для аеробного очищення стічних вод, котрі можна розділити на три групи.

1. Басейни та озера з активним мулом.

Ці споруди представляють собою великі басейни довжиною до 50 м та глибиною більше 3 м, в яких стічні води за допомогою аеруючих пристроїв насичуються киснем. Одночасно ці аератори забезпечують однорідність стоків і запобігають осадження мулу.

2. Спеціальні реактори

Ці установки, в яких стічні води піддають інтенсивній аерації; виникаючий при цьому мул видаляється за допомогою відповідних пристроїв.

Пристрої для анаеробної очистки складаються більшою частиною з великих циліндричних або циліндроконічних біореакторів, в котрих при постійній температурі протікає процес гниття. При цьому процесі розпадається на декілька фаз, в кінці котрих головним чином отримується метан (біогаз).



Рис. 6.1



Рис. 6.2

При даному способі очистки стічних вод потрібні рівномірне завантаження обладнання і висуваються високі вимоги до кваліфікації та доброзичливості персоналу, так як анаеробні бактерії дуже вимогливі до свого харчування.

Вуглеводний баланс при анаеробному способі в корінь відрізняється від аеробного способу: якщо при аеробному способі близько 50% вуглеводу, то при анаеробному способі можна отримати більше 90 % його у вигляді метану та використовувати в енергетичних цілях.

На пивоварних підприємствах для очищення стічних вод все більше використання знаходять анаеробні установки з підключенням за ними аеробною ступенню.

Очищення стоків із використанням змішувачів і розподільчих басейнів
Змішувальний та розподільчий басейн складається з:

- Круглого басейну по типу силосної ємкості;
- Завантажувального аератора для аерації та перемішування;
- Системи керування для проведення аерації та очистки;
- Пристрій для регулювання зливу.

При цьому розрізняють два основних типи установок:

Тип А – установки без повернення біомаси, котра в цьому разі змивається стічною водою. На підприємстві з не дуже сильно забрудненими стоками при цьому монтуються:

- Невеликий басейн з ємкістю, розрахованою на добовий стік;
- Великий басейн з ємкістю, розрахованою на недільний стік.

Тип В – установки із затримкою біомаси, монтуються у вигляді:

- Басейна, розрахованого на добовий стік;
- Басейна, розрахованого на недільний стік.

Деякі наведені приклади покликані коротко охарактеризувати всю серйозність проблем, що постали перед кожним пивоварним підприємством, і вказати деякі шляхи їх вирішення. Проблеми захисту навколишнього

середовища та пов'язані з ними проблеми видалення відходів найближчим часом ще більше виростуть. Більшість існуючих на даний час в Україні звалищ сміття будуть переповнені, і підприємства будуть вимушені у законодавчому порядку самі піклуватись про видалення своїх відходів або ж запобігати їх виникненню.

7 Маркетингове обґрунтування

У народному господарстві України значну роль відіграють випуск слабо- та безалкогольних напоїв – порядку 25% Вітчизняна пивна індустрія на сьогоднішній день є однією з найпривабливіших в економіці України. Сьогодні ринок пивної індустрії знаходиться на етапі значного підйому. Тому, внесення інвестицій в цю галузь є доцільним та перспективним

В той же час вітчизняні підприємства потребують своєї модернізації, технічного переоснащення в техніці та технології виробництва пива, безалкогольних напоїв, полісолодів, тощо. Всі ці заходи сприятимуть подальшому потужному розвитку пивоварної індустрії. Вітчизняний ринок пивної індустрії ще не досяг свого максимуму. Так, середньодушове споживання пива в Україні складає лише 60л. на душу населення, в той же час,

в Німеччині – порядку 200л. , в Чехії та Словачії – 150-160л.

Проаналізувавши ринок пивної індустрії України, можна виділити наступні тенденції:

1. Одночасно з важкими часами в економічному розвитку споживання напоїв населенням знижується
2. Однак, в сегменті споживання пива спостерігається ріст його продажу в преміальному сегменті. Великі пивоварні підприємства останнім часом переходять на випуск преміальних видів продукції
3. Одночас серед виробників продукції алкогольних та слабоалкогольних напоїв спостерігається значна конкуренція за кінцевого споживача.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук М.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>	
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Балабанов ІС	<i>Назва додаткова назва</i> МАРКЕТИНГОВЕ ОБґРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	221852.KP.01.007 ПЗ	
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>№ змін</i>	<i>Дата видання</i>

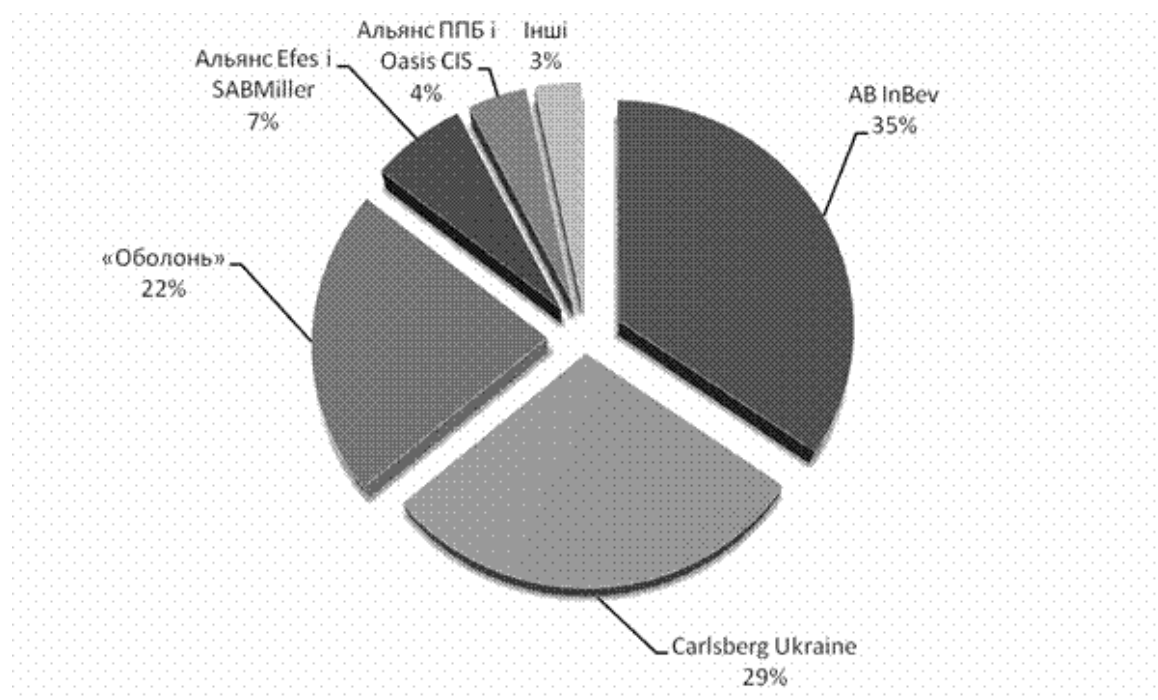


Рис.7.1.

4. в останні часи значно змінилася культура споживання напоїв серед верств населення України. Останні почали менше споживати міцних алкогольних напоїв, а збільшили частку споживання слабоалкогольних напоїв – 30%

5. Виробництво безалкогольного пива в останнє десятиріччя залишається незмінним – 5-5.5дал/рік Сучасний ринок пивної індустрії є високорозвиненим в основному ринок пивної індустрії України поділений між Чотирма підприємствами-гігантами

як: САН InBev (ТМ «Чернігівське», «Bud», «Янтар», «Рогань», «Stella Artois», «Staropramen», «Beck's» та ін.); Carlsberg Ukraine (ТМ «Львівське», «Славутич», «Арсенал», «Tuborg», «Holsten», «Carlsberg» та ін.); «Оболонь» (ТМ «Оболонь», «Ніке», «Carling», «Zibert», «Zlata Praha», «Жигулівське», «Охтирське» і т.д.); Альянс Efes і SABMiller (ТМ «Сармат» і «Velkorovický Kozel»); Альянс ППБ і Oasis CIS (ТМ «Перша приватна

броварня», «Галицька корона», «Жигулі Барне», «Закарпатське», Stare Misto та ін) (рис.1).

Рис. 1. Частки ринку виробників пива у 2019 році, %

Молода компанія SAN InBev – лідер відчизняного пивного ринку України

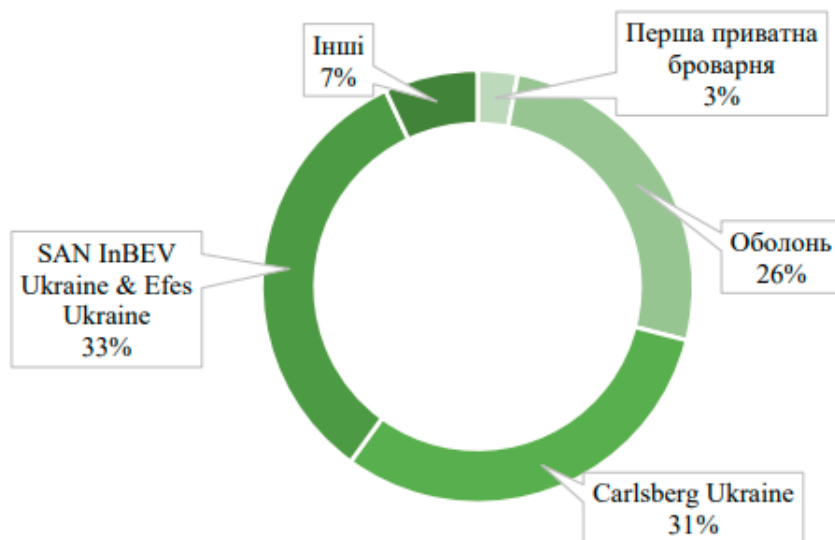


Рис. 7.2.

Близько 90% пива в Україні – вітчизняного виробництва, адже імпортне пиво дорожче, тож програє у конкуренції. За своїми якісними показниками українське пиво не поступається закордонним аналогам. Попит у світі на нього зростає через високу якість продукту, дизайну та різноманітності сортів та способів приготування. У пивоварінні практично немає тіньового ринку, оскільки пиво складніше підробити через невисоку ціну на продукцію. Обсяги нелегального виробництва оцінюються лише на рівні 5–8%. Найбільшу частку в тіньовому ринку становлять дрібні броварні, які відкриваються на базі ресторану, хоча якість такого пива досить висока. До причин існування підпільних пивоварень належать високі ціни на ліцензії на виробництво.

Разом з тим, на сьогоднішній день пивний ринок України перебуває у скрутному становищі, насамперед через скорочення обсягів виробництва та споживання продукції на ринку у 2022 році. Насамперед, це пов'язано з війною в країні, через що сталося погіршення соціально-економічної ситуації та зниження купівельної спроможності населення. Основними тенденціями ринку пива в Україні у 2022 році були:

- 1) скорочення обсягів виробництва у зв'язку з повною зупинкою підприємств на тимчасово окупованих територіях;
- 2) зниження обсягів реалізації пива через погіршення добробуту населення, а також тимчасову заборону на продаж та обмеження часу для купівлі алкоголю;
- 3) зниження споживання крафтового пива;
- 4) заміна радянських назв товару на нові чи оновлення старої рецептури пива;
- 5) розширення географії експорту пива.

Позитивною тенденцією стало поновлення роботи підприємств. Чернігівська пивоварня, що входить до складу «AB InBev Efes Україна», зупинила роботу 24 лютого, а за місяць територію пивоварної та виробничої потужностей було сильно пошкоджено. Вже наприкінці грудня 2022 р. завод повністю поновив роботу. За час зупинки виробництва в Україні «Чернігівське» почали варити на заводах у Великій Британії, Бельгії, Німеччині, Нідерландах, Італії, Франції, Польщі, Данії, Австрії, Швейцарії, Сполучених Штатах, Канаді, Колумбії та Бразилії – лише на 14 ринках. Прибуток було спрямовано на просування української культури та надання допомоги українцям. Після різкого спаду 2022 року пивний ринок України почав відновлюватися. За перший квартал 2023 року порівняно з аналогічним періодом попереднього року приріст становив понад 60%. Незважаючи на скорочення обсягів виробництва, закриття виробничих майданчиків та наявність олігополії на ринку, перспективи розвитку пивної галузі в Україні є. Зокрема,

до таких перспективних шляхів можна віднести розвиток крафтових пивоварень (маленьких незалежних пивоварень, які готують напій за традиційними рецептами), які є дуже популярними в Україні. Рівень виробництва та продажів надалі залежатиме від перебігу військових дій та економічної ситуації. На повернення до споживчих показників 2021 року в регіонах, де активні бойові дії закінчилися 2022 р., потрібно близько двох років. Рітейлери теж не очікують швидкого оновлення ринку, оскільки алкоголь не є товаром першої необхідності, тому це одна з категорій, від якої люди починають відмовлятися задля економії грошей. Найбільшу загрозу пивоварній промисловості України становлять негативні макроекономічні тенденції, особливо зменшення обсягів платоспроможного населення. Пивна продукція не відноситься до продуктів першої необхідності, тому цілком імовірно, що рівень споживання пивної продукції в 2023 році буде нижчим від довоєнного рівня. Перспективним є розвиток експорту вітчизняного пива через популяризацію на іноземних ринках.

Пивний Гігант - Компанія Carlsberg Ukraine відносять до потужної компанії в Європі Carlsberg Group, яка за розмірами капіталу є четвертою в світі. Компанія нараховує більше 550 торгових марок. В її складі працюють більше 35000 робітників, продукція експортується в більш ніж на 155 ринках світу: АТ ПБК «Славутич» у Запоріжжі, Пивзавод «Славутич» у м. Києві та у м. Львові.

Його відомі торгові марки: «Славутич», «Львівське», «Арсенал», «Хмільне», «Балтика» як Tuborg, Carlsberg, Holsten, Corona, Negra Modelo,

Guinness, Zatecky Gus, Kilkenny, Harp, Warsteiner, Grimbergen.

АТ «Оболонь» – єдине в Україні потужне вітчизняне підприємство. До складу АТ «Оболонь» входить завод у м. Києві, Пивоварня Зіберта у м. Фастів, а також пивзавод у м. Красилів, у м. Охтирка, у м. Бершадь. АТ

«Оболонь» має свій власне потужне солодове підприємство в смт. Чемерівці в Хмельницькій обл. Компанія «Оболонь» випускає пиво під такими торговими марками, як:

«Оболонь», «Zibert», «Nike», «Zlata Praha», «Carling», «Десант», «Охтирське»,

«Жигулівське», слабоалкогольні напої «Icelife», «Бренді-кола», «Ром-кола», «Джин-Тонік», «Ріо-де-мохіто», безалкогольні напої «Живчик», «Кола Нова», АТ «Оболонь» окрім відомих торгових марок пива виготовляє також різноманіття безалкогольних напоїв а також як товарну продукцію – пивоварний солод, дробину збагачену корисними препаратами, бандажну (пакувальну) стрічку з переробленої ПЕТ-тари.

На ринку пивної індустрії відомий також гравець – ТОВ «Перша приватна броварня» (м. Львів) В останнє десятиріччя компанія здобула на ринку популярність за рахунок таких торгових марок як «Перша приватна броварня», «Жигулі Барне», «Галицька корона», «Радомишль»,

«Закарпатське», Stare Misto, Oettinger і Cervena Selka (ППБ) – підприємство харчової промисловості України, яке функціонує з 2004 року і зайняте у сфері виробництва та реалізації напоїв натурального бродіння (пива та квасу). ППБ наполегливо прагне вибратися за межі локального підприємства.

Висновки

. Сучасний Український ринок споживання напоїв суттєво залежить від рівня життя населення, його економічної спроможності, втілення нових технологій та сучасного обладнання у виробництво що забезпечить зниження вартості кінцевої продукції, розширить асортимент.

Технологія пивоваріння – є складним і довготривалим технологічним процесом. Спочатку злакову культуру миють, замочують, піддають пророщенню і висушуванню з метою отримання пивоварного солоду

збагаченого різними ферментами. Надалі подрібнений солод піддають ферментації та отримують пивне сусло. В подальшому до останнього додають пивні дріжджі і передають на головне бродіння та подальше доброджування.

Потім із подрібненого солоду в результаті ферментативних перетворень крохмалю та білків одержують пивне сусло, яке за допомогою дріжджів та їхніх ферментів зброджують на пиво.

Наша країна має розвинену, потужну сільсько-господарську індустрію, сприятливі умови для пророщування злакових культур та хмелю , як наслідок, наша держава має потужний потенціал у виробництві власної сировини а також експортного потенціалу.

8 Технологія машинобудування

Вибір вузла та аналіз характеристик виробу

В запропонованому проекті проведено розробку складального креслення стерилізатора. Даний пристрій використовується для холодної стерилізації ПЕТ тари.

Нижче розглянуто процес складання даного пристрою.

Пристій показано на креслені №2 та на рис.8.1 ,технологічна схема складання показаний на креслені №6 та рис.8.2

Стерилізатор являє собою копір по якому рухаються робочі стерилізуючі органи (направляючі, прихват пляшки, УФ лампи) мають два підшипникові вузли з кульковими підшипниками на які встановлені направляючі з упорами(при хватами) та УФ лампами, що дозволяє плавно переміщувати трубки по направляючим та закріплювати їх за допомогою рукоятки.

Подетальний склад стерилізатора наведений у табл. 8.1. Технологічний маршрут складання вузла описаний у табл. 8.2.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Якимчук М. В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Балайно І С	<i>Назва, додаткова назва</i> Технологія машинобудування	221852.KP.01.008 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В		<i>№ змін</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i>

Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей
1	Копір	1
2	Направляюча	1
3	Направляюча	1
4	Упор	1
5	Прокладка	1
6	Трубка	2
7	Трубка	1

8	Прокладка	1
9	Прокладка	1
10	Упор	1
11	Фланець	1
12	Втулка	2
13	Втулка	4
14	Вентиль	1
15	Болт	1
16	Болт	2
17	Підшипник	2

Номер переходу	Зміст переходу
10 Збирання підшипникового вузла	
10.1	Запресувати підшипник 17 у втулку 12
10.2	Запресувати втулки 13 у підшипник 17
20 Встановлення упору	
20.1	Приварити фланець 11 до направляючої 3
20.2	Закріпити упор 10 до фланця 11 за допомогою болта 15
30 Закріплення направляючих на підшипникових вузлах	
30.1	Закріпити підшипниковий вузол на направляючій 2 болтом 16
30.2	Закріпити підшипниковий вузол на направляючій 3 болтом 16
40 Встановлення трубок	
40.1	Встановити в направляючу 2 прокладки 8 та 9
40.2	Встановити в направляючу 2 та 3 трубки 6
40.3	Одягнути на трубки 6 прокладку 5 та упор 4
40.4	Встановити трубку 7 в прокладку 8
40.5	Закріпити трубку 7 рукояткою 14
50 Складання стерилізатора	
50.1	Встановити втулки 12 з підшипниковими вузлами, направляючими та трубками в корпус копіра 1
60 Контрольна	

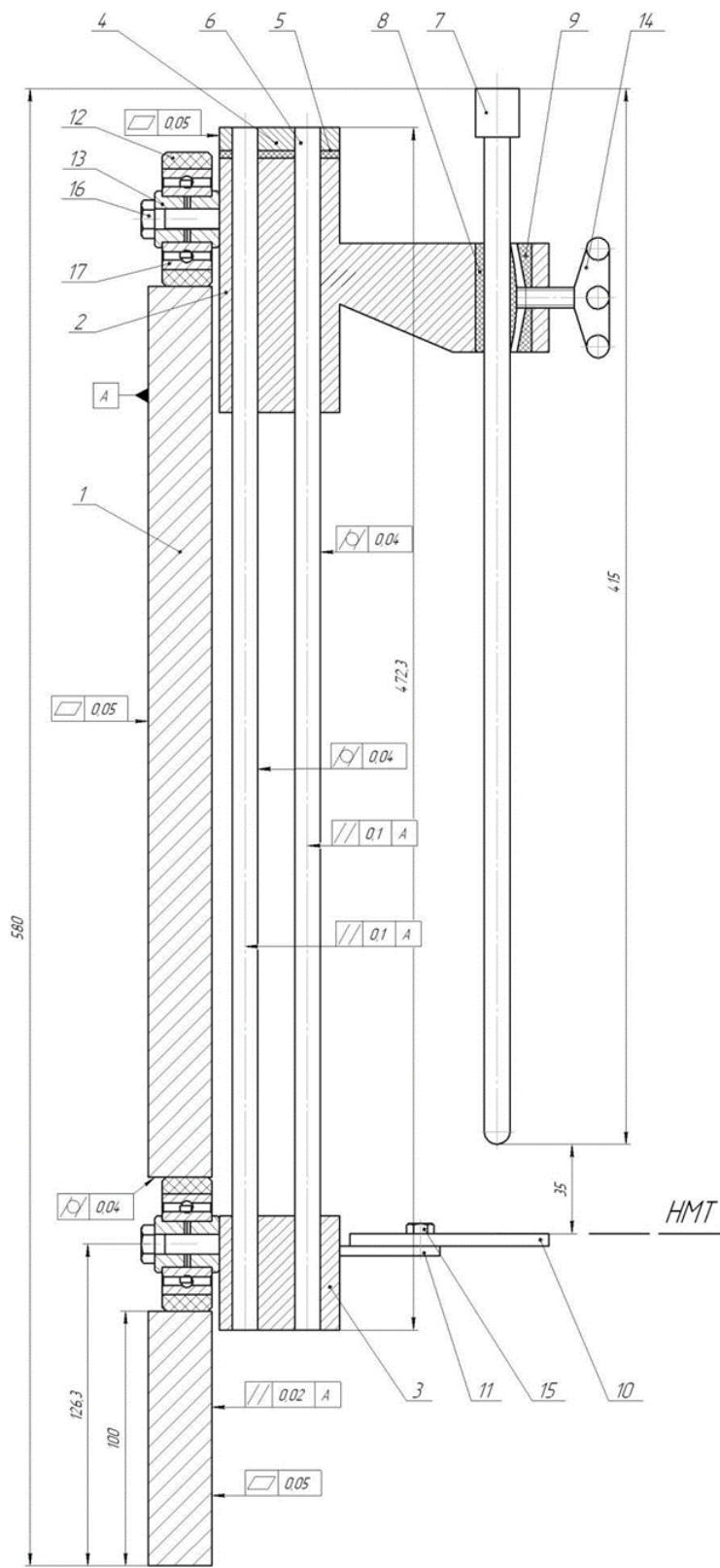


Рис.8.1 Стерилізатор

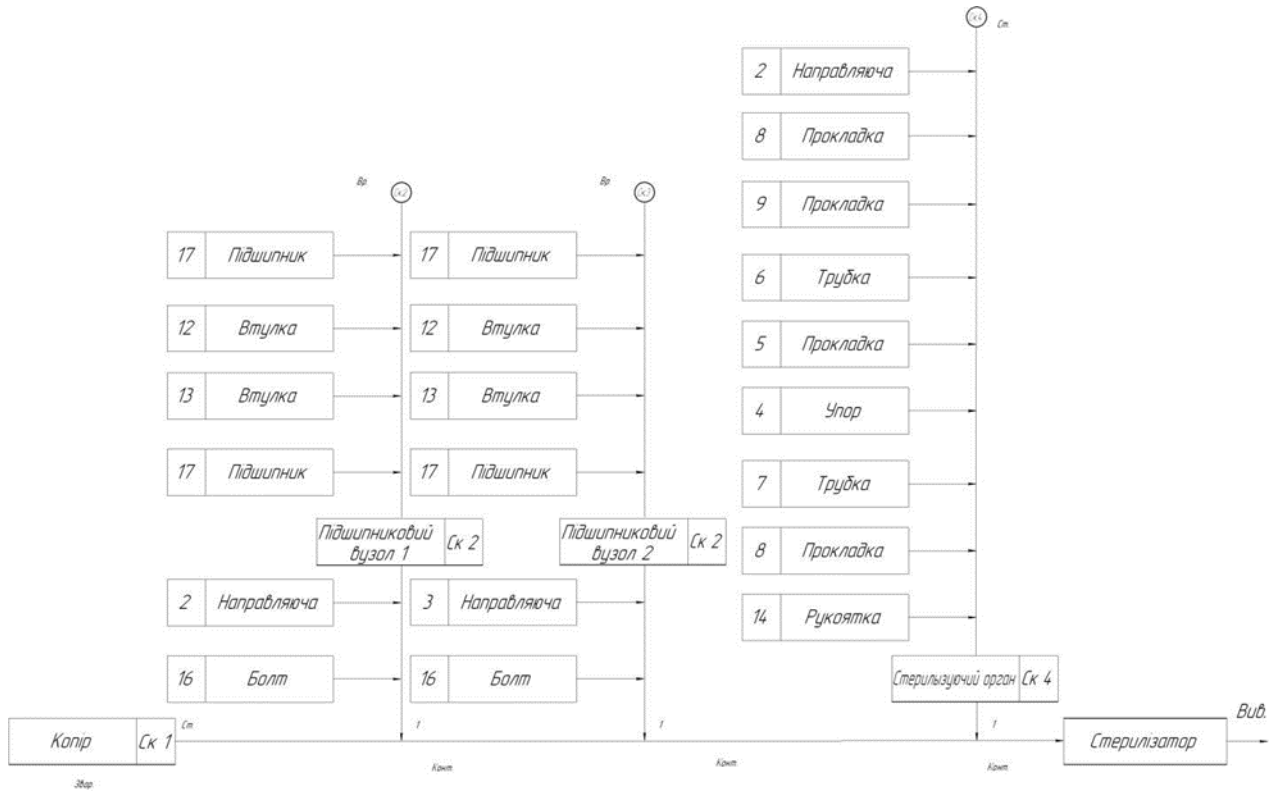


Рис.8.2 Технологічна схема складання стерилізатора

Висновки

Під час виконання магістерської роботи було проведено всебічне техніко-соціальне обґрунтування процесу мокрого подрібнення пивоварного солоду, що є важливим етапом у технології виробництва пива. У ході дослідження було сформульовано мету, , визначено об'єкт дослідження — установку для подрібнення солоду, а також поставлено завдання, спрямовані на дослідження основних технічних і технологічних характеристик .

1. Було проаналізовані наукові роботи щодо теоретичних основ процесу подрібнення солоду. Проведено аналіз сучасних конструкцій устаткування для подрібнення, а також їх технічних особливостей. У ході цього аналізу розглянуто різні види обладнання для подрібнення, їх переваги та недоліки. На основі цього визначено, що установка мокрого подрібнення солоду типу MILLSTAR є найбільш ефективним і перспективним вибором для реалізації цього процесу.

2. Запропоновано нову конструкцію установки для мокрого подрібнення солоду, яка здатна забезпечити підвищену продуктивність і стабільність роботи. Вона враховує сучасні вимоги промисловості, включаючи зниження енергоспоживання, покращення умов роботи та підвищення якості кінцевого продукту.

3. Встановлена залежність між зусиллями, що виникають у процесі подрібнення солоду в установці та механічними властивостями матеріалу.

Відповідальна організація <i>НУХТ</i>	Технічне узгодження <i>Якимчук М. В.</i>	Вид документа <i>Пояснювальна записка</i>	Статус документа			
Власник документа <i>НУХТ</i>	Розробник документа <i>Балайнов І. С.</i>	Назва додаткова назва Висновки	<i>221852.KP.01.000 ПЗ</i>			
	Документ затверджено <i>Якимчук М. В.</i>		№ змін	Дата видання	Мова <i>UA</i>	Аркуш

4. Під час проведення експериментальних досліджень було ідентифіковано ключові фактори, що мають суттєвий вплив на режими функціонування розробленої конструкції подрібнювального пристрою. Серед них особливо важливими є n — частота обертання барабана; $F_{пр}$ — зусилля стискання у пружинах механізму для притискання валків; b_1 — величина зазору між поверхнею барабана і першим валком; b_2 — зазор між барабаном і другим валком.

5. Встановлено, що найбільший вплив на продуктивність Q пристрою подрібнення має частота обертання барабана (n): зі збільшенням швидкості обертання продуктивність значно зростає. Крім того, дослідження впливу геометричних параметрів обладнання продемонстрували, що на тонкість помелу основний вплив здійснює величина зазору b_2 між барабаном і другим валком. Зменшення цього зазору сприяє отриманню тоншого помелу, що є важливим для покращення якості кінцевого продукту.

6. Розроблені методики експлуатації машини, пов'язані з технічним обслуговуванням обладнання та заходам із захисту довкілля, які забезпечують мінімізацію шкідливих впливів під час експлуатації обладнання.

Список використаних джерел

1. Стеценко Н. О. Розроблення сиркової маси з рослинним наповнювачем для геродієтичного харчування. Проблемы старения и долголетия. 2016. Т. 25, № 2. С. 280-286.

2. Камінська С. В., Ясінська І. Л., Башта А. О., Основи кріогенних і сушильних технологій лабораторний практикум для здобувачів освіт. ступ. "Бакалавр" спец. 181 "Харчові технології" освіт.-проф. програми "Харчові технології та інженерія" ден. та заоч. форм навч. Нац. ун-т харч. технол. Київ : НУХТ, 2019. 34 с. .

3. Базилевич В.Д. Економічна теорія. Політекономія. Практикум: навч. посіб. К. : Знання, 2010. 494 с.

4. Швед В.В. Конкурентоспроможність підприємства та особливості їх визначення в сучасних умовах. Вісник Дніпропетровського університету. 2013. Випуск 7/1. С. 92-97. 92

5. Адамик В.А. Оцінка конкурентоспроможності підприємства. Вісник Тернопільського національного економічного університету. 2012. № 1. С. 69-78.

6. Панасенко Д.А. Конкурентоспроможність підприємства: сутнісна та функціональна характеристики. Вісник 97 Національного університету «Львівська політехніка». Львів: Видавництво Львівської політехніки. 2012. № 727. С. 270-276.

7. Токаев, Э.С. Сывороточные белки для функциональных напитков. Молочная промышленность. 2007. №10. С.55.

8. Кернасюк, Ю. Молочний сектор : реалії і перспективи [Електронний ресурс] Агробізнес сьогодні. №6(301). березень 2015. Режим доступу : <http://www.agrobusiness.com.ua/ekonomichnyi-gektar/2805-molochnyi-sektorrealiii-iperspektyvy.html>

Відповідає організація НУХТ	Технічне узгодження Якимчук М. В.	Вид документа Плянально-записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Білобров І С	Назва, додаткова назва Список використаних джерел	221852.KP.01.000 ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук МВ		№ змін	Дата видання	Мова UA	Аркуш

9. Моргун О. В. Напрями розвитку молочної галузі та молокопереробної промисловості. Економіка АПК. 2012. № 7. С.62-63.
10. Постернікова О. О. Розвиток ринку молока та молочних продуктів в Україні. Придніпровський науковий вісник. 2014. №11. С. 98-101.
11. Чабан Г.В. Молочна промисловість: стан, проблеми і перспективи. Економіка АПК. 2013. № 5. С. 51-56.
12. Алексеєва К.А. Удосконалення організаційно-економічного механізму державного регулювання інноваційної діяльності. Фондови ринок. 2008. № 48 С. 20-24. 93
13. Петруха С., Колотуша М. Інноваційна активність підприємств харчової промисловості; упорядкування та динаміка параметрів (таблиці). Економіст. 2007. № 3 (245). С. 35–81.
15. Домарецький В.А., Калакура М.М., Романенко Л.Ф. та ін. Загальні технології харчових виробництв // В.А Домарецький - К.: Україна, 2010. – 813с.
16. «ОБОЛОНЬ» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://obolon.ua/ukr/#>
17. «ОБОЛОНЬ» — найбільший виробник напоїв в Україні [Електронний ресурс] / Режим доступу до ресурсу: <http://obolon.ua>
18. Дикань В.Л. Стратегічне управління : [навч. посіб.] / В.Л. Дикань, В.О. Зубенко, О.В. Маковоз, [та ін.]. – Київ : ЦУЛ, 2013. – 272 с.є
19. Бельтюков Є.А., Некрасова Л.А. Конкурентна стратегія підприємства: сутність та формування на основі оцінки рівня конкурентоспроможності / Є.А. Бельтюков, Л.А. Некрасова // Економіка: реалії часу. – 2014. – № 2(12). – С.
20. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.economics.opu.ua/files/archive/2014/n2.html>
21. ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методика контролювання якості» [Чинний від 2014-12-06]. Видання офіційне. Київ, 2018. 14 с.

22. ДСТУ 3888:2015 «Пиво. Загальні технічні умови» [Чинний від 2015-04-30]. Видання офіційне. Київ, 2015. 17

23. Hazard Analysis and Critical Control Point official site [Electronic resource] - Resource access mode: <https://www.haccp.com> 30. The Evolution of of Brewing Tech: Innovations that have redefined beer in the modern age [Electronic resource] - Resource access mode: <https://www.growlermag.com/the-evolution-of-of-brewing-tech-innovationsthat-have-redefined-beer-in-the-modern-age/>

24. czechbrewerysystem [Electronic resource] - Resource access mode: <https://www.czechbrewerysystem.com/beer-production-technology/>

25. Звернення на ресурс <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text> :ДСанПіН 2.2.4-171-10. [Чинний від 2010–12–05]. (Дата звернення 02.01.2022)

25. Звернення на ресурс. Информационный ресурс Пивные комментарии (Beer Comments) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://beercomments.com.ua/> (Дата звернення 25.01.2022)

26. Звернення на ресурс. Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів: Закон України від 1.07.1998 р. №19 Дата оновлення: 04.02.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-вр#Text> (Дата звернення 25.01.2022)

27. Звернення на ресурс. Сайт ПрАТ «Укрпиво» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: // <http://www.ukrpivo.com> (Дата звернення 25.01.2022)

28. Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства / С. В. Іванов, В. А. Домарецький, В. Л. Прибильський та ін. Київ: НУХТ, 2012. 487 с

29. Кошова В.М., Куц А.М., Лубяной М.О. Чисте довкілля – додатковий прибуток. Харчова промисловість. 2014, № 14. С. 72-77.

30. Метод. вказівки до викон. диплом. проекту для студ. спеціальності 181 «Харчові технології» освітнього ступеня «бакалавр» усіх форм навч. / уклад. В.Г. Юрчак, В.М. Кошова, В.І. Бабенко, О.І. Гашук, О.О. Євтушенко.

Н.П. Івчук, Т.І. Іщенко, С.Й. Крижановський, В.М. Махинько, А.Г. Пухляк, Ю.М. Резніченко, З.М. Романова, В.М. Сидор, Н.М. Ющенко. К.: НУХТ, 2017. 45 с.

31. Гуць В.С., Євтушенко О.В. Основи промислового будівництва та санітарної техніки: конспект лекцій для студентів напрямів підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія», 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування», 6.050601 «Теплоенергетика», 6.050604 «Енергомашинобудування» денної та заочної форм навчання. Київ: НУХТ, 2012. 120 с.