

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

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Машини і апарати харчових та фармацевтичних виробництв

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ доц. Блаженко С.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 2021р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри МАХФВ
_____ проф., д.т.н. Гавва.О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 2021р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 133 «галузеве машинобудування»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових виробництв

на тему: Дослідження процесу висушування пивної дробини в установці барабанного типу

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ОХ-2-5м

_____ Стеценко Максим Анатолійович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник: доц., к.т.н. Удодов Сергій Олександрович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент

_____ Бабко Є.М.
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що в цій
кваліфікаційній роботі немає
запозичень із праць
інших авторів без відповідних
посилань.

_____ (підпис)

Київ – 2021 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навч.-науковий інженерно-технічний інст. ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Машини і апарати хачових та фармацевтичних виробництв

Освітній ступінь Магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Інжиніринг харчових виробництв

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф., д.т.н. Гавва О.М.

“ _____ ” _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Стеценко Максим Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема Дослідження процесу висушування пивної дробини в установці барабанного типу

керівник роботи Удодов Сергій Олександрович, доцент, к.т.н.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ _____ ” _____ 2021 року № _____

2. Строк подання здобувачем роботи 1 лютого 2021 року

3. Вихідні дані до роботи технічний паспорт обладнання; кресленники обладнання; навчальна нормативна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) реферат, зміст, техніко-соціальне обґрунтування проекту, сучасний стан технічних та ехнологічних рішень процесу переробки пивної дробини, методика проведення досліджень, дослідна частина та узагальнення результатів, опис апаратурно-технологічної схеми, розрахункова частина, підбір конструкційних матеріалів, правила монтажу експлуатації та ремонту обладнання, заходи по охороні праці, охорона довкілля, економічні розрахунки, висновки, список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	<i>Реферат</i>		
	<i>Зміст</i>		
	<i>Техніко-соціальне обґрунтування проекту</i>		
	<i>Сучасний стан технічних та технологічних рішень процесу переробки пивної дробини</i>		
	<i>Методика проведення досліджень</i>		
	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>		
	<i>Опис апаратурно-технологічної схеми</i>		
	<i>Розрахункова частина</i>		
	<i>Підбір конструкційних матеріалів</i>		
	<i>Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання</i>		
	<i>Заходи по охороні праці</i>		
	<i>Охорона довкілля</i>		
	<i>Економічні розрахунки</i>		
	<i>Висновки</i>		
	<i>Список використаних джерел</i>		

Здобувач

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Стеценко М.А.

(прізвище та ініціали)

Удодов С.О.

(прізвище та ініціали)

Реферат

Магістерська робота на тему:

“Інтенсифікація процесу сушіння пивної дробини в барабанній сушарці”

В пояснювальній записці обґрунтовано актуальність обраної теми, дана характеристика вітчизняної пивоварної галузі, проведений аналітичний огляд машин для обробки пивної дробини. Зроблені теоретичні основи процесу сушіння, загальні параметри пивної дробини та визначені характеристики, що мають вплив на роботу сушіння.

Досліджено роботу сушіння пивної дробини. Виконана методика виконання експериментів та виконані експериментальні роботи в справжніх умовах ПрАТ “ОБОЛОНЬ”, а саме завантажено харашо оптимізовані умови в роботі сушіння пивної дробини. Зроблені висновки щодо оптимістичного режиму сушки пивної дробини, які можна впровадити в промисловість.

Робота складається з листів пояснювальної записки.

Ключові слова: пивна дробина, пиво, сушарка, екологічний корм

ЗМІСТ

Реферат.....	.....
Зміст.....	.....
Вступ.....	.....
1. Техніко-соціальне обґрунтування проекту .....	.....
2. Сучасний стан технічних та технологічних рішень процесу переробки пивної дробини .....	.....
2.1. Характеристика пивної дробини.....	.....
2.2. Основні методи переробки.....	.....
2.3. Технологічні аспекти переробки способом сушіння.....	.....
2.4. Основні напрями використання пивної дробини.....	.....
3. Методика проведення досліджень.....	.....
4. Дослідна частина та узагальнення результатів.....	.....
4.1. Експериментальна частина.....	.....
4.2. Моделювання за допомогою програми Flow Vision.....	.....
5. Опис апаратурно-технологічної схеми .....	.....
6. Розрахункова частина.....	.....
6.1. Розрахунок технологічних параметрів .....	.....
6.2. Тепловий розрахунок.....	.....
6.3. Кінематичний розрахунок.....	.....
6.4. Конструктивний розрахунок.....	.....
6.5. Розрахунок теплової ізоляції.....	.....
7. Підбір конструкційних матеріалів.....	.....
8. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання.....	.....

8.1.Монтаж.....	.....
8.2.Ремонт.....	.....
8.3.Експлуатація.....	.....
9.Заходи по охороні праці.....	.....
10.Охорона довкілля.....	.....
11.Економічні розрахунки.....	.....
Висновки.....	.....
Список використаних джерел.....	.....

Вступ

Харчова галузь містить в собі важливі, складні і самостійні галузі, такі як: виробництво цукру, виробництво спирту, виробництво хлібу, виробництво м'яса і молока, виробництво пива і безалкогольних напоїв та багато других схожих галузей харчовій промисловості (кондитерське, макаронне, мукомельне). Харчова галузь — одна з потребуючих структуроформуючого виробництва продуктів не тільки агропромислового й промислового галузей, а й усього народного господарства країни.

Питома вага в цій промисловості в складі виготовлення продуктів харчування є 52,8 %, у загальному об'ємі харчової продукції — 16,3, а продукції агропромислової промисловості — 33,5 %. Товари харчування мають 68 % основного вироблення продуктів життєвого харчування у кінцевих цінах, 63% основного об'єму різного товарообігу та 61,5 % у системі приватного споживання матеріальних благ громадянами України.

Техногенний комплекс заводів харчової галузі за бижайші роки бистро змінилася. Біля обладнання, зроблених на початку розвитку галузі, появились краще обладнання, зроблене нашими машинобудівними підприємствами, змонтовані зарубіжними компаніями, об'єднаними заводами. Тимчасові та закріплено діючі презентації на виставках подають нові екземпляри різних машин для виробництва пакування та збереження споживчих продуктів.

Виготовлення якісних харчових товарів дійсний тільки за умов експлуатації новітніх видів промислового обладнання. Реалізація кращих технічнологічних показників у його роботі дає добре вивчення суті фізико-хімічних систем, які проходять на проміжку стадій виготовлення, будови технічного устаткування та прийомів оптимістичної його роботи в процесі. Це облегує цінність досконалості машини, щл дає підвищити його

надійність та довговічність, забезпечує оптимальне введення потужності та режиму процесу.

Пивоваріння, опираючись на населення, виготовляє новітні сорти в пивній галузі, якість яких на високому рівні і залежить від початкових компонентів - води, хмелю та ячменю. Не дивлячись на не постійність при виробництві пива, об'єми пивного виготовлення збільшуються.

Грошовий обсяг продажів пива зростає за рахунок збільшення ціни на товар - близько на 20% за один рік, а також завдяки зростанню товарів на оптимальній і преміум-сегменти. До того ж велика цікавість до дорогих брендів підігривають не великі українські виробники. Зараз 96% ринку пива контролюють чотири гіганти: InBev, "Оболонь", Carlsberg Group і SabMiller. Маленькі підприємства не можуть витримати середню ціну, що диктують ці компанії. З кожним роком споживання пива в Україні збільшується на 15%. Робота пивоварних компаній приводить до появи великої кількості різного роду відходів, таких як роздроблений солод, лушпиння, пил, промивні води, залишкові пивні дріжджі, осад і т.д. Основну частину відходів пивоварних заводів займає солодова (пивна) дробина (82-87%). Солодова дробина утворюється в процесі фільтрації затору як залишок після відділення рідкої фази - пивного суслу. Дробина складається з рідкої (45 %) і твердої (55 %) фаз. Тверда фаза дробини містить м'яку оболонку й нерозчинну частину зерна. Використання дробини у свіжому вигляді пов'язане з рядом труднощів. По-перше, сира дробина швидко закисає й пліснявіє (строк зберігання свіжої дробини не більше 24 год), а по-друге, транспортування сирої дробини до місця споживання проблематичне й дороге (вона подвоює ціну відходу). Для вирішення цієї проблеми запропоновано різні способи збереження дробини для кормових цілей, таких як: консервування,

центрифугування і фільтрування. Але більша їх частина так і не знайшла широкого свого впровадження в промисловості із-за низької ефективності. З метою підвищення стійкості при зберіганні і транспортабельності пивної дробини пропонується спосіб сушіння дробини з подальшим її гранулюванням. Калорійність сушеної дробини дорівнює 439,9 кал. (на 1 т). Суха пивна дробина-екологічно чистий продукт, стійка при зберіганні і транспортабельна.

1. ТЕХНІКО-СОЦІАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Безперервний процес удосконалення в пивоварній промисловості повинен розвиватися в наступних напрямках: впровадження нової більш ефективної техніки і технологій, що підвищують вихід і якість кінцевого продукту; здійснення комплексної механізації важких і трудомістких робіт; автоматизації виробничих процесів і контролю за ними; скорочення витрат на паливо; якомога швидша переробка виробничих відходів, скорочення тривалості виробничого циклу.

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

Для ефективної утилізації пивоварних відходів в даній роботі розробляється високоефективна установка для переробки пивної дробини.

Робота пивоварних компаній приводить до появи великої кількості різного роду відходів, таких як роздроблений солод, лушпиння, пил, промивні води, залишкові пивні дріжджі, осад і т.д. Основну частину відходів пивоварних заводів займає солодова (пивна) дробина (82-87%).

Пивна дробина є джерелом вільної органічної речовини, містить в своєму складі зернові оболонки, нерозчинні частинки зерна, багаті біологічно - активними речовинами і майже весь жир і білок ячменю. За рахунок вмісту в дробині великої кількості вологи (70-80%), створюються хороші умови для розвитку гнильної мікрофлори, тому дробина схильна до швидкого псування.

Проведені дослідження сирої пивної дробини показали, що різниця по основних хімічних показниках, що характеризують якість корму в перерахунку на суху речовину, незначна. Мікробіологічні дослідження показали, що при простому способі зберігання вже на третю добу починається бурхливий розвиток цвілевих грибів (*Aspergillus*, *Fusarium*,

Penicillum). Ці гриби активно виділяють в оточуюче середовище мікотоксини - отруйні продукти життєдіяльності, які є причиною отруєнь і захворювань у тварин.

Одержані дані примушують шукати ефективні шляхи збереження дробини як нетрадиційного джерела корму, які полягають в запобіганні розвитку цвілевих грибів і накопичення мікотоксинів.

Сезонність в роботі пивоварних компаній, з піками виробництва, що приходяться на весінньо-літній період, приводить до накопичення великих об'ємів пивної дробини. Тому розробка ефективних способів переробки літньої практично безкоштовної дробини є актуальною.

Існує декілька способів попередньої обробки сирій пивної дробини: консервація, центрифугування, фільтрування і сушка. Можливі також різні комбінації цих методів. Силос, одержуваний при консервації пивної дробини традиційними методами, за допомогою спеціальних силосних заквасок або ферментних препаратів через низьку кислотну стабільність рекомендується згодовувати протягом короткого періоду часу. Для збільшення термінів зберігання силосу використовують хімічні речовини. Кормові продукти, одержувані при центрифугуванні або фільтруванні сирій пивної дробини, є екологічно чистими, мають високий вміст білка, зберігають мінеральні речовини і вітаміни основного продукту.

Але, використання дробини у свіжому вигляді пов'язане з рядом труднощів. По-перше, сира дробина швидко закисає й пліснявіє (строк зберігання свіжої дробини не більше 24 год), а по-друге, транспортування сирій дробини до місця споживання проблематичне й дороге. З метою підвищення стійкості при зберіганні і транспортабельності пивної дробини пропонується спосіб сушіння дробини з подальшим її гранулюванням.

Дробина в сухому вигляді, на відміну від сирій, зберігається півроку, містить вітаміни групи В та необхідні для життя мікроелементи. Оброблена

дробина застосовується як корм для сільськогосподарських тварин.

Перед сушінням дробину необхідно відпресувати на дискових пресах, знижуючи її вологість приблизно до 67 %. Далі відбувається сушка і гранулювання.

Пропонуєма трубчаста сушарка являє собою циліндр, що складається з двох частин. В середині розташований вал, на валу кріпиться 4 трубні решітки, в які ввальцьована велика кількість трубок. На зовнішній поверхні трубок під певним кутом розташовані лопаті за допомогою яких дробина переміщується і поступово переміщується з одного напрямку в інший при поступальному русі валу, і по мірі переміщення вона висушується.

Розробка даної установки проводиться на базі аналогічних наукових та теоретичних розробок, як в вітчизняних апаратах так і в закордонних варіантах. Впроваджене обладнання має значний економічний та соціальний ефект.

Представлена розробка є актуальною і доцільною, та створена для потреб народного господарства України. Ефективність установки даного виду визначається підвищенням прибутковості підприємства завдяки збуту відходів пивоварного виробництва, капіталовкладенням, терміном окупності капітальних вкладів. Необхідно також врахувати забезпеченість зберігання вантажів, безпечність і довговічність роботи техніки, енергоємність силової установки, зручність обслуговування, прискорення повернення оборотних коштів і ін.

Роблячи висновок потрібно сказати, що сьогодні те підприємство має право на існування, яке передбачає вищий рівень продуктивності праці, ефективне використання матеріальних і енергетичних ресурсів, впровадження у виробництво нових і удосконалених технологій та високоефективного обладнання, сучасних способів механізації, автоматизації та комп'ютеризації. В кінцевих результатах все це повинно

характеризуватись великим прибутком, низькою собівартістю продукції та високою якістю кінцевих продуктів, тобто, в даній роботі, пивної дробини, як поживного корму для сільськогосподарських тварин.

2.Сучасний стан технічних та технологічних рішень процесу переробки пивної дробини

2.1 Характеристика пивної дробини

Пивна дробина - осад, що утворюється після фільтрації пивного сусла в процесі варки пива. Це натуральний, екологічно чистий продукт з високим вмістом протеїну (в 2-3 рази більшим, ніж в ячмені), високоякісний корм для тварин без хімічних домішок [16].

Дробина складається з рідкої (45 %) і твердої (55 %) фаз. Тверда фаза дробини містить оболонку й нерозчинну частину зерна.

Солодова дробина має густу консистенцію груборозмеленого зернового продукту, має ясно-коричневий колір, солодкуватий смак і солодовий запах. У дробині залишається 75 % білкових речовин і 80 % жиру, що міститься в зернопродуктах, які затираються - солоді й несолоджених матеріалах.

Склад дробини залежить від якості солоду, кількості несолодженої сировини, а також сорту виготовленого пива.

Дробина вологістю 79,6% містить приблизно 5% білкових речовин, 1,5% жиру й 9,7% безазотистих екстрактивних речовин. Зола дробини багата фосфорними солями, кальцієм, магнієм, вміст яких залежить як від складу зернопродуктів, так і від складу води, використовуваної для затирання.

В таблиці 1.1 наведені параметри, характерні для свіжої і щойно відпресованої пивної дробини. Як видно з наведених у таблиці даних, пивна дробина за 79,6% вологості (натуральної) має достатню кількість поживних і мінеральних речовин.

Як видно з наведених у таблиці даних, пивна дробина за 79,6% вологості (натуральної) має достатню кількість поживних і мінеральних речовин.

Таблиця 2.1. Фізико-хімічні показники вологої дробини

Параметр	Волога дробина	Пресована дробина
Суха речовина %	20,4	33.0
Вологість %	79,6	67.0
Сирий білок %	5,1	8.3
Сирий жир %	1,5	1,9
Сира клітковина %	3,3	5,5
Сира зола %	0,8	1,2
Безазотисті екстрактні речовини	9,7	16.1
Крохмаль %	0,9	1,5
Цукор. %	0,05	0,09
Величина рН	5,44	5,67
Молочна кислота %	0,00	0,00
Оцтова кислота. %	0,00	0,00

Аналіз сухої дробини показав, що вона містить 27 % білкових речовин, 15,5% лігніну, 51% цукрів, у число яких входять глюкоза, ксилоза, араїноза, галактоза, маноза. З метою підвищення вмісту повноцінного протеїну та вітамінів групи В на ЗАТ «Оболонь» на сушку подаються також пивні дріжджі.

Таблиця 2.2. Фізико-хімічні показники сухої дробини

	Норма	
	Суха пивна дробина	Суха пивна дробина збагачена дріжджами
1	2	3
Масова частка вологи,%,не більше	12,0	12,0
Масова частка сирого протеїну, %,не	20,0	22,0
Масова частка сирої клітковини,%,не	16,0	16,0
Масова частка сирої золи,%, не більше	6,0	6,0
Масова частка білкових речовин,%, не	27,0	27,0
Масова частка сирого жиру,%,не більше	4,0	4,0

Дробина в сухому вигляді, на відміну від сирої, зберігається півроку, містить вітаміни групи В та необхідні для життя мікроелементи. Вихід дробини залежить від якості й екстрактивності солоду й несолодженої сировини й від ступеня використання екстракту при варінні. Норма утворення пивної дробини вологістю 86 % приймається 2,5 т дробини на 1000 дал пива.

2.2 Якість консервованої пивної дробини

За даними болгарських та німецьких науковців, які давно займаються консервуванням як вологого фуражного зерна, так і пивної дробини, існує багато способів консервування вказаної сировини. Фахівці ТОВ “Цитрон-агро”, яке виготовляє біологічні закваски для консервування силосу, та науковці кафедри годівлі сільськогосподарських тварин і технології кормів ім. П. Д. Пшеничного НАУ провели дослідження з консервування зразків свіжої пивної дробини натуральної вологості (77%) амілолітичним молочнокислим стрептококом (АМС). Після шестимісячного зберігання законсервованих зразків пивної дробини фахівці проблемної лабораторії кафедри годівлі сільськогосподарських тварин і технології кормів ім. П. Д. Пшеничного дослідили її хімічний склад за натуральної вологості та абсолютно сухої речовини (табл. 1.3).

Таблиця 1.3. Хімічний склад консервованої пивної дробини, г/кг

Волога	Суша	Сира	Сирий	Сира	Сирий	БЕР	Са	Р
754,3	245,3	12,1	66,2	49,5	28,5	89,4	0,10	1,64
0	100	49,4	269,6	201,4	116,0	363,8	0,40	6,69

Як видно з наведених у таблицях даних, у законсервованій пивній дробині після шестимісячного терміну збереглась достатня кількість поживних речовин порівняно зі свіжою, а ще вона має доволі високу енергетичну цінність.

2.3 Основні методи переробки пивної дробини

На підприємствах пивоварної промисловості щорічно накопичується велика кількість дробини вологістю 70-80%, яка містить в середньому більше 20% сухих речовин з високим рівнем протеїну (12-15%), що перевищує майже в 3 рази його вміст в ячмені. В той же час на полігонах пивоварних підприємств в даний час накопичилося сотні тисяч тонн пивної дробини. Ця суміш рослинних і мікробних білків, складних вуглеводів, органічних кислот і інших речовин, складуюча на відкритих майданчиках і в котлованах полігонів, вже на третій день виділяє в біосферу отруйні продукти гідролізу і гниє (у тому числі газу з поганими запахами - скатол, індол, аміак). В такому стані відходи здатні лежати в «могильниках» до 50 років, активно забруднюючи біосферу своїми виділеннями. Хімічні продукти розпаду, поступово проникаючи в ґрунт, отруюють ґрунтові води, землі стають непридатними до господарського використання на десятки років (причому з непередбачуваними екологічними наслідками).

Пивоварні заводи зацікавлені у продажу пивної дробини, особливо в теплий період року, коли вона схильна до інтенсивного розкладання з масою несприятливих ефектів.

Отже, пивоварним заводам економічно не вигідно відправляти пивну дробину на звалище. Залишається одне: такі відходи слід переробляти самостійно або продавати іншим організаціям. Проте охочих придбати пивну дробину мало. Причиною цього є незнання всього потенційного спектру її вживання і слабка технологічна оснащеність. Щорічно на пивоварному заводі середньої потужності йде у відходи 35000 тонн пивної дробини. При таких масштабах уміле і дбайливе використання відходів і побічних продуктів не тільки може дати відчутний дохід переробнику цих відходів, але і усунути загрозу забруднення навколишнього

середовища.

Пивна дробина - вторинний продукт пивоваріння, успішно вживаний як кормова добавка до раціонів продуктивних тварин в свіжому вигляді або в сухому вигляді.

Максимально підвищити цінність кормових добавок, що випускаються в даний час, з дробини для тварин можна тільки шляхом вдосконалення способів її переробки. Таких способів достатньо багато.

Одним з найперспективніших є *біоферментація пивної дробини*.

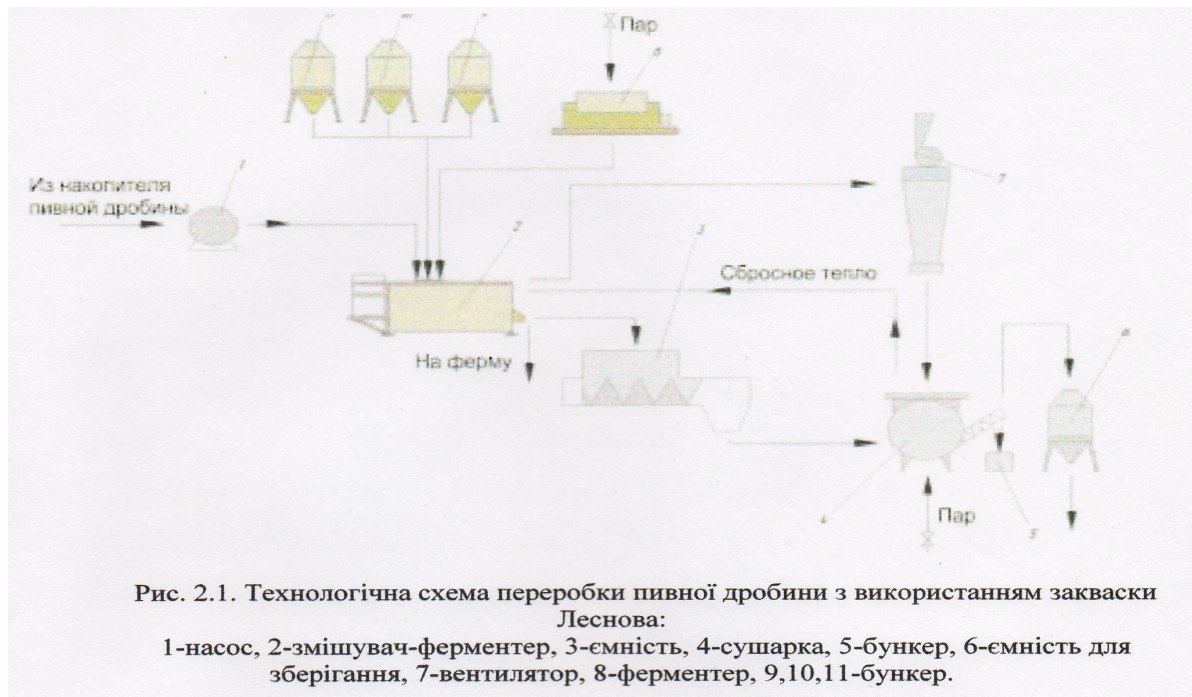
Біоферментація із застосуванням закваски Леснова, разом з підвищенням енергетичної цінності одержуваного корму, збільшує білкову складову за рахунок утворення додатково мікробного білка. Технологія приготування добавок із застосуванням закваски Леснова включає твердофазну ферментацію, яка в стислі терміни протягом 8-12 годин забезпечує значне підвищення в них протеїнової складової. В результаті цього процесу в оброблюваній сировині знижується вміст клітковини, збільшується кількість кормових одиниць, перетравного протеїну, легкокорозчинних цукрів. Також в процесі біоферментації синтезуються вітаміни.

Традиційним методом стабілізації вологості дробини у всіх розвинених країнах є процес сушки. Перед сушкою пивної дробини (45% - рідкої і 55% - твердої фракції) застосовують метод попереднього віджимання. З бункера пивна дробина поступає за допомогою коловоротного насоса в шнековий прес, де з пивної дробини віджимається не менше 20% рідини, тим самим знижуючи вологість до 60%. Проте при такому фільтруванні втрачається від 15 до 20% розчинних поживних речовин: амінокислот, вітамінів, макро і мікроелементів, що йдуть в рідку фракцію скидається в каналізацію.

Далі вологий концентрат поступає в накопичувальний бункер, з якого за допомогою шнека-дозатора маса поступає на сушку, в якій продукт зневоднюється до 10-12% вологи. Після висушування готовий

продукт застосовують в комбікормовому виробництві, фасують і реалізують.

Новизна пропонованого методу полягає в тому, що пропонується застосовувати твердофазну ферментацію із застосуванням універсальної закваски Леснова, яка є альтернативою вживанню кормових дріжджів і традиційних ферментів. Причому технологія біоферментації нескладна і недорога, екологічно чиста, не має шкідливих викидів в біосферу, що забруднюють її (рис. 2.1).



З накопичувальної місткості пивна дробина через коловоротний насос 1 поступає відразу в змішувач-ферментер 2. Рідка пивна дробина нагрівається за рахунок надмірного тепла від барабанної сушарки(можуть використовуватися і інші джерела нагріву сировини). Одночасно з бункерів 9-11 подаються компоненти з мінеральних солей, малоцінної рослинної сировини і робочої закваски Леснова в змішувач-ферментер 2, де перемішуються всі інгредієнти з рідкою пивною дробиною. За рахунок введення нових інгредієнтів

знижується вологість до 55-65%, регулюється кислотність. Робоча закваска готується по спеціальній інструкції з сухої закваски у ферментері 8 з розрахунку 5 р. сухої закваски Леснова на 1 тону оброблюваної сировини. Масу, що готується, залишають на 10-12 годин в спокійному стані для дозрівання при температурі у ферментері 40-60°C. Постійна температура підтримується за рахунок теплоізоляції змішувача-ферментера 3, циркуляції надмірного тепла від сушильного агрегату і позитивної температури (не менше 10°C) навколишнього середовища у виробничому приміщенні. Допустиме одне перемішування ферментованої маси після 6 годин біоферментації при двухступінчатій технологічній схемі внесення робочої закваски Леснова.

Після завершення біоферментації одержаний продукт вологістю 50-65% поступає на сушку або на реалізацію у вологому вигляді. Вологий продукт можна перевозити кормороздавачами, автотранспортом, розфасовувати в поліетиленову і іншу тару. Вологий продукт повинен бути реалізований протягом доби при низькій температурі навколишнього середовища, такий продукт може зберігатися до 2-х діб. Кормова добавка має слабкий хлібний запах. При тривалому зберіганні утворюється запах мочених яблук.

Для тривалого зберігання і комерційної реалізації доцільно забезпечити надходження готового продукту в барабанну сушарку. Через кожні 2 години для біоферментації завантажуються і запускається наступний змішувач-ферментер 2.

Вологий концентрат поступає в накопичувальну ємність з дозатором 3, далі на сушарку 4. Після висушування готовий продукт можна додавати в комбікорми гранулювати, фасувати.

Наступний спосіб полягає у *введенні в кінцевий продукт дорогих концентрованих білків, жирів, мінеральних речовин.*

Пивна дробина як відхід пивоварного виробництва є кормовою сировиною з очевидними недоліками:

-зберігання сирого продукту неможливе через розвиток небажаних мікроорганізмів;

-невелику кількість білка;

-надлишок клітковини;

-незначний рівень жиру, фосфору і кальцію.

Як наслідок, створення комбикормів на основі пивної дробини вимагає обов'язкового введення в кінцевий продукт дорогих концентрованих білків, жирів, мінеральних речовин. В таблиці 1.4 приведений хімічний склад свіжої дробини.

Таблиця 2.4. Хімічний склад свіжої дробини

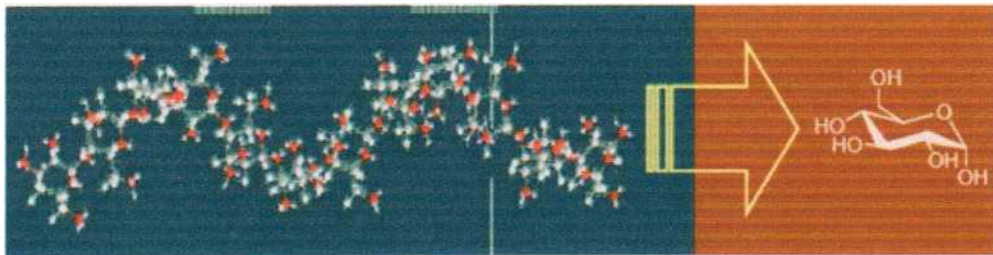
Пивна дробина свіжа в 1 кг	
Перетравний протеїн, г	42
Суша речовина, г	232
Сира клітковина, г	39
Кальцій, г	0,5
Фосфор, г	ІД
Сирий жир, г	17
Обмінна енергія для КРС,	2,35
БЕВ, г	107
Сирий протеїн, г	58
Сира зола, г	11

Запропоновані наступні способи переробки пивної дробини з метою підвищення рівня живильних речовин у складі пивної дробини:

1. Ферментативне зниження рівня клітковини

Корми, багаті клітковиною, придатні тільки для раціонів жуйних

тварин, у відділах травної системи яких міститься спеціальна мікрофлора і ферментативна активність, направлена на розщеплювання і асиміляцію целюлози. При годуванні свиней, птахів, хутрових і домашніх тварин існують обмеження за змістом в раціонах клітковини, і збалансувати по білку корм на основі пивної дробини вдається тільки добавкою м'ясної або рибної муки, які самі по собі целюлозу не містять. Застосовуючись до умов пивоварних виробництв, розроблений процес конверсії целюлози в засвоювані, розчинні вуглеводи, забезпечуючи їх більш глибоке засвоєння.



Перехід заводу на випуск пивної дробини з пониженим рівнем клітковини — це простий і відносно дешевий спосіб підвищити цінність дробини як кормової сировини. Проте сама по собі дробина залишиться тільки одним з дешевих рослинних компонентів раціону.

2. Переробка дробини з виробництвом дріжджового кормоконцентрата

Для виходу пивної дробини на ринок повноцінних комбікормових продуктів пропонується створення виробництва дріжджового кормового концентрату на вуглеводах і органічних кислотах БЕВ і продуктів розщеплювання клітковини.

Процес включає:

- Ферментативну обробку дробини;
- Механічне відділення нерозчинного залишку (кека);
- Вирощування аероба кормових дріжджів на розчинних вуглеводах і органічних кислотах;

- Флотацію і згущування сепарації дріжджової біомаси;
- Сумісну сушку згущуючої маси дріжджів з сирими залишками дробини;
- Анаеробну переробку залишкових ХПК, азоту і фосфору.

Постадійний матеріальний баланс процесу, розрахований виходячи з потоку дробини 8000 кг/год вологістю 75% показує, що в цьому випадку на виході можна одержувати близько 1500 кг/год високобілкового продукту вологістю 10% і вмістом білка 45%.

Пропонована технологія при повній утилізації дробини дає комбінований концентрат корму з відмінними показниками кормової цінності, який може бути використаний як основа раціонів для всіх видів сільськогосподарських тварин і птахів. Склад продукту переробки пивної дробини наведено в таблиці 1.6.

Таблиця 2.6. Склад продукту переробки пивної дробини:

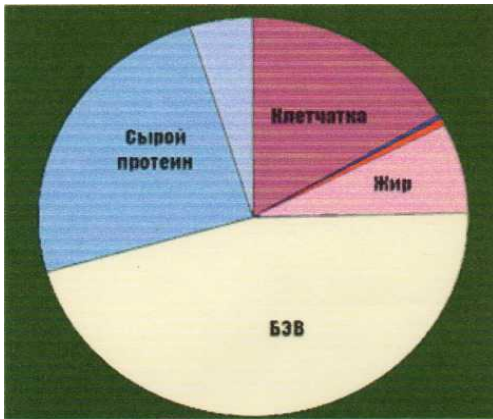
Зміст в 1 кг	Дріжджовий
Перетравний протеїн, г	374,7
Суша речовина, г	850
Сира клітковина, г	67,5
Кальцій, г	4,0
Фосфор, г	11,3
Сирий жир, г	93,0
Обмінна енергія для КРС,	7,3
БЕВ, г	133,2
Сирий протеїн, г	470,6
Сира зола, г	85,7

Зразкова компоновка виробничої ділянки показана на рис.2.2.

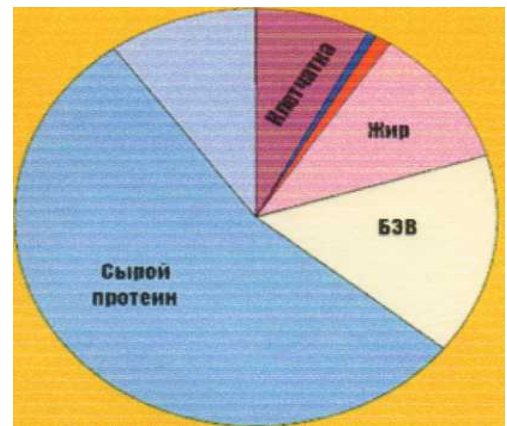
Рис.2.2. Компоновка виробничої ділянки

У результаті процесу переробки пивної дробини вдається добитися принципового поліпшення кормової цінності продукції по всіх критичних компонентах: понизити рівень клітковини; збільшити вміст білка, жиру, мінеральних речовин.

Сушена дробина



Дріжджовий кормоконцентрат



Таким чином, запропоноване рішення дозволяє пивоварному заводу позбавитися непотрібних відходів і перейти до випуску повноцінної основи раціонів сільськогосподарських і домашніх тваринних або готових сухих кормосумішей, в яких зерно і дорогий білок замінено якісним новим дріжджовим кормоконцентратом.

Переробка пивної дробини способом «Біокомплекс»

Технологічна схема (рис.1.3.) переробки пивної дробини полягає в наступному: рідка сировина (дробина) поступає в місткість-накопичувач самопливом, насосом або транспортером, потім за допомогою насоса, транспортера або самопливом подається на сепаратор, де здійснюється її віджимання, після чого виділена тверда фракція відправляється на

сушку і грануляцію.

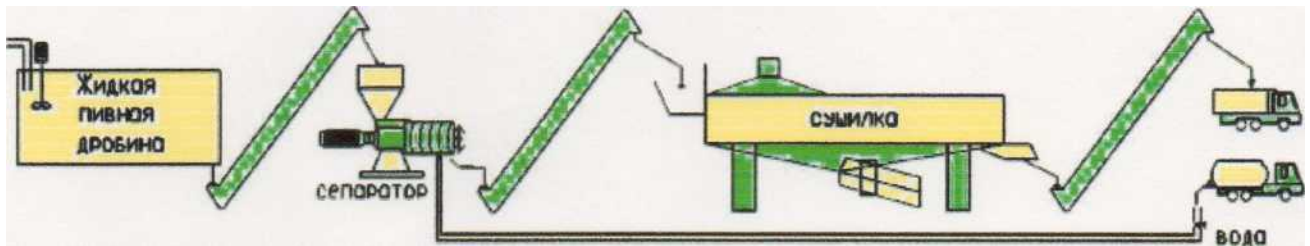


Рис.2.3. Технологічна схема переробки пивної дробини способом «Біокомплекс»

Основою пропонованого рішення є застосування шнекового прес-сепаратора, який визнаний кращим з доступних сьогодні технологій для виконання задачі по розділенню рідкої дробини або барди на фракції.

Сепаратор являє собою шнековий прес, в якому пресування проводиться за допомогою шнека, що дозволяє видавлювати всю вільну воду і більшість зв'язаної води. Це єдине обладнання для переробки дробини і барди, що ефективно відділяє тверді складові, які виходять достатньо сухими (з них не капає).

Сепаратор відрізняється високою продуктивністю і здатний переробити до 20 м³/год рідкої пивної дробини або спиртової барди в достатньо суху макуху, при цьому споживаючи всього 5,5 кВт/год електроенергії. А його низька вартість робить його доступним малим заводам.

Пресовий шнековий сепаратор виготовляється в різних модифікаціях, з широким вибором конструкції шнеків, завантажувальної горловини, ситових циліндрів з розміром осередків від 0,25 мм до 1,00 мм. Це дозволяє ефективно застосовувати сепаратор при різному необхідному вмісті вологи в дробині.

Для переробки відсепарованої твердої фракції у високоякісну суху кормову добавку біокомплекс пропонує сушарки продуктивністю від 500кг/год до 1000кг/год по випарованій волозі, працюючі на газу, електричній енергії або рослинних відходах (тирсі, соломі, лушпинні, і ін.).

Сушка віджатої дробини здійснюватиметься в бережному температурному режимі при температурі теплоносія (тепле повітря) не більш 80°C, що виключить деструкцію білка і гарантовано дозволить зберегти початкову біологічну активність кінцевого продукту. Сушарка, що використовується «Біокомплексом» показана на рис 2.4.



Рис.2.4. Сушарка «Біокомплекс»

На відміну від традиційних схем, пропонована компоновка припускає виробництво гранульованих кормових добавок без використання пари і води. Це знижує собівартість процесу грануляції порівняно з традиційними підходами - на 20-30%, а також виключає багато фінансових витрат пов'язаних з проектуванням, будівництвом і експлуатацією котельних установок.

Кінцевий продукт - сухий кормовий порошок, який може використовуватися як кормова добавка для тварин.

Для підвищення якісних параметрів і норми введення в раціон кормової добавки на основі відсепарованої пивної дробини спиртової барди біокомплекс пропонує технологію мікробіологічної біоконверсії.

Відсепарована пивна дробина є прекрасною сировиною для

виробництва високоякісної вуглеводно-білкової кормової добавки на основі технології мікробіологічної біоконверсії. При цьому рівень засвоюваного протеїну в кормовій добавці УБК, одержаній на основі мікробіологічної переробки відсепарованої пивної дробини, збільшується до 24-28%, живильні речовини переходять в доступні для переварення форми, руйнується жорстка рослинна структура, клітковина знижується до 9,8%, підвищується біологічна активність, вітамінний вміст і жирність продукту.

Переробка пивної дробини способом сушіння

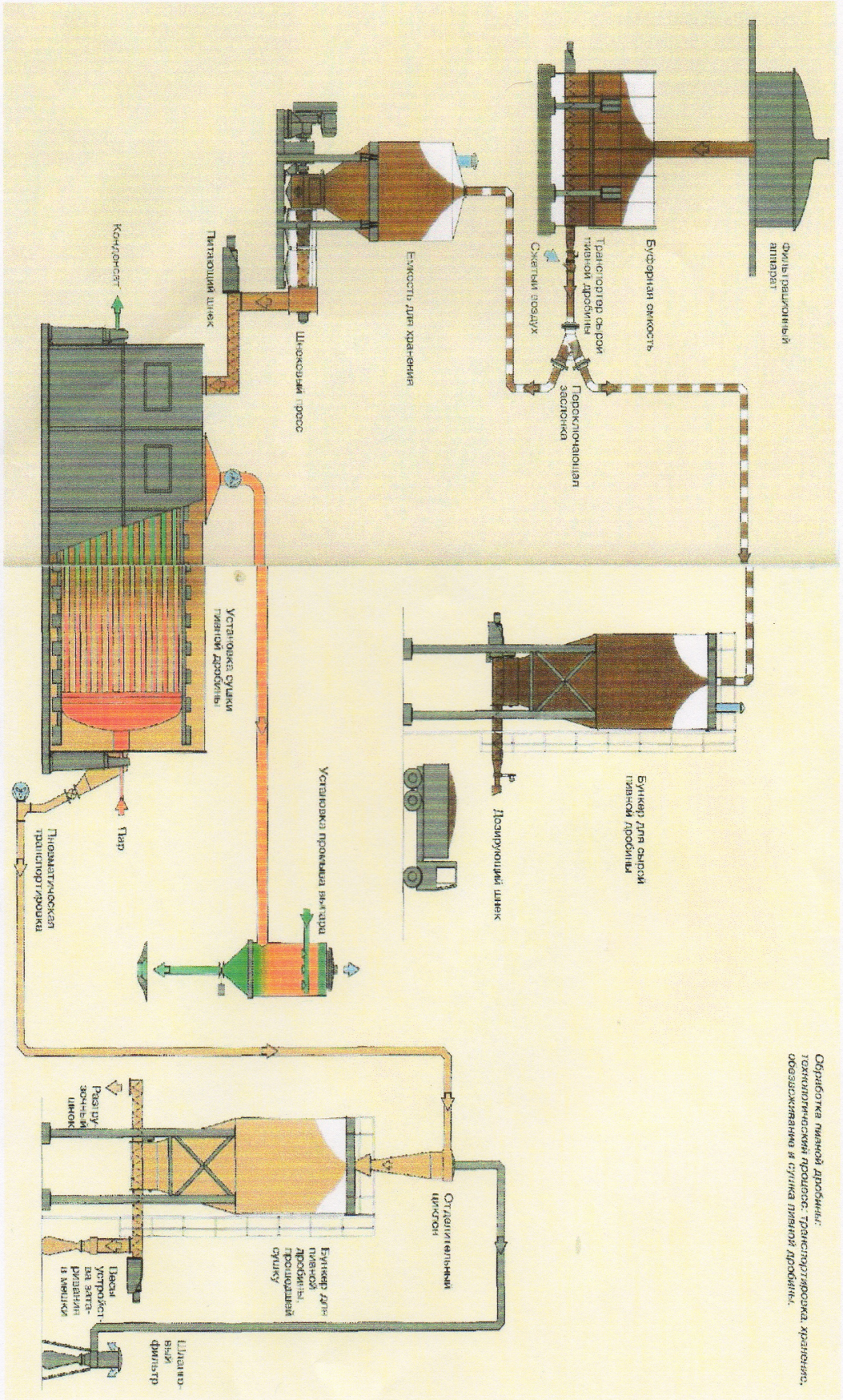
Пивна дробина, являючись побічним продуктом пивоваріння, підлягає транспортуванню з варильного цеху для видалення у вигляді сирої пивної дробини або для її сушки (рис. 2.5). Залежно від кількості пивної дробини і наявного часу для її видалення, пивна дробина поступає з апарату (або заторного фільтру) фільтрації безпосередньо в транспортуючий шнек транспортера сирої пивної дробини або вона спочатку поступає в буферну ємність для проміжного зберігання.

Буферна ємність дозволяє швидко спорозняти апарати фільтрації. Транспортування за допомогою шнека через прикріплений на фланці корпус транспортера з приєднаним до нього пневматичним конвейером може проводитися протягом довгого часу. Одночасно в апарат фільтрації може бути завантажена нова порція сировини.

Сира пивна дробина подається за допомогою пневматичного конвейера в бункерну установку для сирої пивної дробини (вивантаження) або в ємність попереднього зберігання перед шнековим пресом і установкою сушки сирої пивної дробини (трубна установка сушки пивної дробини). У зв'язку з безперервним процесом роботи преса і установки сушки необхідне ще одне проміжне зберігання продукту в ємності перед шнековим пресом. Вивантаження сирої пивної

дробини з бункерної установки може здійснюватися з контролем і реєстрацією кількості дробини.

Після процесу сушки зневоднена пивна дробина поступає в бункер, з якого вона може вивантажуватися безпосередньо в мішки або транспортуватися на піддони для зниження до мінімуму процесів транспортування.



Обработка пилы древесной:
технологический процесс: транспортировка, хранение,
обезжелезивание и сушка пилы древесной.

Рис. 2.5. Схема переработки пилы древесной способом сушки

Переробка пивної дробини тепловою утилізацією

У процесі теплової обробки пивна дробина переробляється практично без залишку. Система ефективна, економічна і є джерелом енергії, безпечним для навколишнього середовища. Сира дробина з виробничого процесу передається від бункера до стрічкового пресу безперервної дії (рис.1.6.). Там дробина механічно зневоднюється до вмісту в ній сухих речовин близько 42 % і стає біологічно стабільною. Цей матеріал можна зберігати 2-3 дні в проміжному бункері у разі вимушеної зупинки устаткування. Одержану після пресу воду можна спрямувати на очисні споруди, що застосовують анаеробну обробку, або повернути в пивоварний процес. При анаеробній обробці води утворюється метановмісний газ, який можна використовувати як додаткове пальне в процесі спалювання, а воду після пресу можна повернути у виробничий процес. Відповідні випробування показали, що не слід побоюватися погіршення якості пива. Пивна дробина після віджимання готова для спалювання як горючий матеріал в спеціальній печі для біомаси без додаткової обробки. Одержану енергію у вигляді насиченої пари або гарячої води застосовують у виробничому процесі. На такому устаткуванні можна покрити до 90 % споживаної енергії. Установка спалювання з котлом працює повністю автоматично і може бути легко налаштована під відповідну енергетичну потребу. Золу, що виникає в процесі спалювання, завдяки її специфічному складу, можна використовувати як добавку до добрива, а тому її легко віддати або продати. Якщо пивна дробина поступає після заторних фільтрів, то перед спалюванням необхідно застосувати додаткову стрічкову сушарку, яка приводиться в дію гарячими димовими газами, одержуваними від процесу спалювання.

Установка спалювання пивної дробини складається в основному з двох головних компонентів: стрічкового пресу і печі для біомаси. Стрічковий прес, що використовується для механічного обезводнення сирої дробини, був спеціально вдосконалений з метою відповідності особливим вимогам дробини. Продукт рівномірно розподіляється по двох стрічках фільтр-пресах і під тиском прямує через систему валів. Тільки завдяки спеціальному розташуванню зневоднюючих і віджимних валів різного діаметру при високому стискаючому і зрізаючому зусиллі досягається вміст залишкової вологості в пивній дробині, рівній 58 %. Механічне обезводнення в енергетичному плані у багато разів ефективніше порівняно з тепловою сушкою. Кожний відсоток меншої залишкової вологості дробини після стрічкового пресу непропорційно збільшує загальний КПД вироблення енергії. При ширині стрічок 2,5 м і одноступінчатій роботі можна переробити до 7 т сирої дробини в годину.

Для печі використовуються механічні колосникові ґрати з повітряним охолодженням, яка особливо підходить для вологих паливних матеріалів. Така техніка спалювання була спеціально оптимізована для утилізації пивної дробини. Завдяки вогнетривкій футеровці топкової камери пивна дробина висушується за рахунок теплоти випромінювання, причому теплота згорання збільшується. Завдяки цьому можна одержати дуже рівномірне спалювання і вирівнювати коливання вмісту вологості в дробині. Зниження викидів досягається за рахунок розділення печі на різні зони спалювання в комбінації з Фільтруючими пристроями. Теплова потужність котла, що використовується, — від 0,5 МВт до 15 МВт.

Метод теплової утилізації забезпечує перетворення пивної дробини з відходів виробництва в цінний матеріал. З 1т сирої дробини із залишковою вологістю менше 80 % можна одержати близько 1 МВтч теплової енергії. Пивна дробина використовується як енергоносіє

безпосередньо з процесу пивоваріння разом з подальшим вживанням одержаної після пресу води і золи, що утворюється після спалювання. Потреба в зовнішніх джерелах енергії, таких, як природний газ, мазут або вугілля, сильно скорочується. В результаті пивоварне виробництво стає незалежним від зростання цін на енергоносії. Завдяки використанню біомаси виробляють теплову енергію без додаткового виділення CO₂.

Теплова утилізація пивної дробини значно покращує виробничі показники підприємства: скорочується споживання зовнішніх енергоносіїв до 90%; забезпечується надійна утилізація пивної дробини (незалежно від зовнішніх споживачів); відсутні витрати на утилізацію; немає залежності від зростання цін на енергоносії; можливе подальше використання води після пресу і спалювання інших залишкових матеріалів, наприклад старих етикеток; знижуються викиди CO₂.

Дана система підвищує незалежність від зовнішнього впливу, вона екологічно сприятлива і дає значну конкурентну перевагу для пивоварного виробництва.

Консервація сирової пивної дробини

Висока вартість енергоносіїв унеможливорює висушування пивної дробини до вологості 15-17% і реалізацію останньої як концентрованого корму. Тому одним із запропонованих виходів із ситуації, що склалася, може бути консервування свіжої пивної дробини або ж частково віджатої до вологості 70- 60% чи додавання до останньої сировини з нижчою вологістю.

Пивну дробину можна консервувати у чистому вигляді за вологості 60%.

Під час силосування пивної дробини високої вологості для зменшення останньої до силосної маси можна додавати солону, полову чи зелену масу

злакових або бобових. Силосують пивну дробину в облицьованих заглиблених і напівзаглиблених траншеях, розміри яких передбачено типовими проектами, або у спеціальних сховищах-траншеях із цегли, збірного залізобетону, бутового каменю чи у поліетиленових рукавах-ємностях, призначених для консервування силосу. Пивну дробину закладають у силосну траншею, розрівнюють і ретельно ущільнюють важким трактором. Заповнювати силосні траншеї найкраще почергово похилими шарами, починаючи з торця траншеї. Пивну дробину закладають так, щоб довжина щоденно заповненої частини траншеї становила не менше 4-6 м, що відповідає 100-120 т корму. Масу ущільнюють постійно в процесі заповнення траншеї. У кінці робочого дня закладену за день і ретельно ущільнену пивну дробину вкривають полотнищем, звареним зі смуг поліетиленової плівки. Для зручності полотнище перед початком робіт скручують у рулон, а потім плівку з рулону розмотують у міру заповнення траншеї. Зверху на полотнище поперек траншеї кладуть другий шар плівки зі смуг з перекриттям 10-15 см, а потім — шар тирси, піску або старі автомобільні покришки. У такій послідовності процес ущільнення й закриття закладеної за день пивної дробини повторюють щоденно до цілковитого заповнення траншеї. Тривалість цих робіт не повинна перевищувати десяти діб. Для консервування пивної дробини натуральної вологості або ж віджатої до 60% рекомендується застосовувати як біологічний консервант закваску, виготовлену на основі амілолітичного молочнокислого стрептокока (АМС). Для внесення закваски у пивну дробину з концентрату готують робочий розчин: ретельно розмішують і розводять водою у співвідношенні 1 л закваски на 10 л води. . Готову робочу суміш вносять у пивну дробину рівномірно, розбризкуючи по всій масі. Норма внесення препарату — 1 л робочого розчину на 1 т пивної дробини. Бактеріальні закваски обов'язково треба зберігати в прохолодному місці, краще в холодильнику, за температури 4...10°C. Термін зберігання — не більше 30 днів.

Найважливішою умовою збереження поживних речовин законсервованої пивної дробини є суворе дотримання технології її закладання в сховище у відповідні строки.

2.4 Технологічні аспекти переробки пивної дробини способом сушіння

Процеси сушіння широко застосовують у харчовій технології для зневоднення різноманітних вологих матеріалів (твердих, пастоподібних, рідких) на різних стадіях їх переробки (сировина, напівфабрикати, готові вироби).

Вологу з матеріалів можна видалити різними способами: механічним, фізико-хімічним і тепловим. При механічному способі вологу відтискують у пресах або в центрифугах. Фізико-хімічний спосіб ґрунтується на застосуванні вологовідбірних засобів і використовується переважно в лабораторній практиці. Зневоднювальними засобами є сірчана кислота, хлористий кальцій, силікагель. При тепловому способі волога випаровується з поверхні матеріалу і дифундує в навколишнє повітря, яке виносить вологу із сушарки. Із цього випливає, що *сушінням* називають термічний процес видалення вологи з матеріалів внаслідок її випаровування і дифузії [11].

Сушіння є суміщеним тепловим і дифузійним процесом, при якому волога дифундує із середніх шарів матеріалу до його поверхні, переходить крізь примежову плівку, а потім дифундує всередину газової фази, виносячи при цьому з матеріалу значну кількість теплової енергії.

Розрізняють природне і штучне сушіння. Природне відбувається на відкритому повітрі без штучного нагрівання і відведення сушильного агента (повітря). Прикладом природного сушіння може бути сушіння солі у відкритих морських водоймищах.

У харчовій технології майже всюди застосовують штучне сушіння, тобто сушіння нагрітим сушильним агентом (нагріте повітря, димові гази),

який після поглинання ним вологи з матеріалу відводять за допомогою спеціальних витяжних пристроїв (вентиляторів). Для більшості харчових виробництв сушіння є одним із основних процесів, мета якого — підвищення стійкості матеріалів під час зберігання, поліпшення якісних показників, консервування, зменшення маси з метою транспортування. У спиртовому виробництві сушать відходи виробництва — барду, харчові та кормові дріжджі. Помітну роль сушіння відіграє у пивоварному виробництві, де сушать солод, відходи виробництва (дробину). Сушіння використовують для одержання сухого молока, сухих фруктів і овочів. У хлібопекарському, макаронному і кондитерському виробництві сушать хліб для одержання сухарів, макарони, кондитерські вироби деяких видів.

Методи сушіння вологих матеріалів розрізняються переважно способом підведення теплоти й зумовлені фізико-хімічними властивостями цих матеріалів, а також формою їх зв'язку з вологою. Найпоширенішим є метод конвективного сушіння, що характеризується безпосереднім контактом матеріалу з потоком нагрітого газу (повітря, димових газів). Волога випаровується за допомогою теплоти нагрітого газу, який одночасно поглинає і виносить із сушарки утворену водяну пару.

Значно рідше, але теж застосовують у харчових виробництвах контактний (кондуктивний) метод сушіння, при якому теплота від теплоносія (звичайно водяної пари) до матеріалу передається через металеву стінку, що розділяє їх.

Для дуже термочутливих матеріалів застосовують сублімаційне сушіння, при якому волога із матеріалу в замороженому стані переходить у парову фазу, минувши рідку (сублімує). Процес здійснюється в глибокому вакуумі.

2.5. Вологий матеріал як об'єкт сушіння

Більшість харчових продуктів є вологими матеріалами, що містять значну кількість води. За природою харчові продукти — це колоїдні тіла, а за структурою — капілярно-пористі матеріали. Вода перебуває в різному зв'язку із сухим скелетом матеріалу, пори якого можуть бути заповнені водою, водяною парою і повітрям. Звичайно волога в матеріалі розподілена нерівномірно, тому розрізняють середню концентрацію вологи в матеріалі або ж концентрацію в даній точці.

Вологістю матеріалу називають відношення маси вологи в матеріалі до маси всього вологого матеріалу і виражають у відсотках:

$$\omega = \frac{m_e}{m} \cdot 100\%$$

де m_e — маса вологи (води), кг; m - загальна маса вологого матеріалу, кг.

У теорії сушіння часто користуються не вологістю матеріалу, а волого-вмістом ω , %, що є відношенням маси вологи в матеріалі до маси абсолютно сухої речовини в ньому:

$$\omega^c = \frac{m_e}{m - m_e} \cdot 100\%$$

Процес сушіння значною мірою залежить від характеру зв'язку вологи з матеріалом. Згідно з класифікацією П. О. Ребіндера, яку широко застосовують у сушильній техніці, всі форми зв'язку вологи поділяють на три великі групи: 1) хімічний; 2) фізико-хімічний; 3) фізико-механічний.

Хімічний зв'язок води з матеріалом є найміцнішим, для порушення якого сушіння не досить, а потрібне прожарювання або хімічний вплив.

Фізико-хімічний зв'язок є менш міцним, тому волога, що зв'язана з матеріалом фізико-хімічно, може бути видалена за допомогою сушіння.

Цій формі зв'язку відповідають адсорбційно зв'язана волога і волога, що утримується осмотично.

Адсорбційно зв'язана волога утримується молекулярним силовим полем на поверхні колоїдних частинок. Колоїдні матеріали характеризуються значною дисперсністю частинок, умовний радіус яких становить $0,1...0,001$ мкм. Внаслідок такої дисперсності колоїдні тіла мають величезну внутрішню поверхню, а отже, і значну вільну поверхневу енергію, завдяки якій відбувається адсорбційне зв'язування води. Для видалення адсорбційної вологи вона має бути перетворена в пару, після чого починається її переміщення до зовнішньої поверхні тіла у вигляді пари.

Осмотичний зв'язок найсильніше виражений у розчинах. Природа цього зв'язку виражається в тому, що тиск пари над розчином менший від тиску пари над чистим розчинником. Осмотичним зв'язком утримується волога набухання і структурна волога. Цій волозі відповідає мала енергія зв'язку, тому вона зв'язана з матеріалом не так міцно, як адсорбційна волога. Оболонка гелю, що утворена із високомолекулярних сполук, має властивості напівпроникних перегородок. Внутрішньоклітинна волога, у якій розчинені низькомолекулярні сполуки, утримується осмотичними силами. Якщо волога потрапляє всередину клітинок гелю при його утворенні, то вона називається структурною. До цієї групи може бути віднесена волога, що міститься в клітинах рослинних тканин.

Вологий матеріал може не тільки віддавати вологу внаслідок випаровування в навколишнє середовище, а й за певних умов поглинати її з цього середовища. Якщо парціальний тиск пари біля поверхні матеріалу більший за парціальний тиск у навколишньому повітрі, то буде відбуватись випаровування, якщо менший, то матеріал буде зволожуватись. Якщо ці тиски зрівнюються, то встановиться рівновага і

перехід вологи припиниться. Вологість матеріалу в цьому усталеному стані називають *рівноважною вологістю*.

Практично встановлено, що для більшості матеріалів рівноважна вологість не залежить від температури, а залежить лише від відносної вологості повітря.

Отже, під час сушіння з матеріалу не можна видалити всю вологу. Матеріал після висушування в кінцевій стадії характеризуватиметься рівноважною вологістю. Знаючи початкову кількість вологи в матеріалі W , можна розрахувати кількість вологи, що видаляється:

$$W_{\text{вид}} = W_n - W_p$$

де W_p — кількість вологи в матеріалі у стані рівноваги. Щоб збільшити $W_{\text{вид}}$, треба для висушування використовувати повітря з меншою відотною вологістю, коли W_p буде меншим.

2.6. Основні теоретичні закономірності процесу сушки

У процесі сушки відбувається цілий ряд взаємопов'язаних явищ (перенесення тепла від теплового агента до матеріалу, випаровування вологи, перенесення вологи з поверхні матеріалу в оточуюче середовище, перенесення вологи всередині матеріалу), які визначають характер і тривалість процесу сушки [26].

Вирішальне значення в процесі сушки мають перенесення вологи з поверхні матеріалу в оточуюче середовище (зовнішнє масоперенесення) і перенесення вологи усередині матеріалу на його поверхню (внутрішній масоперенос). Розкриття закономірностей зовнішнього і внутрішнього тепло- і масообміну має велике значення при розробці оптимального режиму сушки.

Вологість матеріалу під час сушки є функція часу і координат, тобто

процес сушки є нестационарним процесом. По аналогії з теплопереносом диференціальне рівняння процесу сушки в загальній формі можна записати:

$$\frac{du}{dt} = a \cdot \Delta^2 u \pm a \cdot \delta \Delta^2 t$$

Для умов одновимірної задачі без урахування термовологопровідності рівняння (1,4) має вигляд:

$$\frac{du}{dt} = a \cdot \frac{d^2 u}{dx^2}$$

Розв'язання рівняння (1,5) для першого періоду сушки дозволяє визначити тривалість першого періоду і критичну вологість, що визначає кінець періоду постійної швидкості по рівнянню:

$$\tau_1 = \frac{W_1 - W_{k1}}{N}$$

$$W_{k1} = 100u_{k1} + 100 \frac{q^1 \cdot R}{3 \cdot a^1 \cdot \gamma_0}$$

Тривалість другого періоду сушки визначається за рівнянням:

$$\tau_2 = \frac{1}{K} \ln \left(\frac{W_{kn} - W_p}{W_2 - W_p} \right)$$

Таким чином загальну тривалість процесу сушки можна визначити за рівнянням:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 = \frac{W_1 - W_{k1}}{N} + \frac{1}{K} \ln \left(\frac{W_{kn} - W_p}{W_2 - W_p} \right)$$

2.7. Основні напрями використання пивної дробини

Основні напрями використання пивної дробини — виробництво кормів і продуктів харчування. В сільському господарстві сира пивна дробина частіше за все служить добавкою до молокогінних і білкових кормів для сільськогосподарських тварин і птаха. Пивна дробина має високу засвоюваність: білкових речовин — на 71-76 %, жиру — на 80-82 %, без азотних екстрактних речовин — на 60-65 %, клітковина — на 40-45 %. В даний час на основі пивної дробини розроблені корми і кормові добавки для різних видів і вікових груп сільськогосподарських тварин і птаха [11].

Солодова дробина у свіжому (сиром) і сухому виді є гарним молокогінним і білковим кормом, використовується для відгодівлі великої рогатої худоби, свиней і овець. Кормова живильна цінність 5 кг сирої дробини відповідає 1 кг вівса, однак дробина значно збагачена азотом. Через високий зміст клітковини дробина не повинна становити більше $\frac{1}{3}$ кормового раціону. У випадку використання дробини у свіжому виді збереження живильних речовин залежить від способу її видалення з варильного цеху.

Пивну дробину можна застосовувати для виробництва білкових концентратів. Вони можуть бути одержані з пивної дробини декількома способами: гідролізом з подальшим бродінням продуктів гідролізу, газифікацією, подальшим синтезом метанолу і його біоконверсією або екстракцією. Одержувані білкові концентрати, що містять 30-61 % сирого білка, можуть бути використані для приготування харчових продуктів або кормів для тварин.

Останнім часом пивну дробину все частіше додають в дієтичні продукти харчування, хлібобулочні, макаронні і кондитерські вироби; м'ясні і молочні системи. В харчовій промисловості рідко використовують сирі пивну дробину, в основному її висушують і

перемелюють в муку, застосовуючи різні технології.

Одержувана мука багата білком, целюлозою, містить основні мікроелементи (*Ca, P, Mn, Fe, Si*), жирні кислоти, вітаміни E і P. Харчова і біологічна цінність муки з пивної дробини дозволяє замінювати нею 10-15 % пшеничної муки при виготовленні хлібобулочних виробів. Із збільшенням вмісту дробини підвищуються водопоглинальна здатність тіста і час його піднімання, а стійкість в часі зменшується. Завдяки цьому в тісто необхідно вводити додаткову кількість води, що дозволяє збільшувати вихід хліба і економити муку. Готові вироби по органолептичних і фізико-хімічних показниках практично не відрізняються від виробів, приготованих звичайним способом, але містять більшу кількість харчових волокон, мінеральних і білкових речовин.

Включення в рецептуру хліба муки з пивної дробини дозволяє уповільнити процес очерствіння і підвищити збереження виробу. Заміна частини пшеничної муки при виготовленні хлібобулочних виробів на пивну дробину з економічної точки зору вигідно для країн, вимушених постійно закупляти пшеницю, що розвиваються. В промислово розвинених країнах більш перспективне вживання дробини у виробництві пластівців, печива, бісквітів і інших кондитерських виробів. При виробництві кондитерських виробів в суміші з іншими рецептурними компонентами додають муку з пивної дробини в кількості 15- 30%. Одержані вироби мають золотисто-кавовий колір, тонкошарову структуру, рівномірну випеченість, смак і запах, властивий даним видам виробів, і відповідають всім якісним вимогам.

Використовування муки з пивної дробини дозволяє понизити собівартість борошняних кондитерських виробів та збагатити їх харчовими волокнами.

Вживання при приготуванні випічки різних смакових, ароматичних і функціональних добавок дозволяє значно розширити і різноманітити

асортимент кондитерських виробів, що випускаються.

Розроблена і запатентована повністю безвідходна технологія виробництва ксиліту з пивної дробини. З 1т дробини крім ксиліту виходить 150 кг білкової пасти або 50 кг білкового концентрату, які використовують в хлібопекарській промисловості як ланцюгові живильні добавки, оскільки не містять жирів і холестерину. 750 кг, що залишилися, є універсальним кормом для сільськогосподарських тварин. Злегка змінивши технологію, на тому ж устаткуванні з дробини можна одержувати етиловий спирт, а попутно — активоване вугілля, вуглекислоту у вигляді сухого льоду, ентеросорбти медичного і ветеринарного призначення, паливні брикети, волоконні плити, кисень, водень, фуранові смоли — зв'язуючий компонент для різних видів ракетного палива. Крім ксиліту пивна дробина служить джерелом отримання глюкози, глютамінової кислоти, глютамата натрію, амінокислот, ліпідів, вуглеводів і т.п. Крім ксиліту, пивна дробина служить джерелом отримання глюкози, глютамата натрію. Простота технологічної схеми отримання глютамата натрію дозволяє здійснити процес на звичному стандартному устаткуванні і організувати його безпосередньо на пивному заводі. Основні техніко-економічні показники запропонованого процесу є позитивними. Слід враховувати той факт, що в є достатньо могутні ресурси для організації вітчизняного виробництва глютамата натрію на дешевій і доступній початковій сировині - пивній дробині. У зв'язку з тим що ціни на нафту і газ ростуть дуже швидко, пивоварні підприємства можуть використовувати пивну дробину як джерело енергії. Це дозволить покрити 60 % їх потреби в енергії. Незначні прямі капіталовкладення відносно швидко амортизуються швидкорослими витратами на енергію.

Пивну дробину можна використовувати як органічне добриво і меліорант, поліпшуючий структуру ґрунтів. Для отримання органічного добрива дробину змішують з рисовими висівками, сечовиною, рибокістковою мукою або активним мулом, в суміш вносять бактерії роду *Юіосіососст* і проводять

бродіння маси протягом 35-40 діб при періодичному перемішуванні 1—3 рази на добу.

Суху пивну дробину застосовують при виробництві звичної і силікатної цегли для збільшення їх пористості і у виробництві паперу. Як реагент пивну дробину використовують для обробки мінералізованих бурових розчинів, які застосовують при бурінні нафтових і газових свердловин. Пивну дробину використовують як живильне середовище для вирощування штамів мікроорганізмів продуцентів комплексів ферментних препаратів. З метою вживання пивної дробини для виробництва косметичних препаратів (розчинів, емульсій, паст, мазей, гелів, кремів, лосьйонів, пудри і мила) запропоновано проводити екстракцію сухої пивної дробини за допомогою рідкого або газоподібного CO_2 що знаходиться під надкритичним тиском.

Проведений аналітичний огляд техніки та технології переробки пивної дробини показав, що сушіння з подальшим її гранулюванням є найбільш раціональним способом. Суха пивна дробина - екологічно чистий продукт, стійка при зберіганні і транспортабельна.

3. Методика проведення досліджень

Метою даної роботи є розробка високоефективного способу переробки пивної дробини шляхом її часткового обезводнення, подальшого сушіння та гранулювання, дослідження процесу сушіння пивної дробини. Головною ціллю роботи є продовження терміну зберігання пивної дробини та збереження в ній поживних мікроелементів.

Основна задача даного дослідження полягає у встановленні оптимальних параметрів в процесі сушіння пивної дробини. З цією метою було заплановано проведення досліджень процесу сушки дробини на основі сучасної теорії тепло- і масообміну.

3.2. Об'єкт та методика досліджень

Об'єкт досліджень

В даній роботі були проведені дослідження процесу сушіння пивної дробини. Дослідження проводилися у виробничих умовах на пивоварному заводі ЗАТ «ОБОЛОНЬ» на багатотрубній сушарці німецької фірми Anhydro.

Будова та принцип роботи багатотрубної сушарки

Багатотрубна сушарка для сушіння пивної дробини (рис.2.1) складається з циліндричного корпусу 1, опор 2, трубовалу 3, трубних решіток 4, гріючих трубок 5, кутиків 6, температурного датчика 7, лопатей 8, розвантажувальної шахти 9, живильного патрубку 10, клапанів подачі повітря 11, патрубку відводу вторинної пари 12, приводу 13, люку 14.

Сушарка являє собою циліндричноподібний апарат з обох боків якого закріплені ребра жорсткості. Циліндричний корпус 1 сушарки кріпиться опорами 2, які знаходяться в нижній частині апарату.

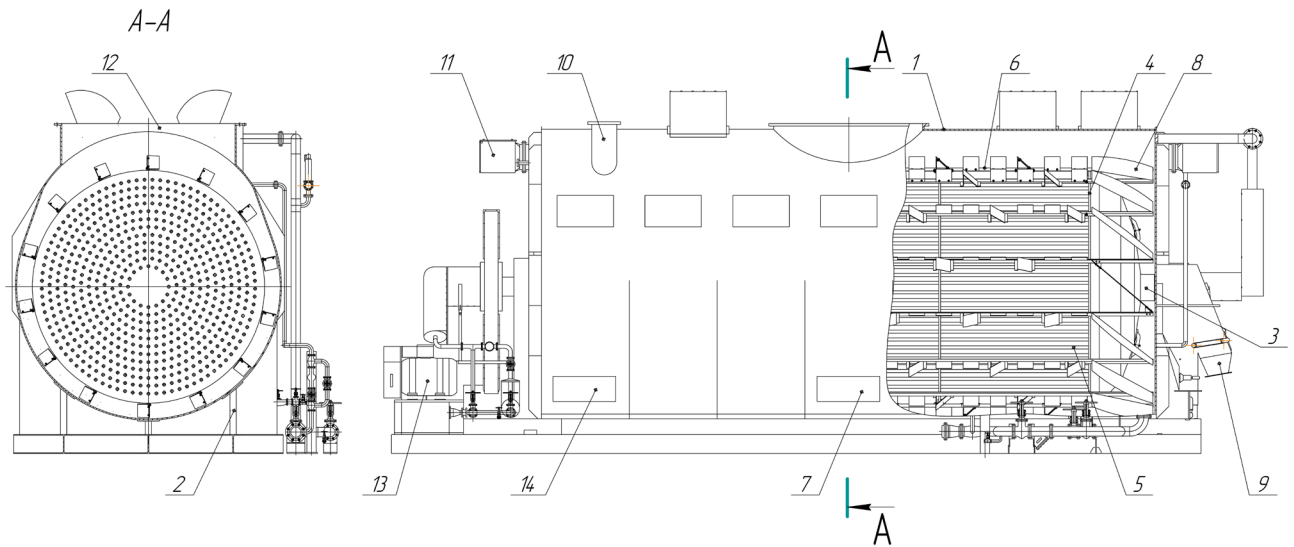


Рис.3.1. Багатотрубна барабанна сушарка

1-циліндричний корпус, 2-опори, 3-трубовал, 4-трубна
решітка, 5-грючі трубки,

6-кутики, 7-температурний датчик, 8-великі лопаті, 9-розвантажувальна
шахта,

10-живильний патрубок, 11-клапани подачі повітря,

12-патрубок виводу вторинної пари, 13-привід, 14 – люк.

Всередині сушарки знаходиться трубовал 3, на якому кріпляться трубні решітки 4, в які вальцьована велика кількість трубок 5 (610шт. з діаметром 50х3мм). Трубки розміщені рівномірно по всій площі трубних решіток (розміщені так, як показано на розрізі), крім центральної області. На зовнішній поверхні трубних решіток приварені кріплення до яких кріпляться кутики вздовж сушарки, що розділені навпіл для можливості виконання ремонтних і монтажних робіт. До кутиків кріпляться лопаті для перемішування і переміщення дробини. Лопаті, які кріпляться вздовж кутиків 6 призначені для перемішування, а ті що нахилені під деяким кутом 7 для переміщення дробини по гвинтовій лінії вздовж сушарки (лопаті які

розміщені під кутом, розташовані по гвинтовій лінії, що реалізує процес переміщення). На обох кінцях сушарки є великі лопаті 8: ті що знаходяться з лівого боку сушарки перемішують і переміщують продукт, а ті що знаходяться з правого боку перемішують, переміщують і вивантажують дробину у розвантажувальну шахту 9.

Трубовал обертається двигуном 13, передаючи крутний момент через зубчасту передачу.

Через живильний патрубок 10, що знаходиться в верхній частині сушарки в міжтрубний простір подається віджата дробина з преса. Пара подається в трубовал, попадаючи в розподільчий простір, вона рівномірно розділяється по трубкам. Швидкість поступання дробини можна регулювати як і кількість поступання пари за одиницю часу. Відповідно пар і дробина виходять з протилежних напрямків. Пар рухається з права на ліво, при цьому поступово перетворюючись в конденсат, який через систему конденсатовідводу потрапляє в конденсатний танк і відкачується знову на котельню. З іншого боку рухається сира дробина і відповідно до кінця сушки вона висихає і вивантажується із сушарки через розвантажувальну шахту 9. Прискорює процес сушіння повітря, яке всмоктується через клапани 11, витягуючи при цьому вологу з продукту і видаляється з сушарки через патрубок відводу вторинної пари 12. Вторинна пара проходить через фільтр, який відбирає вологу і вентилятором вже відпрацьоване повітря видаляється в навколишнє середовище.

Температура продукту контролюється температурними датчиками 14, які розташовані на початку, в середині та в кінці сушарки.

Далі суха дробина поступає у дві штанини. Частина повертається назад в

змішувач через рециркуляційний шнек, а друга частина через повітряну трубку поступає у ємкість над гранулятором де вона зберігається. Продуктивність установки до 700 тонн сирої дробини на добу.

3.3.Характеристика пивної дробини як об'єкту сушіння

Пивна дробина є колоїдною капілярно-пористою речовиною. За розмірами частинок дробина є грубо-дисперсним середовищем.

Початкова вологість дробини досягає 500% на суху речовину.

Дослідження видів зв'язків вологи з дробиною, а також рівноважної вологості має теоретичне і практичне значення при вивченні процесу сушки сирої дробини.

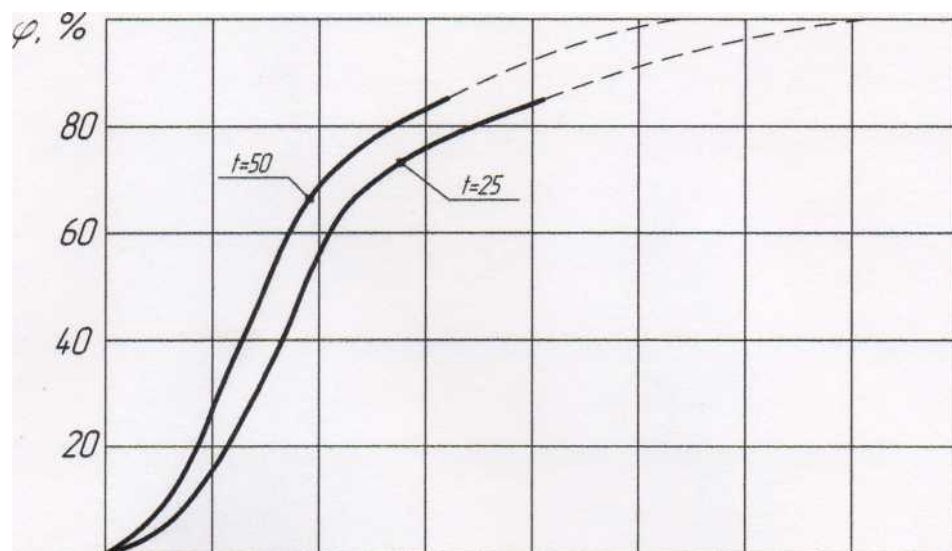
У основу класифікації форм зв'язку вологи в колоїдних, капілярно-пористих матеріалах, запропонованої П. А. Ребіндером, встановлені характер і природа утворення форм зв'язків, а також енергія зв'язку цих форм з матеріалом. Згідно цієї класифікації форми зв'язку волога ділиться на хімічний, фізико-хімічний і фізико-механічний зв'язок. Хімічно зв'язана волога не представляє інтересу для вивчення процесу обезводнення, оскільки вона при цьому не відділяється [26].

Одним з основних методів вивчення форм зв'язку вологи з матеріалом є метод вивчення залежності рівноважного вологовмісту від відносної вологості навколишнього повітря. Змінюючи величину відносної вологості повітря і визначаючи відповідний цій вологості повітря рівноважний вологовміст дробини, в результаті експерименту можна одержати залежність:

$$W_p = f(\varphi)$$

Якщо під час досліду рівновага досягалася в результаті випаровування вологи з матеріалу, то крива характеризує залежність W_p від φ називається ізотермою десорбції.

Для отримання ізоТЕРМИ десорбції ми застосовували динамічний метод, при якому через навішування дробини продувалося повітря із швидкістю 2 л/хв. Температура і відносна вологість повітря протягом всього дослідів підтримувалася постійними. Рівноважний стан для дробини наступав через 12—14 годин при $\varphi = 45\%$ і через 36—48 годин при $\varphi = 45—86\%$. За результатами проведених дослідів побудовано дві ізоТЕРМИ (рис. 4.2) для $t=25^{\circ}\text{C}$ і $t=50^{\circ}\text{C}$. ІзоТЕРМИ пивної дробини мають вигляд, характерний для ізоТЕРМИ колоїдних капілярно-пористих тіл. Як встановлено дослідями, вплив температури на рівноважну вологість для дробини позначається на всьому інтервалі φ . Встановлено, що найбільший



вплив температури спостерігається при великих значеннях φ .

0 6 12 18 24 30 36 42 $W_p, \%$

Рис. 3.2. ІзоТЕРМИ десорбції пивної дробини

Рівноважна вологість при $\varphi = 1$ відповідає максимальній поглинаючій здатності дробини і називається гігроскопічною вологістю (W_{giz}). Гігроскопічний вологовміст є важливим показником, знання величини якого необхідне для визначення умов зберігання, а також вибору параметрів сушильного агента.

Визначення $W_{гг}$ експериментальним шляхом складне і в більшості випадків його визначають по ізотермі десорбції екстраполюванням кривої. Таким шляхом була визначена гігроскопічна вологість для дробини:

$$W_{гг} = 43\% \text{ при } t = 25^{\circ}\text{C}.$$

За даними дослідів визначена залежність W_p від φ , яка виражається рівнянням:

$$W_p = \frac{1.1 \cdot \varphi + 766}{\varphi - 125}$$

Це рівняння найбільш точно виражає залежність W_p від φ в інтервалі

$$\varphi = 10 - 90\%.$$

Проведений аналіз форм зв'язку вологи з дробиною по методу А. В. Ликова дозволив встановити, що основна маса вологи в сирій дробині є вільною, має слабкі зв'язки. Цю вологу доцільно і вигідно видалити найпростішим і дешевим механічним способом.

Застосування механічного обезводнення пивної дробини полегшить задачу створення сушильної установки, а також значною мірою скоротить тривалість процесу сушки, а, отже, і витрати тепла.

4. Дослідна частина та узагальнення результатів

4.1. Експериментальна частина

Процес сушіння пивної дробини здійснюється рядом чинників, до яких відносяться температура, відносна вологість і швидкість руху сушильного агента, питома завантаження сирої дробини, напрям потоку пари по відношенню до напрямку потоку дробини. Щоб вибрати найраціональніший режим сушки, необхідно досліджувати вплив кожного параметра, що впливає на режим сушки. При вивченні впливу параметрів повітря на процес сушки

дослідження проводиться при постійному режимі. Змінюючи той або інший параметр, можна визначити його вплив на процес сушіння.

Дослідження впливу основних параметрів сушильного агента на процес, сушіння дробини проводили в багатотрубній барабанній сушарці, як сушильний агент використовувалось повітря.

Для вивчення впливу основних параметрів сушильного агента (b , V , φ) на процес сушки було проведено декілька серій дослідів, в кожній з якої досліджувався вплив одного з параметрів повітря на процес сушки. Окрім цього був виявлений вплив товщини шару дробини на тривалість сушки.

За результатами експериментальних даних встановлений вплив параметрів повітря на тривалість процесу сушки. Вплив температури повітря позначається протягом всього процесу сушки. За даними дослідів залежність швидкості сушки від температури може бути виражена рівнянням:

$$\frac{dW}{d\tau} = A_1 e^{b \cdot t}$$

Значення коефіцієнтів A_1 і b різні для різних періодів сушки. Для періоду постійної швидкості: $A = 0,85$, $b = 0,016$.

Вплив швидкості руху повітря також ефективний протягом всього процесу сушки, проте в кінці сушки вплив швидкості дещо знижується.

Дослідження впливу відносної вологості на швидкість процесу сушки показує, що зниження φ позитивно позначається протягом всього процесу сушки.

Вплив режиму сушки на тривалість сушки

Вплив температури повітря

Вивчення впливу температури повітря проводилося при постійній швидкості повітря 1,3 м/сек і відносній вологості, $\varphi = 7\%$ в інтервалі температур $80^\circ\text{C} - 180^\circ\text{C}$. На рис.4.3 приведені криві сушіння для температур 180, 160, 140, 120, 100, 80°C .

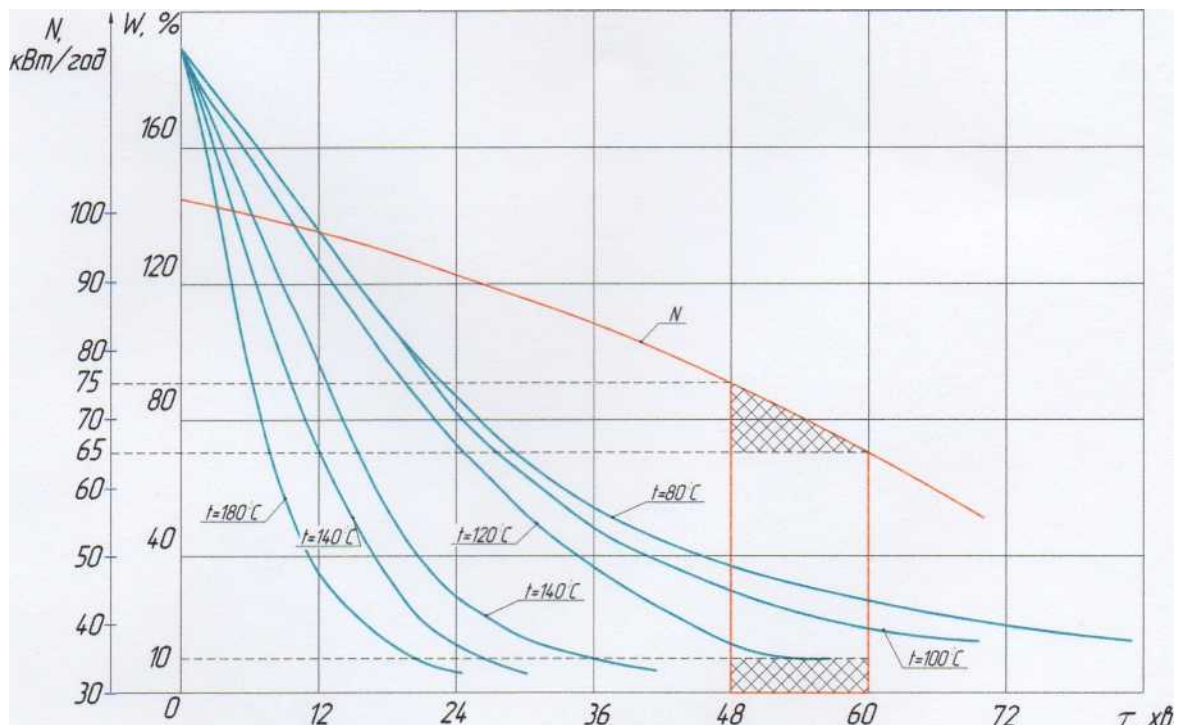


Рис.4.3. Вплив температури повітря на час сушіння при $V_{\text{const}}=1,3\text{ м/с}$, $\varphi_{\text{const}}=7\%$

З кривих сушіння видно, що із збільшенням температури повітря тривалість

процесу сушіння різко скорочується. Так при температурі 100°C тривалість сушки до вологості 10% складає 72% хвилини, а при температурі 180°C - за 24хв. Таким чином, при збільшенні температури в 1,8 раза тривалість сушіння скорочується в 3 рази.

На графіку також приведена крива енерговитрат. Отже, оптимальною температурою сушіння, коли вологість матеріалу досягає 10%, буде $t=120^{\circ}\text{C}$. Час сушіння при цьому складає 50 хв, а витрати енергії будуть мінімальними.

Вплив температури на швидкість сушіння можна проаналізувати по кривим швидкості сушіння, приведеним на рис.4.4.

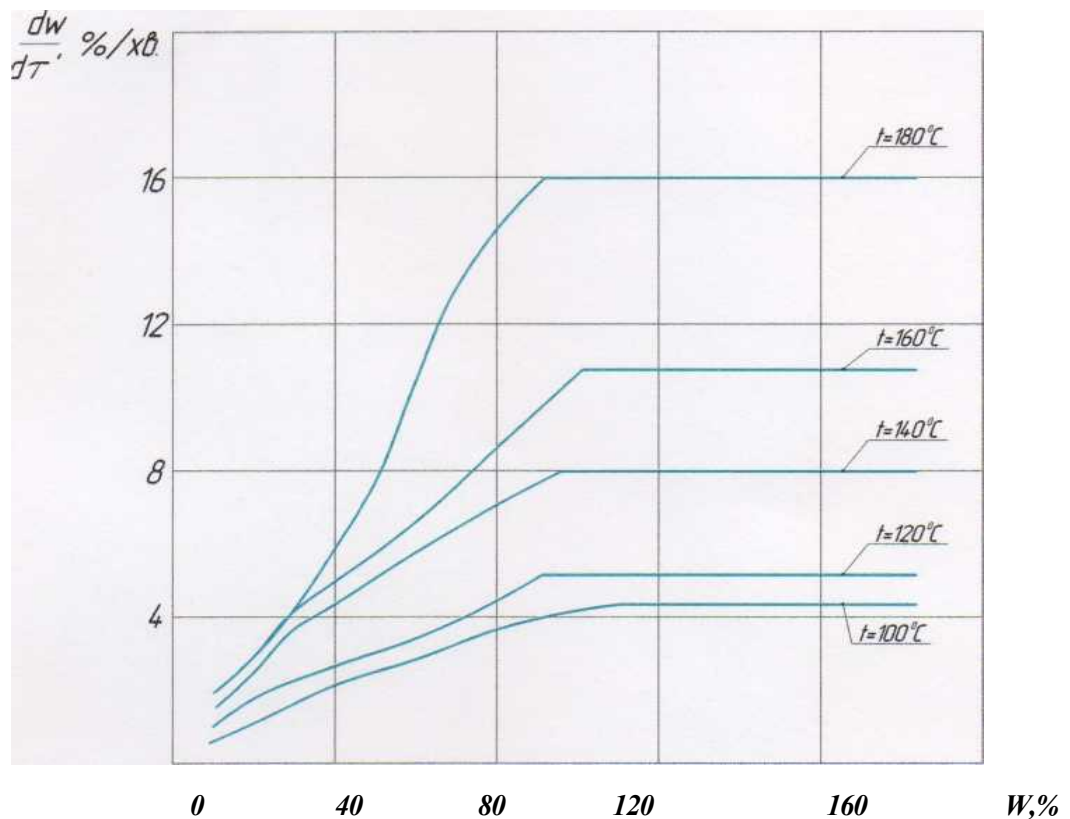


Рис.4.4. Вплив температури повітря на криві швидкості сушіння:
при $V=1.3 \text{ м/с}$, $\varphi \text{ const}=7\%$

З кривих швидкості сушіння можна встановити, що вплив температури

повітря на швидкість сушіння є ефективним на протязі всього процесу. Так в першому періоді при $t = 180^{\circ}\text{C}$ швидкість сушіння рівна $15,7\%/xв$, а при 100°C $\frac{dW}{d\tau} = 4,3\%/xв$. Відношення швидкостей рівне $\frac{15,7}{4,3} = 3,66$.

Вкінці другого періоду при вологості 10% відношення цих швидкостей рівне $3,5$. Аналогічна залежність швидкості сушіння від температури спостерігається і в інтервалах температур $160, 140, 120^{\circ}\text{C}$. З цього випливає, що позитивний вплив температури повітря на швидкість сушіння позначається на протязі всього процесу сушіння і в кінці процесу сушіння цей вплив не зменшується.

Аналіз експериментальних даних по визначенню впливу температури на швидкість сушіння дозволив визначити залежність швидкості сушіння ВІД температури повітря. Ця залежність може бути виражена формулою:

$$\frac{dW}{d\tau} = 0,85e^{n \cdot t}$$

де A, n - коефіцієнти, значення яких визначаються для кожного етап сушіння.

Обробка дослідних даних показує, що рівняння досить точно відображає залежність величин, які визначені із дослідів.

Для першого періоду сушіння визначення коефіцієнтів A і n визначені: $A=0,85, n=0,016$.

Таким чином, залежність швидкості сушіння від температури в першому періоді може бути виражена рівнянням:

$$\frac{dW}{d\tau} = 0,85e^{0,016 \cdot t}$$

Температура дробини підвищилась починаючи з першого періоду сушіння. Ту обставину, що температура дробини не була постійною в першому періоді, коли швидкість сушіння залишалась постійною, можна

пояснити тим, що при жорсткому режимі перший період сушіння протікає при неперервному підвищенні температури матеріалу.

Вплив швидкості руху повітря

Вплив швидкості руху повітря на процес сушіння можна спостерігати на кривих сушіння і кривих швидкості сушіння (рис.4.5, 4.6).

На рис.4.5 показано, що швидкість руху повітря змінювалась від 0,96 до 1,6 м/с. При збільшенні швидкості повітря з 0,96 до 1,6 м/с тривалість сушіння зменшується з 70 хв до 30 хв при постійній температурі 120°C і $\varphi = 7$

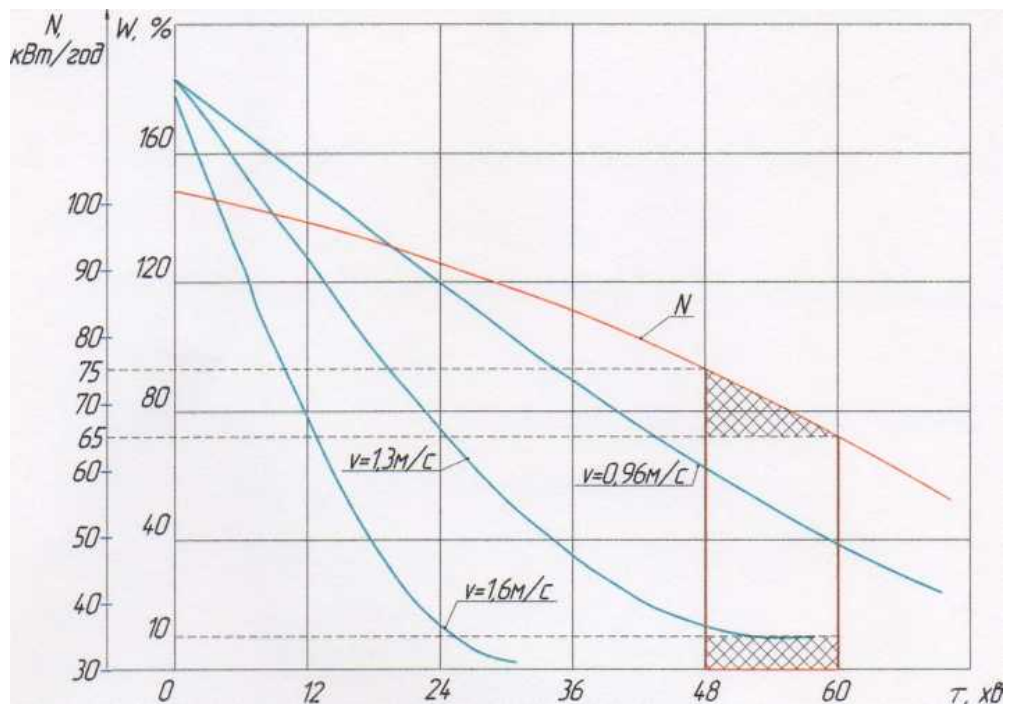


Рис.4.5. Вплив швидкості руху повітря на час сушіння

при $t_{\text{const}}=120 \text{ }^\circ\text{C}$ і $\varphi_{\text{const}}=7\%$

Так, з графіка випливає, що найоптимальнішим режимом сушіння буде сушіння матеріалу при швидкості повітря $V=1.3 \text{ м/с}$ і температурі $t=120^\circ\text{C}$, так як при цих параметрах досягається висушування матеріалу до заданої

вологості 10% і спостерігаються мінімальні витрати енергії. Час сушіння буде в області 48 - 60 хв.

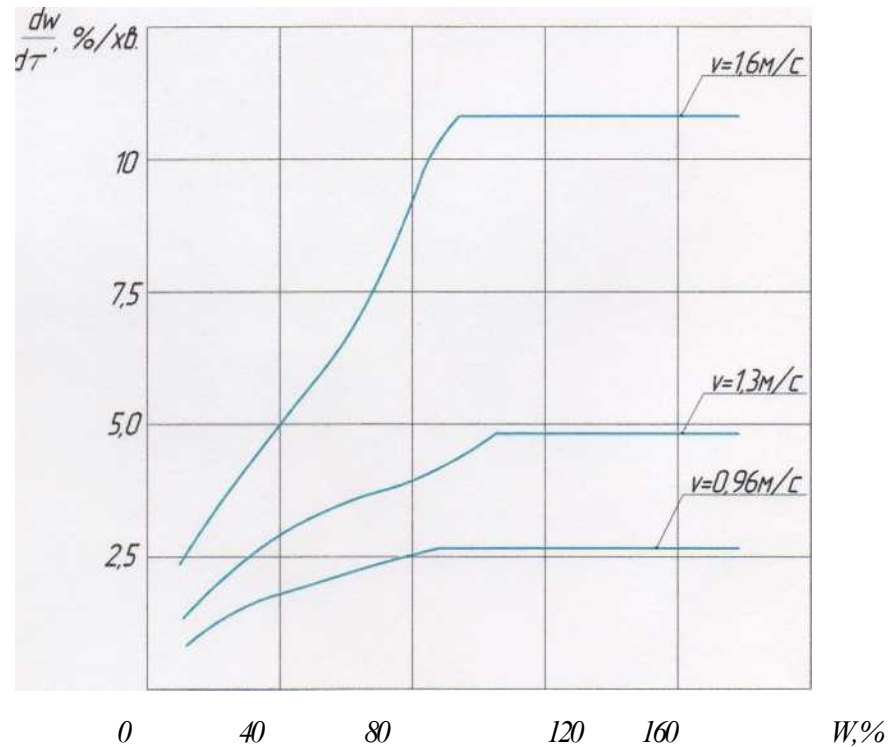


Рис.4.6. Вплив швидкості руху повітря на криві швидкості сушіння

$t_{\text{const}} = 120 \text{ }^\circ\text{C}$ і $\varphi_{\text{const}} = 7\%$

Вплив швидкості повітря на інтенсивність сушіння є найбільш ефективним в першому періоді сушіння, вкінці сушіння вплив швидкості повітря дещо знижується. В першому періоді при $v = 1,6 \text{ м/с}$ швидкість сушіння рівна $10,7\%/хв$, при $v = 0,96 \text{ м/с}$ $\frac{dW}{d\tau} = 2.6 \text{ } \%/хв$

.Відношення швидкостей дорівнює $\frac{10.7}{2.6} = 4,11$

Вкінці процесу сушіння при вологості 10% відношення цих швидкостей складає 3,43. Таким чином вплив швидкості повітря на процес сушіння найбільш ефективний в першому періоді. Вкінці

процесу сушіння воно дещо знижується.

По експериментальним даним залежність швидкості сушіння від швидкості руху повітря може бути виражене рівнянням:

$$\frac{dW}{d\tau} = B \cdot e^{m \cdot v},$$

де B , m - коефіцієнти, значення яких визначаються за дослідними даними для кожного періоду сушіння.

В результаті обробки дослідних даних визначені значення коефіцієнтів B і m для першого періоду сушіння: $B=0,81$, $m=2,21$.

Вплив відносної вологості

Дослідження впливу відносної вологості повітря на тривалість і швидкість процесу сушіння показує, що зниження відносної вологості позитивно впливає на протязі всього процесу сушіння. Але вкінці процесу сушіння вплив набирає рішуче значення.

Криві сушіння і швидкості сушіння, які характеризують вплив відносної вологості, приведені на рис.4.7, 4.8. Зниження відносної вологості з 45% до 7% зменшує тривалість сушіння з 70 хв до 50 хв і збільшує інтенсивність видалення вологи з матеріалу.

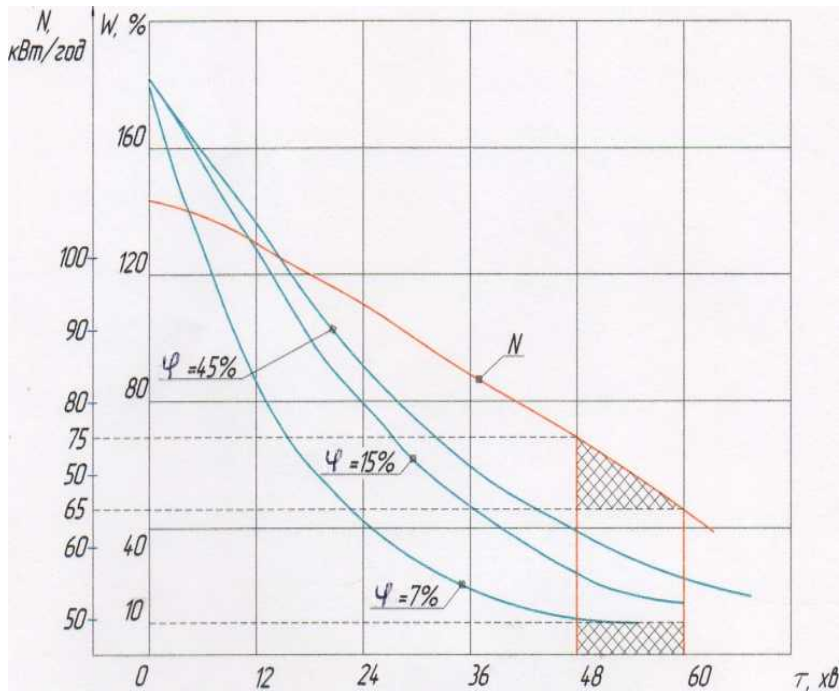


Рис. 4.7. Вплив відносної вологості повітря на час сушіння при
 $t_{\text{const}}=120\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_{\text{const}}, 1,3\text{ м/с}$.

Отже, найбільш оптимальним режимом сушіння, при якому вологість матеріалу досягає 10%, є сушіння дробини при відносній вологості повітря $\varphi = 7\%$, так як затрати енергії при цьому спостерігаються мінімальні. Час сушіння буде в інтервалі від 48 до 60 хв, температура повітря $t=120^{\circ}\text{C}$, швидкість подачі повітря $V=1.3\text{ м/с}$.

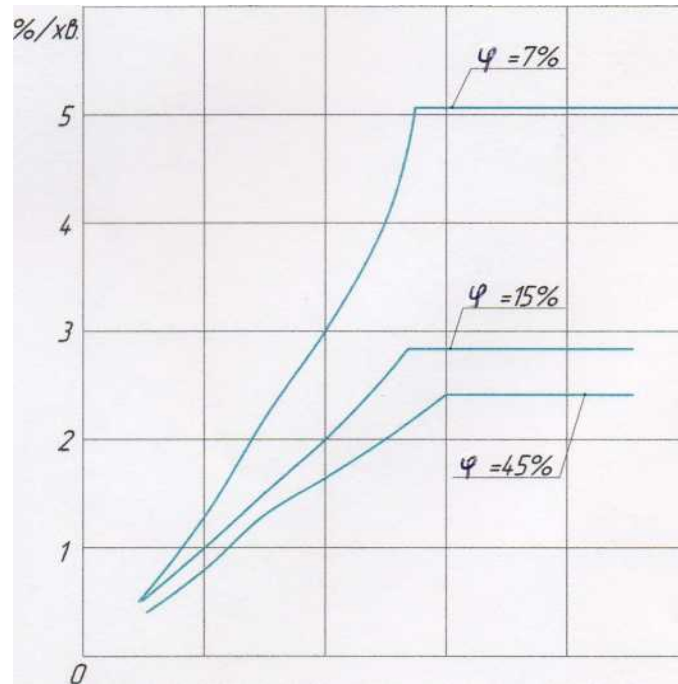


Рис. 4.8. Вплив відносної вологості повітря на криві швидкості сушіння: $t_{\text{const}}=120\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_{\text{const}}, 1,3\text{ м/с}$.

Вплив відносної вологості повітря на інтенсивність сушіння можна спостерігати на рис.4.8. Зниження відносної вологості повітря з 45% до 7% прискорює процес видалення вологи з матеріалу. Так при вологості повітря $\varphi = 7\%$ видаляється 5.2 %/хв вологи, а при $\varphi = 45\%$ - 2.4 %/хв.

Таким чином, швидкість сушіння дробини при продуванні повітря через шар дробини залежить від параметрів, які визначають зовнішній тепло- і масообмін.

Великий вплив на швидкість сушіння дає вплив кількості завантаженої дробини. Вплив кількості завантаженої дробини на тривалість сушіння видно на рис.3.9.

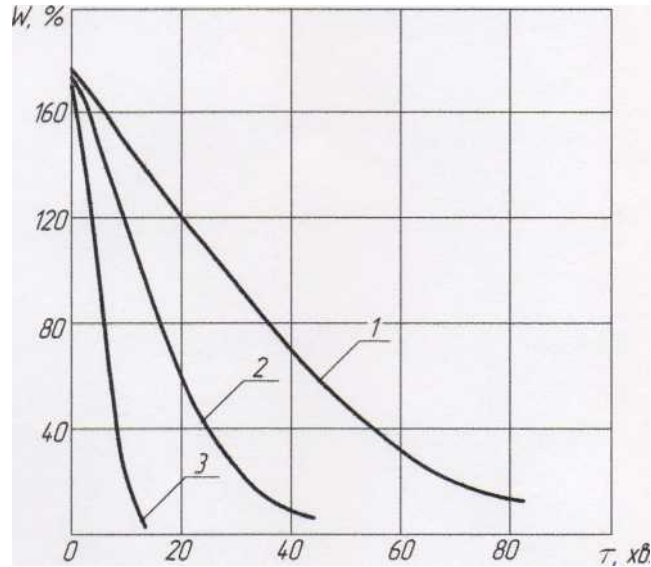


Рис.4.9. Вплив товщини шару дробини на тривалість сушіння:
 $t=120^{\circ}\text{C}$, $v=0,96$ м/с, $\varphi=7\%$, 1- $h=60\%$, 2- $h=40\%$, 3- $h=20\%$.

При зменшенні кількості завантаженої дробини з 8838кг до 2946кг (при $t=120^{\circ}\text{C}$, $v=0,95$ м/с, $\varphi=7\%$) тривалість сушіння зменшувалась з 80 хв до 10 хв.

Таким чином, доцільно при сушінні дробини забезпечити оптимальну кількість завантаженої дробини, що покращує умови вологообміну і крім того при зменшенні кількості завантаженої дробини, зменшується опір шару дробини.

Визначення коефіцієнтів перенесення вологи пивною дробиною

Основними коефіцієнтами перенесення вологи є термоградієнтний коефіцієнт δ і коефіцієнт потенціалопровідності a' . Для розрахунку вологообміну в процесі сушки, а також для визначення критичної вологості необхідно визначити залежність коефіцієнта a' від вологості.

При сушінні пивної дробини атмосферним повітрям, температура якого досягає 200°C всередині матеріалу може виникати градієнт температур. Наявність цього градієнта викликає додаткове переміщення вологи по напрямку потоку тепла. В цьому випадку переміщення вологи всередині

матеріалу буде обумовлено як вологопровідністю, так і термовологопровідністю. Необхідно було для визначення коефіцієнта потенціалопровідності визначити значення термоградієнтного коефіцієнта і його залежності від вологості.

Експериментальне визначення коефіцієнта δ може бути здійснено як методом стаціонарного, так і нестаціонарного потоку тепла. В основу наших досліджень узятий метод стаціонарного потоку тепла як найпростіший, що дає надійні результати.

З диференціального рівняння перенесення вологи в умовах стаціонарності $\left| \frac{du}{d\tau} = 0 \right|$ можна записати:

$$\frac{du}{dx} = -\delta \frac{dt}{dx},$$

звідки:

$$\delta = \frac{du/dx}{dt/dx}.$$

При невеликій різниці температури вздовж осі зразка коефіцієнт δ залишається величиною постійною і визначається відношенням:

$$\delta = -\frac{\Delta u}{\Delta t}.$$

Експериментальне визначення коефіцієнта δ проводилося на лабораторній установці, що складається з двох термостатів (гарячого і холодного). Досліди проводилося при температурі гарячого термостата рівною $+60^{\circ}\text{C}$, холодного $+5^{\circ}\text{C}$. Циліндр діаметром 30 мм, завдовжки 60 мм з навішуванням дробини поміщався між термостатами. Дробина

бралася з різною початковою вологістю від 10 до 200%. Вага абсолютно сухого матеріалу зберігалася протягом всіх дослідів постійною. Температура по довжині зразка замірялася термопарами, які розміщувалися на відстані 12 мм один від одного по осі циліндра.

Стаціонарний розподіл температури досягався протягом 8—10 годин, а поля вологості - 36-48 годин. Для визначення поля вологості зразок дробини розрізали на п'ять рівних частин, вологість кожної частини визначалася висушуванням.

Дослідні дані по розподілу температури і вологості по довжині зразка були представлені рівнянням вигляду:

$$t = t_0 - Ax$$

$$u = u_0 + Bx$$

Термоградієнтний коефіцієнт визначався по відношенню:

$$\delta = -\frac{B}{A}.$$

У результаті обробки дослідних даних була одержана залежність коефіцієнта δ від середнього вологовмісту (рис. 4.10).

Із графіка видно, що термоградієнтний коефіцієнт в процесі сушінні різко змінюється, крива в залежності від вологості має максимум, який відповідає значенню коефіцієнта δ рівному 3,45%/°C.

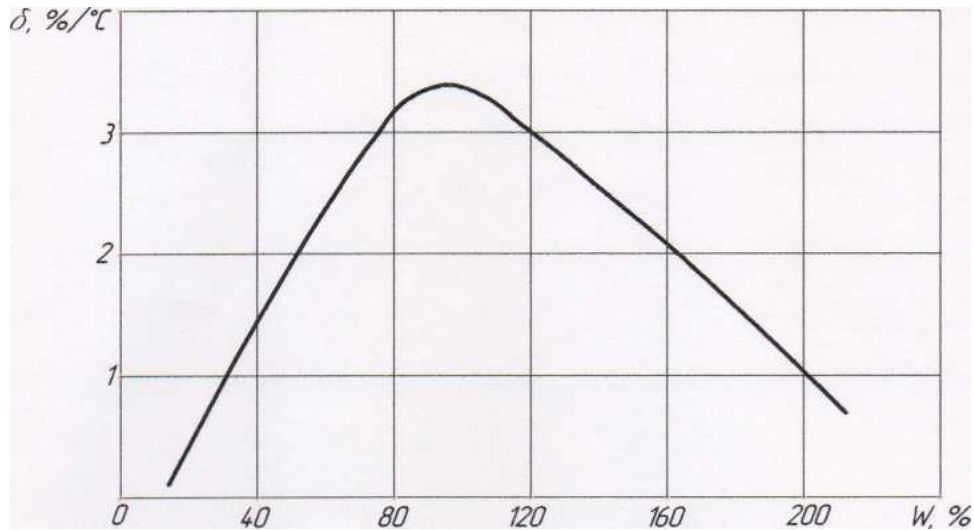


Рис.4.10. Залежність коефіцієнта δ від середнього вологовмісту

Із зменшенням вологості дробини від 200% до 94% термоградієнтний коефіцієнт зростає до максимального значення $\delta = 3,45\%/^{\circ}\text{C}$. після цього із зменшенням вологості коефіцієнт δ зменшується до $0,33\%/^{\circ}\text{C}$ при вологості 23,4%.

Характерні залежність коефіцієнта δ від вологості дробини можна пояснити наступним чином. Збільшення термоградієнтного коефіцієнта до екстримальної точки ($3,45\%/^{\circ}\text{C}$) при збільшенні вологості обумовлюється переміщенням вологи у вигляді пари (адсорбційно зв'язана волога) і у вигляді пари і рідини (капілярна волога набухання).

Зменшення δ після екстримальної точки можна пояснити тим, що із збільшенням вологості дробини її пори заповнюються водою, а кількість зажатого повітря зменшується, що приводить до зменшення термоградієнтного коефіцієнта.

Кількісна залежність термоградієнтного коефіцієнта для цього випадку виражається:

$$\delta = \frac{3 \cdot (U_{\max} - U)}{2 \cdot (T_k - T_0)} \cdot \frac{T_k}{T_0},$$

де U - вологість матеріалу,

U_{\max} - максимальна вологість матеріалу,

T_k - критична температура води.

Із рівняння видно, що із збільшенням вологості коефіцієнт δ зменшується.

Як показали проведені досліді, термоградієнтний коефіцієнт для пивної дробини має значну величину (3,45%/°C), тому для запобігання гальмуючої дії термовологопровідності необхідно дробину рівномірно прогріти перед подаванням її в сушарку. З цією метою доцільно зберегти температуру гарячої дробини, яка виходить із фільтраційного відділення і не допускати її охолодження в процесі механічного обезводнення.

Визначення коефіцієнта потенціалопровідності a' проводили методом, заснованому на використуванні даних, одержаних безпосередньо в процесі сушки (по кривих розподілу вологості і температури).

Для розрахунку коефіцієнта a' береться рівняння:

$$a' = \frac{q'}{\gamma_0 \left(\frac{du}{dx} \pm \delta \frac{dt}{dx} \right)}$$

Як видно з рівняння для розрахунку коефіцієнта необхідно здослідів

визначити значення:

$$q' = \frac{du}{dx},$$

За результатами дослідів визначена залежність коефіцієнта a' від вологості (рис. 4.11). По знайдених значеннях коефіцієнта розрахована критична вологість для дробини $W_k = 72\%$.

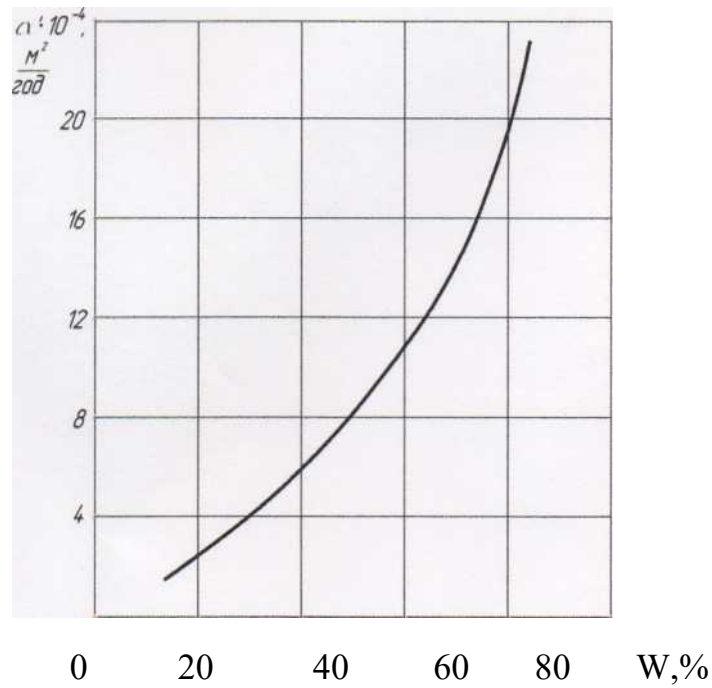


Рис.4.11. Залежність коефіцієнта a' від вологості

На графіку видно, що по мірі зменшення вологості дробини, коефіцієнт a' зменшується, що характерно для переміщення капілярної вологи у вигляді пари. Такий характер переміщення вологи збільшенням опору переміщення за рахунок заглиблення поверхні випаровування в процесі сушіння матеріалу. При цьому волога від зони випаровування до поверхні тіла рухається не в рідкому стані, а в пароподібному.

Вибір раціонального режиму сушки пивної дробини

У результаті застосування теорії тепло- і масообміну до механізму процесу сушки дробини виявилось можливим більш правильно підійти до вибору режиму сушки і типу конструкцій сушильної установки. Відомо, що одним з найефективніших способів сушки дрібнозернистих матеріалів є сушка продуванням повітря через шар матеріалу.

Дослідженнями форм зв'язків вологи встановлено, що основна

частина вологи дробини є вільною і її доцільно видалити механічним способом, найпростішим і дешевим.

Шляхом такого механічного обезводнення видаляється велика частина вологи з дробини.

При віджиманні 100 кг сирій дробини до вологості 67% видаляється

вологи:
$$W_1 = 100 \frac{80 - 67}{100 - 67} = 40 \text{ кг}$$

На сушку після віджимання поступає: $100 - 40 = 60$ кг

В процесі сушіння вологість дробини знижується до 10%, при цьому випаровується вологи:

$$W_2 = 60 \frac{67 - 10}{100 - 10} = 38 \text{ кг}$$

Таким чином, при віджиманні дробини видаляється більше половини всієї кількості вологи.

В якості теплового агента для сушіння дробини необхідно використовувати пару з температурою 160 °С, а в якості сушильного агента - повітря, при температурі 120 °С.

На підставі проведених досліджень можна зробити наступні рекомендації по вибору раціонального способу отримання сухої дробини.

Обезводнення дробини пропонується здійснювати в дві стадії:

1. зневоднення механічним способом на шнековому пресі від початкової вологості 80% до кінцевої вологості 67%;

2. сушка пивної дробини з початковою вологістю 67% до вологості 10-12% з використанням в якості сушильного агента повітря з

температурою до 160 °С.

3. при сушці дробини необхідно забезпечувати продування повітря крізь шар матеріалу. При зменшенні кількості подаваного продукту в апарат тривалість сушки значно скорочується.

4. конструкція сушильної установки повинна забезпечувати протитечію при русі повітря і дробини.

5. конструкція віджимних пресів і сушильної установки повинна забезпечувати безперервність процесу віджимання і сушки.

6. сира дробина після обезводнення на пресовій установці має вологість 67% (на загальну вагу). За розмірами частинок дробина є дрібнозернистим матеріалом, який при вологості 67% може злипатися, щоб уникнути цього необхідно передбачити в конструкції сушильної установки перемішування шару дробини.

Проведено дослідження процесу сушки пивної дробини з метою розробки раціонального способу отримання сухої дробини; Вивчені форми зв'язку вологи з дробиною і встановлено:

а) дробина є капілярно-пористою колоїдною речовиною з великим вмістом вільної вологи;

б) побудовані ізотерми десорбції для дробини при $t = 25\text{ °C}$ і $t = 50\text{ °C}$;

в) визначена гігроскопічна вологість дробини $W_{гг} = 43\%$ при $t = 25\text{ °C}$;

Проведені дослідження по сушці дробини дозволили виявити вплив основних параметрів повітря на тривалість сушки.

Моделювання за допомогою програми Flow Vision

Програмою Flow Vision було промодельовано процес сушіння пивної дробини в багатотрубній барабанній сушарці. Було досліджено швидкість проходження продукту в апараті та температуру всередині апарату.

Під час моделювання процесу сушіння в багатотрубній барабанній сушарці в програмі Flow Vision основними параметрами для дослідження були швидкість поступання пивної дробини в апарат, температура продукту і температура теплового агента.

Як вже відомо, важливу роль в процесі сушіння відіграє швидкість подачі продукту в апарат. Якщо швидкість занадто висока, то відбувається нерівномірне прогрівання продукту на першій стадії сушіння, що в другому періоді сушіння не дає бажаного результату, тобто дробина отримується з більш високою вологістю, ніж потрібно. Якщо швидкість подачі замала, то виникає небезпека затління продукту в апараті, що може спричинити вибух.

Не менш важливу роль має температура теплового і сушильного агента. Якщо їхня температура буде занадто високою, то виникає небезпека загорання матеріалу всередині апарату. Максимально допустима температура теплового агента при сушінні сягає 180°C. При низькій температурі будуть спостерігатися великі енергозатрати та збільшується тривалість процесу.

Тому, є дуже важливим правильно підібрати швидкість подачі дробини в апарат та температуру гріючого і сушильного агента для ефективної роботи сушарки.

Як видно з досліджень зміни температури в апараті, спочатку в першій частині апарату відбувається нагрівання продукту до температури 104°C. Далі продукт поступово переміщується в іншу частину апарату і по мірі переміщення він нагрівається до температури 120°C і висушується (рис. 4.12).

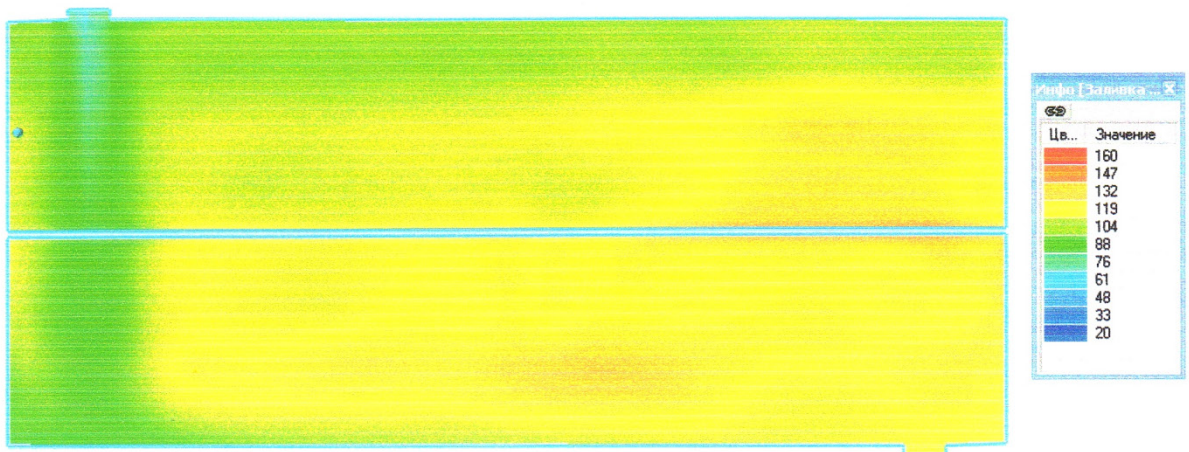


Рис. 4.12. Поле значень коливання температури

Найбільш гаряча зона знаходиться в пристінній зоні гріючих трубок, правій частині апарату та в центральній нижній зоні (рис. 4.13).

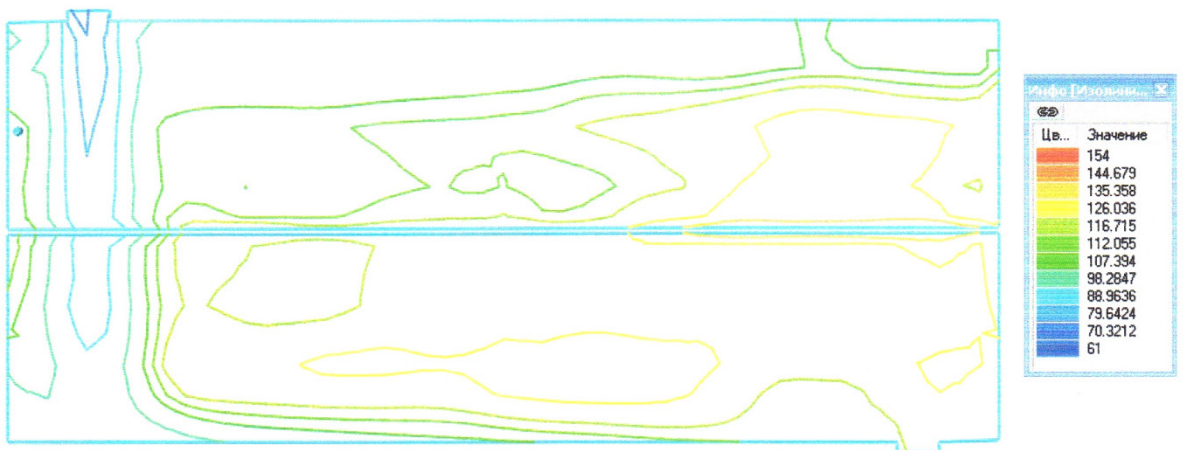


Рис. 4.13. Епюри коливань температури

Із графіка зміни температури (рис.4.14) можна побачити, що на вході

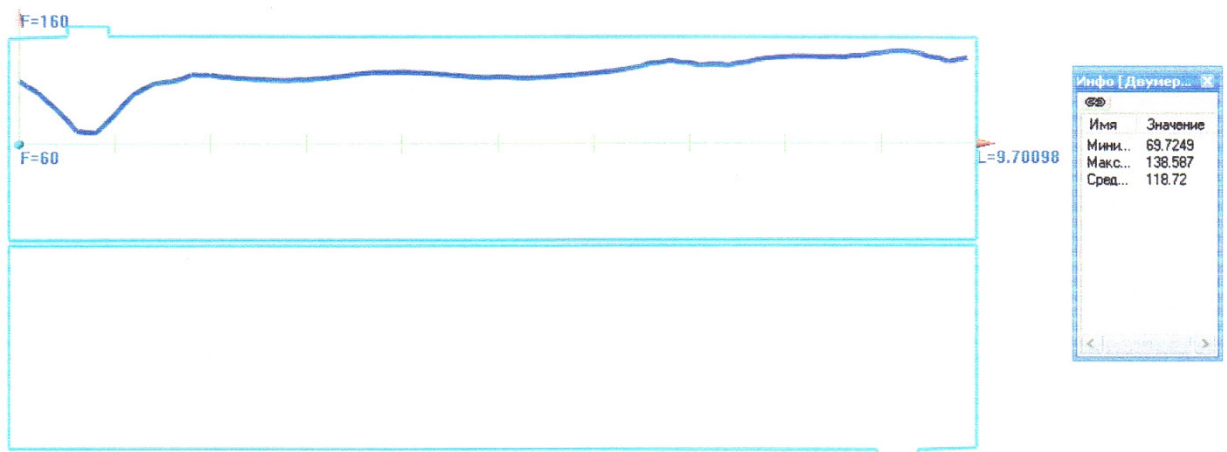


Рис.4.14. Графік зміни температур

в апарат температура є найменшою і сягає 60°C , далі вона поступово підвищується і на виході з апарату становить 95°C .

Дослідження зміни швидкості показують, що максимальна швидкість дробини є на вході в апарат, потім вона поступово зменшується і всередині розподіляється рівномірно. Близьче до розвантажувального патрубку швидкість дробини знову починає зростати і різко збільшується при вході в розвантажувальну шахту (рис.4.15).

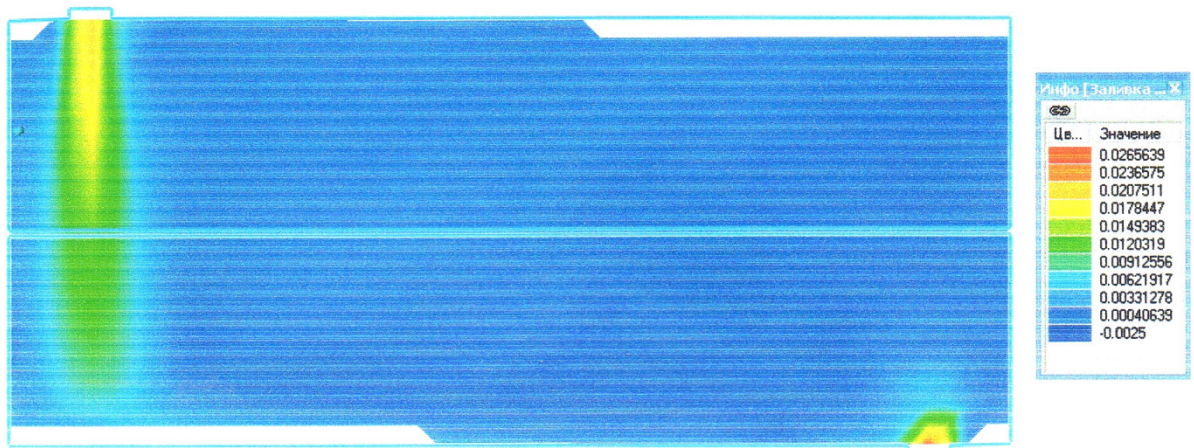


Рис. 4.15. Поле значень зміни швидкості

Більш чітко зони розподілу швидкостей показані на рис. 4.16.

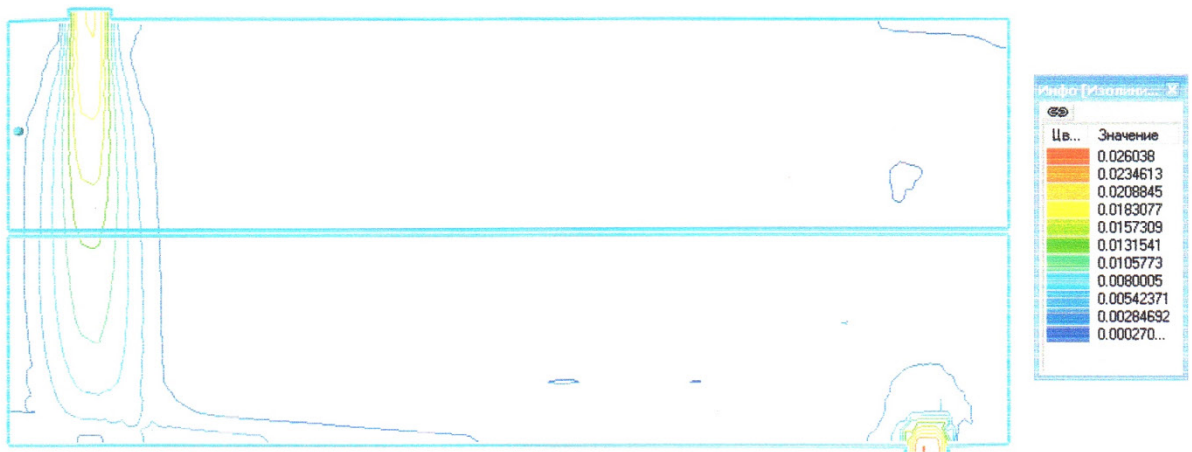


Рис. 4.16. Епюри зміни швидкостей

Як видно з графіка зміни швидкості максимальна швидкість буде на вході дробини в апарат і сягає $0,022$ м/с, далі швидкість продукту стає рівномірною.

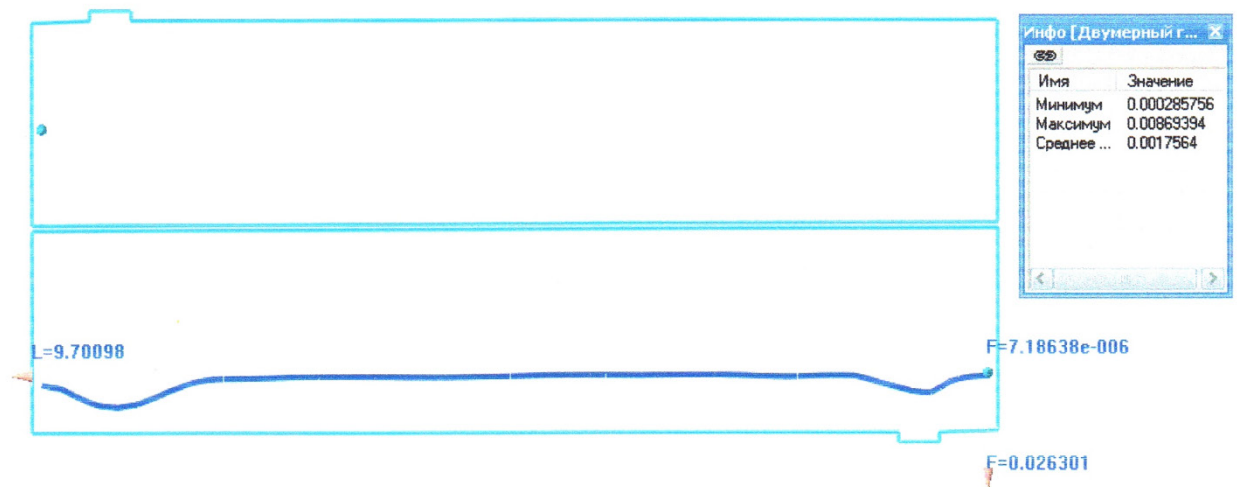


Рис. 4.17. Графік зміни швидкості

На виході з апарату швидкість продукту знову починає зростати, так як зменшується діаметр отвору, по якому проходить дробина.

5. ОПИС АПАРАТУРНО - ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПЕРЕРОБКИ ПІВНОЇ ДРОБИНИ

Солодова дробина утворюється в процесі фільтрації затору як залишок

після відділення рідкої фази - пивного сусла.

В кінці процесу затирання затор складається з суміші розчинених і нерозчинених у воді речовин.

Водний розчин екстрактних речовин називається суслom, а нерозчинену фазу називають дробиною. Дробина в основному складається з м'яких оболонok, зародків і інших речовин, не розчинених при затиранні.

Для виробництва пива використовують тільки сусло, яке повинно бути відокремлене від дробини як найбільш ретельніше. Подібний процес розділення фаз називають фільтруванням затору.

Фільтрування затору є процесом, при якому дробина бере на себе роль фільтруючого матеріалу. Фільтрування затору проходить в дві окремі фази, що йдуть одна за одною, а саме:

- збір першого сусла;
- вилуговування дробини шляхом вимивання затриманих в ній екстрактних речовин (промивні води).

Використання дробини у свіжому вигляді пов'язане з рядом труднощів. По- перше, сира дробина швидко закисає й пліснявіє (строк зберігання свіжої дробини не більше 24 год), а по-друге, транспортування сирої дробини до місця споживання скрутне й коштовне (вона подвоює ціну відходу).

З метою підвищення стійкості при зберіганні і транспортабельності пивної дробини пропонується спосіб сушіння дробини з подальшим її гранулюванням.

Перед сушінням дробину необхідно відпресувати на дискових пресах, знижуючи її вологість приблизно до 67 %. Далі відбувається сушка і

гранулювання.

Віджимання, сушку та грануляцію вологої пивної дробини здійснюють у відповідності з технологічною інструкцією з урахуванням умов та встановленого обладнання.

Пивну дробину з вологістю 80% з варочного цеху через чотири клапани 2, які перемикаються, подають пневматичними конвеєрними трубопроводами на дві ємкості 20, 29:

- з ємкості 20, вологу пивну дробину за допомогою транспортуючого шнека

4 можна напряду відвантажувати на автотранспорт;

- з ємкості 29, волога пивна дробина самопливом поступає на два гвинтових преси 3, де відбувається віджимання дробини до вологості 67%.

Кожний з гвинтових пресів може віджати від 11145 до 14583 кг/год пивної дробини з вологості 78-80% в залежності від заданих показників гранульованої дробини (дробина суха пивна стандарт, або дробина суха пивна збагачена) до 67%. Утворені 5,745 кг/год відпресованої води при віджиманні скидається в каналізацію.

Віджату дробину можна подавати:

- в третю ємність з допомогою конвеєрного шнека і елеватора 1, звідки шнеком з бункера дробина вивантажується на автотранспорт;

- на сушарку.

При виробництві дробини сухої пивної збагаченої до віджатої дробини додають автолізовані дріжджі вологістю 80%. Автоліз дріжджів - це їх термічна обробка. Автоліз дріжджів проводять на теплообміннику 25, нагріваючи їх до температури 85°C. Автолізовані дріжджі збирають в ємність 7, звідки подають на змішувач з подвійним валом 6.

Змішана з дріжджами дробина шнековим транспортером завантажується в попередньо розігріту сушильну машину 8. По мірі

транспортування до розвантажувального пристрою, продукт висушується. Вміст вологи на виході близько 10%. Випарена в сушильній машині волога, через фільтр 24 вентилятором 10 відкачується в атмосферу.

Відбувається постійний контроль шкідливих речовин в газах. Тепловим агентом для сушарки використовуються пар з тиском 8 бар. Суху пивну дробину вологістю 10% та температурою 82°C, пневмотранспортом подають в силос 26, а повітря очищають на фільтрі 15 і видують в атмосферу. Частина, вивантаженої з сушки, дробини, поступає до системи механічної рециркуляції, яка включає в себе: горизонтальний шнековий транспортер, вертикальний 11, і через з'єднувальний жолоб подається в змішувач 6.

З силосу 26, самопливом сухий продукт поступає в кондиціонуючі і живильні шнеки 12, де зрошується водою і подається на гранулятори 13, де він пресується до гранул діаметром 8 мм. Під дією високого тиску, в грануляторах, продукт в гранулах нагрівається до температури 78 - 85°C. Потім повітрям охолоджується до температури 35°C. Після охолоджувача 22 гранули подають в силос 30 для зберігання через шнеки 17 та елеватор. Використане охолоджуюче повітря очищують фільтром та видують в атмосферу вентилятором 14.

З силосу для зберігання, ланцюговим конвейєром 19 гранули відвантажують в автотранспорт чи ж/д вагони.

Все обладнання керується напівавтоматичним контролем з потрібними блокуючими пристроями приладами безпеки.

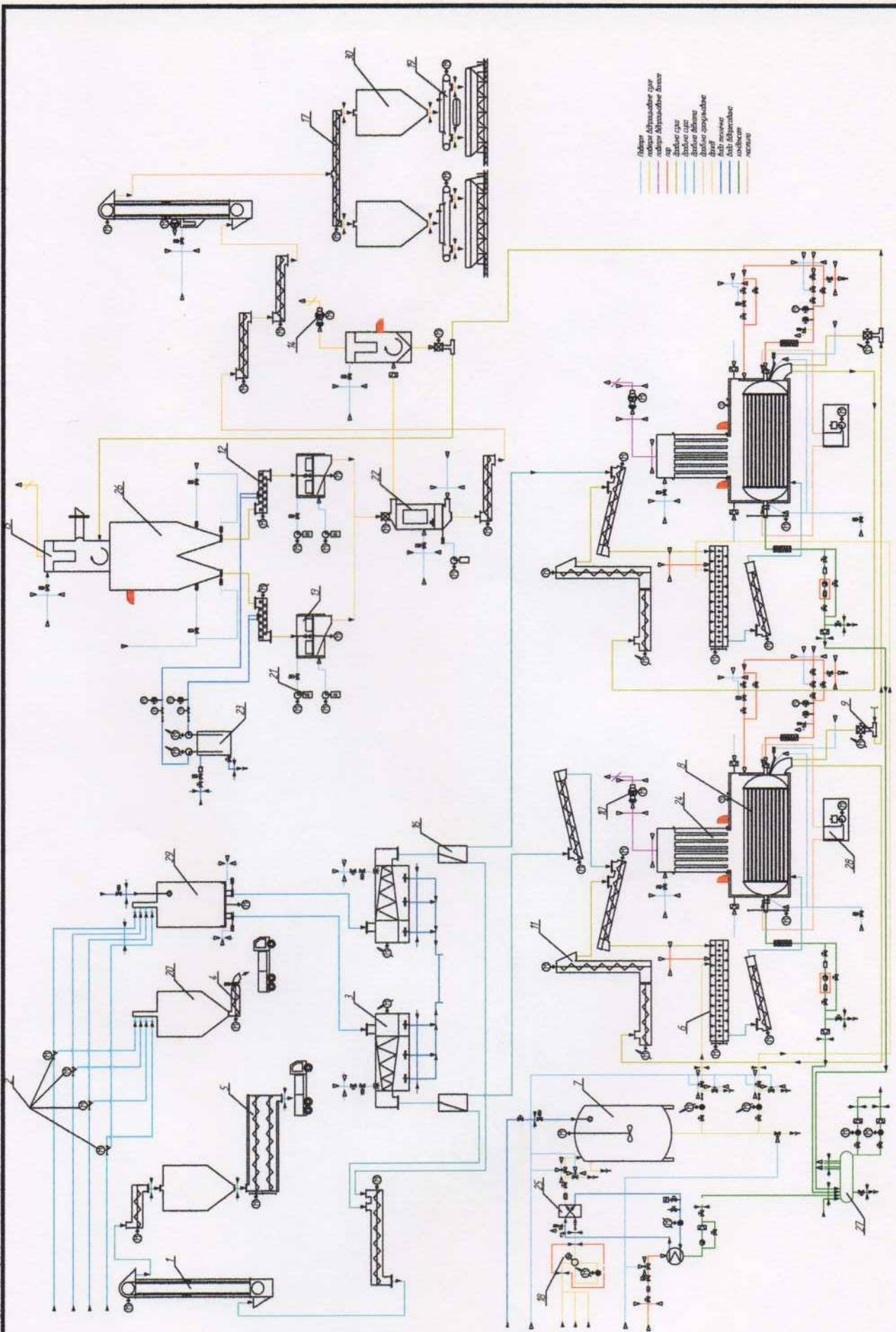


Рис.3.1. Апаратурно - технологічна схема переробки пилної дробини

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Опис апаратурно-технологічної схеми

6. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Дана установка, що розраховується пропонується для встановлення на пивзаводі «Оболонь». Всі приведені дані для розрахунку взято згідно з параметрами, що використовуються на заводі і є оптимальними для даного процесу сушіння. Розрахунок ведеться при максимальній продуктивності сушарки.

Дані для розрахунку:

1. Вологість сирої дробини після фільтрації $W_0 = 80 \%$.
2. Вологість відпресованої дробини $W_1 = 67 \%$.
3. Вологість дробини після сушіння $W_2 = 10 \%$.
4. Продуктивність сушарки по висушеному матеріалу $G=3240$ кг/год.

6.1. Розрахунок технологічних параметрів сушарки

6.1.1. Матеріальний баланс сушарки

Продуктивність сушильної установки і кількість видаленої вологи визначають з рівняння матеріального балансу і сухих речовин [5].

$$\frac{G_1(100 - W_1)}{100} = \frac{G_2(100 - W_2)}{100} \quad (6.1)$$

Продуктивність сушильної установки по сирому матеріалу:

$$G_1 = G_2 \cdot \frac{100 - W_2}{100 - W_1} = 3240 \cdot \frac{100 - 10}{100 - 67} = 8838 \text{ кг / год}, \quad (6.2)$$

де G_2 - продуктивність сушильної установки по висушеному матеріалу.

Кількість вологи, яка видаляється під час висушування

$$W = G_1 - G_2 = 8838 - 3240 = 5598 \text{ кг / год} \quad (6.3)$$

Визначимо кількість випареної вологи на сушці на вагу сухої дробини

$$W_{c.c.} = \frac{W}{G_2} \cdot 100\% = \frac{5598}{3240} \cdot 100\% = 172\% \quad (6.4)$$

Складемо матеріальний баланс за абсолютно сухим матеріалом:

$$\frac{G1 \cdot (100 - W1)}{100} = \frac{G2 \cdot (100 - W2)}{100} = \frac{8838 \cdot (100 - 67)}{100} = \frac{3240 \cdot (100 - 10)}{100} = 2916 \text{ кг/год} \quad (6.5)$$

6.2. Тепловий розрахунок апарату

1. Середня різниця температур теплоносія і продукту:

а) більша різниця температур

$$\Delta t_6 = t_n - t_1 = 160 - 60 = 100 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (6.6)$$

де t_n – температура теплоносія (пари),

t_1 – температура продукту на вході в апарат;

б) менша різниця температур

$$\Delta t_m = t_n - t_2 = 160 - 95 = 65 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (6.7)$$

де t_2 – температура продукту на виході з апарату;

Δt_6 , Δt_m – різниця температур між гарячим теплоносієм і продуктом на кінцях апарату.

Так як $\Delta t_6 / \Delta t_m = 1,5 \leq 2$, то

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 + \Delta t_m}{2} = \frac{100 + 65}{2} = 82,5 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (6.8)$$

2. Середня температура продукту:

$$t_{cp} = t_n - \Delta t_{cp} = 160 - 82,5 = 77,5 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (6.9)$$

3. Різниця температур теплоносія і стінки:

$$\Delta t_1 = 0,6 \cdot \Delta t_{cp} = 0,6 \cdot 82,5 = 49,5 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (6.10)$$

4. Різниця температур стінки і продукту:

$$\Delta t_2 = (1 - 0,6 - 0,06) \cdot 82,5 = 28,05 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (6.11)$$

5. Температура стінки зі сторони теплоносія:

$$t_{ст1} = t_n - \Delta t_1 = 160 - 49,5 = 110,5 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (6.12)$$

6. Температура стінки зі сторони продукту:

$$t_{ст2} = t_{cp} + \Delta t_2 = 77,5 + 28,05 = 105,55 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (6.13)$$

7. Температура плівки конденсату теплоносія:

$$t_{пл} = 0,5 \cdot (t_n + \Delta t_{ст1}) = 0,5 \cdot (160 + 110,5) = 135,25 \text{ }^\circ\text{C}. \quad (6.14)$$

Визначення вологовмісту і ентальпії свіжого і відпрацьованого повітря ведеться за наступними формулами:

Вологовміст свіжого повітря:

$$d = 0,622 \cdot 1000 \frac{\varphi P_H}{B - \varphi P_H} \quad (6.15)$$

де, 0,622 – відношення мольних мас водяної пари і повітря; P_H – тиск насиченої водяної пари при даній температурі повітря; B – барометричний тиск повітря; φ – відносна вологість повітря.

$$d_1 = 0,622 \cdot 1000 \cdot \frac{0,07 \cdot 2,34 \cdot 10^3}{99,1 \cdot 10^3 - 0,07 \cdot 2,34 \cdot 10^3} = 8,9 \text{ г/кг}$$

$$d_2 = 0,622 \cdot 1000 \cdot \frac{0,07 \cdot 84,5 \cdot 10^3}{99,1 \cdot 10^3 - 0,07 \cdot 84,5 \cdot 10^3} = 651,5 \text{ г/кг}$$

Ентальпія вологого повітря визначається як сума ентальпій сухого повітря і водяної пари, яка приходить на 1 кг сухого повітря:

$$I = C_{c.n} \cdot t + \frac{d}{1000} \cdot i_n \quad (6.16)$$

де, $C_{c.n}$ – середня питома теплоємність сухого повітря, при $t \leq 200$ °С, $C_{c.n} = 1,004$ кДж/(кгК); t – температура вологого повітря, °С; d – питомий вологовміст повітря, г/кг;

Питома ентальпія перегрітої пари:

$$i_n = r_0 + c_n \cdot t \quad (6.17)$$

де, r_0 – питома теплота перетворення води; при 0°С $r_0 = 2500$ кДж/кг; c_n – середня питома теплоємність водяної пари; $c_n = 1,842$ кДж/(кгК)

$$I_1 = 1,004 \cdot 20 + \frac{8,9}{1000} \cdot (2500 + 1,842 \cdot 20) = 42,6 \text{ кДж/кг}$$

$$I_2 = 1,004 \cdot 120 + \frac{651,5}{1000} \cdot (2500 + 1,842 \cdot 120) = 1904 \text{ кДж/кг}$$

Питомі витрати абсолютно сухого повітря, які затрачені на випаровування 1 кг вологи, розраховується по наступній формулі:

$$l = \frac{L}{W} = \frac{1000}{d_2 - d_1} = \frac{1000}{651,5 - 8,9} = 1,56 \frac{\text{кг}}{\text{кг вологи}} \quad (6.18)$$

Визначення витрат абсолютно сухого повітря L в сушильній установці:

$$L = W \frac{1000}{d_2 - d_1} = 5598 \cdot \frac{1000}{651,5 - 8,9} = 8733 \text{ кг с.п./год} \quad (6.19)$$

Визначення об'ємних витрат повітря, яке поступає в сушильну камеру і виходить з неї розраховується по формулі:

$$v_{\text{нмн}} = \frac{R_B \cdot T}{B - \varphi \cdot P_n} \quad (6.20)$$

де, R_B – газова стала; для повітря $R_B=287 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$; T – абсолютна температура повітря, К .

$$v_{\text{нмн1}} = \frac{287 \cdot 293}{99,1 \cdot 10^3 - 0,07 \cdot 2,34 \cdot 10^3} = 0,86 \text{ м}^3/\text{кг}, \quad v_{\text{нмн2}} = \frac{287 \cdot 393}{99,1 \cdot 10^3 - 0,07 \cdot 84,5 \cdot 10^3} = 2,33 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Об'ємні витрати повітря: $V = L \cdot v_{\text{нмн}}$ (6.21)

$$V_1 = 8733 \cdot 0,86 = 7510 \text{ м}^3/\text{год}, \quad V_2 = 8733 \cdot 2,33 = 20348 \text{ м}^3/\text{год}$$

Витрата тепла на випаровування 1 кг вологи:

$$q = l \cdot (I_2 - I_1) = 1,56 \cdot (1904 - 42,6) = 2904 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (6.22)$$

Визначаємо витрату тепла на підігрів дробини. Приймаємо: температуру дробини перед сушаркою $\theta_1=60 \text{ }^\circ\text{C}$; температуру дробини на виході із сушарки (що дорівнює температурі вторинної пари, що виходить) $\theta_2=t_2=120 \text{ }^\circ\text{C}$; теплоємність сухої дробини $C_M=2,78 \text{ кДж}/\text{кг}$.

Тоді витрата тепла на підігрів дробини буде дорівнювати:

$$q_M = \frac{G \cdot C_M \cdot (\theta_2 - \theta_1)}{W_B} = \frac{3240 \cdot 2,78 \cdot (120 - 60)}{5598} = 96,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (6.23)$$

Витрату тепла в навколишнє середовище при створенні відповідної ізоляції барабана можна прийняти: $q_B = 3,33 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

Визначаємо термодинамічні втрати внаслідок політропного процесу сушки:

$$q_{\text{тер}} = 0,05515 \cdot (T_1 + T_2) = 0,05515 \cdot (433 + 428) = 47,48 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}} = 210,8 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (6.24)$$

де $T_1 = t_1 + 273 = 160 + 273 = 433 \text{ K}$; $T_2 = t_2 + 273 = 155 + 273 = 428 \text{ K}$ – температури пари відповідно на вході і на виході в Кельвінах.

Сумарні теплові втрати:

$$\Delta = c \cdot \theta_2 + q_{\text{доп}} - (q_M + q_B + q_{\text{теп}}) = 4,19 \cdot 120 + 0 - (96,5 + 3,33 + 210,8) = 192,17 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}, \quad (6.26)$$

де $q_{\text{доп}} = 0$ (у нашому випадку) – додаткова втрата теплоти.

Час сушіння матеріалу:

$$\tau = 2 \frac{\varphi \cdot \rho}{G} \cdot \frac{(W_1 - W_2)}{200 - (W_1 + W_2)} = 2 \frac{0,45 \cdot 630}{3240} \cdot \frac{(67 - 10)}{200 - (67 + 10)} = 0,85 \text{ год} = 51 \text{ хв} \quad (6.27)$$

Кількість матеріалу, що знаходиться в сушарці:

$$G_M = t_{\text{сум}} \cdot \left(G + \frac{W_B}{2} \right) = 0,85 \cdot \left(3240 + \frac{5598}{2} \right) = 5133 \text{ кг} \quad (6.28)$$

6.2.1. Теплове навантаження і витрати пари

Витрати пари, кг/год:

$$D = \frac{Q}{I - i} = \frac{1,121 \cdot 10^6}{2699 \cdot 10^3 - 4,692 \cdot 10^5} = 2,05 \text{ кг/с} = 7389 \text{ кг/год} \quad (6.29)$$

де I, i — ентальпія нагрівної пари і конденсату, Дж/кг.

Теплове навантаження з урахуванням теплових втрат, Вт

$$Q = xG \cdot c(t_k - t_n) = 1,04 \cdot 2,6 \cdot 3,805 \cdot 10^3 (160 - 155) = 1,121 \cdot 10^6 \text{ Вт} \quad (6.30)$$

де x — коефіцієнт, що враховує втрати теплоти в навколишнє середовище;

$x = 1,02 \dots 1,05$;

c — теплоємність пари, Дж/(кг · К).

Ентальпія конденсату

$$i = ct_k = 4190 \cdot 113 = 4,692 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг} \quad (6.31)$$

де t_k — температура конденсату, що дорівнює t_p — (2...3)°С

6.2.2. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі

Загальний коефіцієнт теплопередачі визначають за такою формулою:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_{CT}} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (6.32)$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{7,373 \cdot 10^3} + \frac{1,5 \cdot 10^{-3}}{17,5} + \frac{1}{5,866 \cdot 10^3}} = 2,552 \cdot 10^3$$

де α_1 — коефіцієнт тепловіддачі від пари до стінки, Вт/(м² · К);

δ — товщина стінки, м;

λ_{CT} — теплопровідність стінки, Вт/(м² · К);

α_2 — коефіцієнт тепловіддачі від стінки до матеріалу, Вт/(м² · К).

Задаємося швидкостями: 0,4; 0,9; 1,4; 1,9;

Розрахункове рівняння для обчислення коефіцієнта теплопередачі α_1 :

$$\alpha_1 = 2,04 A \sqrt{\frac{r}{H \Delta t_1}} = 2,04 \cdot 187,5 \cdot \sqrt{\frac{2216 \cdot 10^3}{3 \cdot 5,35}} = 7,373 \cdot 10^3 \quad (6.33)$$

де $A = \frac{188 - 179}{20} \cdot 19 + 179 = 178,5$ — розрахунковий коефіцієнт, який залежить від фізичних властивостей плівки конденсату,

$r = 2216 \cdot 10^3$ (Дж/кг) - теплота конденсації;

$H=3$ м — висота вертикальної трубки;

- $t_p = 160^\circ C$ - температура пари.

Різниця температур:

$$\Delta t_1 = t_p - t_{CT1} = 160 - 154,65 = 5,35^\circ C \quad (6.34)$$

$t_{CT1}=154,65^\circ C$ — температура стінки, на якій конденсується пара;

$$t_{CT1} = \frac{t_p + t_{CT1}}{2} = \frac{160 + 154,65}{2} = 157,33^\circ C \quad (6.35)$$

Значення А залежно від температури плівки конденсату $t_{нз}$ такі:

$t_{нз}$	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
A	120	139	155	169	179	188	194	197	199	199

У зв'язку з тим, що температура стінки зі сторони пари невідома, її визначають методом послідовного наближення.

$$t_{ст1} = t_p - \frac{K}{\alpha_1} \Delta t_c = 160 - \frac{1,166 \cdot 10^3}{7,373 \cdot 10^3} \cdot 31,5 = 155^\circ C$$

Задану температуру перевіряють за таким рівнянням:

де $K = K_0 \varphi = 1,418 \cdot 10^3 \cdot 0,8 = 1,166 \cdot 10^3$ — розрахунковий коефіцієнт теплопередачі.

Різниця між заданою і розрахунковою температурами повинна бути не вища $1^\circ C$.

6.2.3. Розрахунок теплофізичних параметрів дробини

По формулі В.3. Жадана теплоємність вологої дробини визначається (в Дж/кг·К):

$$c = 4190 + 3,35n_{ж} + 1,25n_{б} - 27,65n = 4190 + 3,35 \cdot 1,9 + 1,25 \cdot 8,3 - 27,65 \cdot 18,7 = 3690 \text{ Дж/кг·К}$$

де, $n_{ж}$ і $n_{б}$ — склад в дробині жирів та білків, %; n — склад в дробині вуглеводів, %

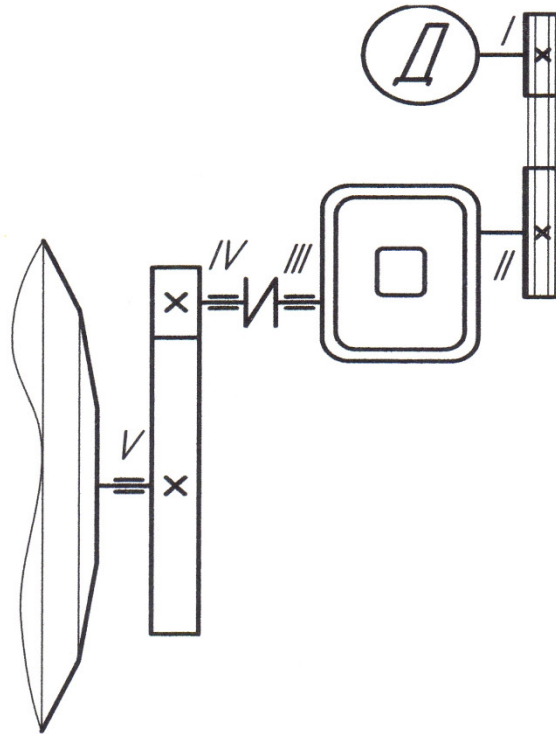
Тоді теплоємність сухої дробини (в Дж/кг·К):

$$c = 4190 - 27,65n = 4190 - 27,65 \cdot 51 = 2780 \text{ Дж/кг·К.}$$

Середня густина дробини під час сушіння:

$$\rho_{ср} = (\rho_n - \rho_k) / \ln \frac{\rho_n}{\rho_k} = (630 - 230) / \ln \frac{630}{230} = 403 \text{ кг/м}^3. \quad (6.36)$$

6.3. Розрахунок кінематичних і силових параметрів приводу



1. Потужність на вихідному валу приводу:

$$N_{вих} = T_{вих} \cdot \omega_{вих}, \quad (6.37)$$

де $T_{вих}$ – крутний момент на вихідному валу;

$$T_{вих} = 96317,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$\omega_{вих} = \frac{\pi \times n_{вих}}{30} = \frac{3,14 \cdot 6}{30} = 0,628 \text{ с}^{-1} \quad (6.38)$$

$n_{вих}$ – частота обертів вихідного валу,

$$n_{вих} = 6 \text{ об/хв}$$

Тоді $N_{вих} = 96317,7 \cdot 0,628 = 60487,5 \text{ Вт}$.

2. Розрахункова потужність двигуна:

$$N_{дв. розр.} = \frac{N_{вих}}{\eta_{прив}}, \quad (6.39)$$

де $\eta_{прив}$ – коефіцієнт корисної дії приводу,

$$\eta_{прив} = \eta_{пас.пер} \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_{муф} \cdot \eta_{підш}^2 \cdot \eta_{зуб.пер} \cdot \eta_{підш}^2. \quad (6.40)$$

Потужність на вхідному валу:

$$N_{вх} = \frac{N_{вих}}{\eta_{прив}} = \frac{60,488}{0,896} = 67,508 \text{ кВт}.$$

де $\eta_{пас.пер}$ – коефіцієнт корисної дії пасової передачі,

$$\eta_{пас.пер} = 0,94;$$

$\eta_{ред}$ – коефіцієнт корисної дії черв'ячного редуктора,

$$\eta_{ред} = 0,8;$$

$\eta_{муфт}$ – коефіцієнт корисної дії муфти,

$$\eta_{муфт} = 0,98;$$

$\eta_{підш}$ – коефіцієнт корисної дії пари підшипників,

$$\eta_{підш} = 0,99;$$

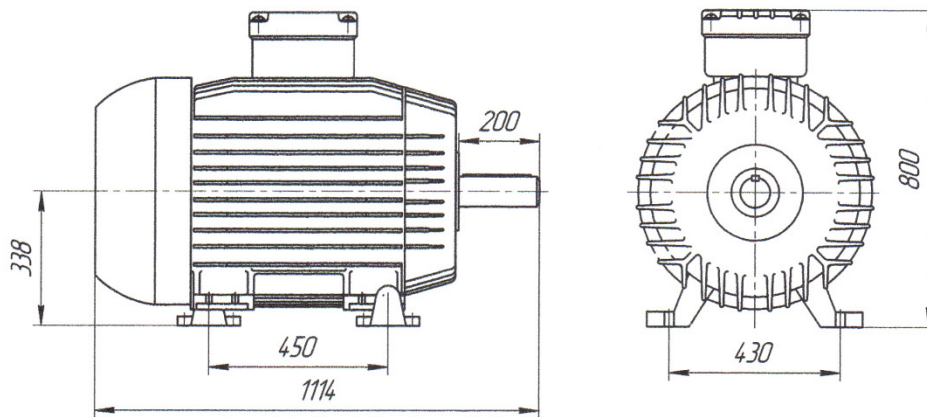
$\eta_{зуб.пер}$ – коефіцієнт корисної дії зубчастої передачі,

$$\eta_{зуб.пер} = 0,94;$$

$$\eta_{прив} = 0,94 \cdot 0,8 \cdot 0,98 \cdot 0,99^2 \cdot 0,94 \cdot 0,99^2 = 0,665.$$

Тоді $N_{ов.розр.} = 60488 / 0,6654 = 89500 \text{ Вт}.$

3. З каталогу обираємо двигун трьохфазний асинхронний з коротко замкнутим ротором – R90DR. ($N = 90.0 \text{ кВт}$, $n = 1425 \text{ об/хв}$), $\cos \varphi = 0.8$



4. Передаточне число приводу:

$$u_{\text{прив}} = \frac{n_{\text{овис}}}{n_{\text{вих}}} = \frac{1425}{6} = 237,5; \quad (6.41)$$

Передаточне число редуктора

$$u_{\text{ред}} = 25,07;$$

Передаточне число пасової передачі:

$$u_{\text{пас.передачі}} = \frac{d_6}{d_m} = \frac{540}{240} = 2,25; \quad (6.42)$$

Передаточне число зубчастої передачі:

$$u_{\text{зуб.передачі}} = \frac{d_{\text{шест}}}{d_{\text{кол}}} = \frac{2400}{570} = 4,21; \quad (6.43)$$

5. Потужності на окремих валах приводу:

$$N_1 = N_{\text{ов.розр.}} = 90000 \text{ Вт}, \quad (6.44)$$

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_{\text{пас}} = 90000 \cdot 0,94 = 84600 \text{ Вт}, \quad (6.45)$$

$$N_3 = N_2 \cdot \eta_{\text{ред}} = 84600 \cdot 0,8 = 67680 \text{ Вт}, \quad (6.46)$$

$$N_4 = N_3 \cdot \eta_{\text{муфт}} \cdot \eta^2_{\text{шост}} = 67680 \cdot 0,98 \cdot 0,99^2 = 65007 \text{ Вт}. \quad (6.47)$$

6. Частота обертання валів приводу:

$$n_1 = n_{\text{ов.}} = 1425 \text{ об/хв},$$

$$n_2 = \frac{n_1}{\eta_{\text{пас}}} = \frac{1425}{2,25} = 633,3 \text{ об/хв}, \quad (6.48)$$

$$n_3 = \frac{n_2}{u_{\text{ред}}} = \frac{633,3}{25,07} = 25,26 \text{ об/хв}, \quad (6.49)$$

$$n_4 = n_3 = 25,26 \text{ об/хв},$$

$$n_5 = \frac{n_4}{u_{\text{зуб.пер.}}} = \frac{25,26}{4,21} = 6 \text{ об/хв}. \quad (6.50)$$

7. Кутові швидкості на окремих валах приводу:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 1425}{30} = 149,15 \text{ рад/с}, \quad (6.51)$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_2}{u_{nac}} = \frac{149,15}{2,25} = 66,29 \text{ рад/с}, \quad (6.52)$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{u_{ред.}} = \frac{66,29}{25,07} = 2,64 \text{ рад/с}, \quad (6.53)$$

$$\omega_4 = \omega_3 = 2,64 \text{ рад/с}, \quad (6.54)$$

$$\omega_5 = \frac{\omega_4}{u_{зуб.пер.}} = \frac{2,64}{4,21} = 0,628 \text{ рад/с}. \quad (6.55)$$

8. Крутні моменти на валах приводу:

$$T_1 = \frac{N_1}{\omega_1} = \frac{90000}{149,15} = 603,4 \text{ Н·м}, \quad (6.56)$$

$$T_2 = T_1 \cdot \eta_{nac} \cdot u_{nac} = 603,4 \cdot 0,94 \cdot 2,25 = 1276,2 \text{ Н·м}, \quad (6.57)$$

$$T_3 = T_2 \cdot u_{ред.} \cdot \eta_{ред.} = 1276,2 \cdot 25,07 \cdot 0,8 = 25595,5 \text{ Н·м}, \quad (6.58)$$

$$T_4 = T_3 \cdot \eta_{підш.} \cdot \eta_{муфт} = 25595,5 \cdot 0,99 \cdot 0,98 = 24832,8 \text{ Н·м}, \quad (6.59)$$

$$T_5 = T_4 \cdot \eta^2_{підш.} \cdot u_{зуб.пер.} \cdot \eta_{зуб.пер.} = 24832,8 \cdot 0,99^2 \cdot 4,21 \cdot 0,94 = 96317,7 \text{ Н·м}. \quad (6.60)$$

9. Таблиця кінематичних і силових параметрів приводу:

Номер валу	N, Вт	n, об/хв	ω , рад/с	T, Н·м	Примітка
1	90000	1425,0	149,15	603,4	
2	84600	633,3	66,29	1276,2	U=2,25
3	67680	25,26	2,64	25595,5	U=25,07
4	65007	25,26	2,64	24832,8	U=4,21
5	60487,5	6	0,628	96317,7	

6.4. Конструктивний розрахунок трубчастої сушарки

Об'єм сушильного барабана:

$$V = \frac{G_s}{A} = \frac{3240}{25} = 129,6 \text{ м}^3 \quad (6.61)$$

де A – напруження сушарки по волозі, (кг/м³)/год, що підбирається з практичних даних в межах від 5 до 25.

Коефіцієнт заповнення барабана матеріалом:

$$\varphi' = \frac{G_1 \cdot \tau}{60 \cdot V \cdot \rho} = \frac{8838 \cdot 51}{60 \cdot 129,6 \cdot 630} = 0,45 \quad (6.62)$$

де τ – термін сушіння матеріалу, що визначається експериментально, або приймається по даним роботи аналогічних сушарок, хв.;

ρ – насипна густина матеріалу, кг/м.

Діаметр барабана:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{V_n}{v} \cdot \frac{1}{1-\varphi'}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{24458}{2} \cdot \frac{1}{1-0,45}} = 4,2 \text{ м}, \quad (6.63)$$

де v – швидкість повітря на виході з барабана, приймається в межах 1,5-3 м/с;

V_n – об'єм повітря, що виходить з сушарки при температурі T .

Довжина барабана:

$$L = \frac{V}{0,785 \cdot D^2} = \frac{129,6}{0,785 \cdot 4,2^2} = 9,81 \text{ м}, \quad (6.64)$$

Швидкість поступального руху дробини вздовж барабану визначається з формули продуктивності:

$$\Pi = 900 \cdot \pi \cdot D_0^2 \cdot v_n \cdot \varphi' \cdot \rho_s, \quad (6.65)$$

де, D_0 - діаметр барабана, м; φ' - коефіцієнт заповнення або використання

барабану (приймаємо 0,5); ρ_s - насипна щільність сировини, кг/м³;

v_n - швидкість поступального руху дробини вздовж барабану, м/с.

$$v_n = \frac{K^1 \cdot D_0 \cdot \text{tg} \beta \cdot n_p}{60} = \frac{0,01 \cdot 4,2 \cdot 1 \cdot 6,19}{60} = 0,022 \text{ м/с} \quad (6.66)$$

де, K^1 - коефіцієнт, що враховує підйом дробини на висоту, меншу діаметра барабану (приймається в межах 0,01); β - кут нахилу барабану сушки;

n_p - робоча частота обертання барабану, об/хв.

$$n_p = k_{\sigma} \cdot n_{кр} = 0,3 \cdot 20,63 = 6,19 \text{ об/хв.} \quad (6.67)$$

де, k_{σ} - дослідний коефіцієнт, рівний 0,3;

$n_{кр}$ - критична частота обертання, об/хв

$$n_{кр} = 42,3 / \sqrt{D_{\sigma}} = 42,3 / \sqrt{4,2} = 20,63 \text{ об/хв.} \quad (6.68)$$

Перевірка діаметра барабана

Діаметр барабана перевіряють виходячи із допустимої швидкості руху газів по перерізу барабана.

Визначаємо площу поперечного перерізу барабана:

$$F_{\sigma} = \frac{\pi \cdot D_{\sigma}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 4^2}{4} = 12,56 \text{ м}^2, \quad (6.69)$$

Фактичну швидкість пару визначаємо за формулою:

$$V_{\Gamma} = \frac{z}{3600 \cdot F_{\sigma} \cdot \gamma} = \frac{38810}{3600 \cdot 12,56 \cdot 0,87} = 0,98 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad (6.70)$$

де $\gamma=0,87 \text{ кг/м}^3$ – питома вага пару при $t=15 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Допустимі швидкості газів у сушарках подібного типу у межах 2-4 м/с, тобто отримана нами швидкість знаходиться в межах допустимої.

Перевірка довжини барабана

Робоча довжина сушильного барабана визначається за формулою:

$$\begin{aligned} L'_{\sigma} &= 3000 \cdot \left(\frac{1}{100 - W_1} + \frac{1}{100 - W_2} \right) \cdot \frac{G_{\text{суш}} \cdot (1 - \beta) \cdot V_{\Gamma} \cdot t_{\text{суш}}}{\gamma_{\text{ср.н}} \cdot \beta \cdot z \cdot V_0} = \\ &= 3000 \cdot \left(\frac{1}{100 - 67} + \frac{1}{100 - 10} \right) \cdot \frac{72120 \cdot (1 - 0,45) \cdot 4,097 \cdot 105}{403 \cdot 0,15 \cdot 388100 \cdot 1,149} = 9,8 \text{ м} \end{aligned} \quad (6.71)$$

де $V_0 = \frac{1}{\gamma} = \frac{1}{0,87} = 1,149 \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$ - питомий об'єм газів, що виходять із барабана;

$\gamma_{\text{ср.н}}=403 \text{ кг/м}^3$ – середня насипна вага матеріалу;

$\beta=0.45$ – коефіцієнт заповнення барабана матеріалом.

Розрахунок випуклих днищ

При розрахунку апаратів для харчової промисловості товщину випуклих днищ, працюючих при внутрішньому тиску розраховуємо за формулою.

$$\delta = \frac{P \cdot D_3 \cdot K}{200 \cdot [\sigma_y] \cdot \varphi} + C = \frac{0,115 \cdot 10^6 \cdot 4200 \cdot 0,75}{200 \cdot 1,371 \cdot 10^8 \cdot 1} + 2 = 20,1 \text{ мм}, \quad (6.72)$$

де D_3 - зовнішній діаметр корпусу апарата, $K = 0,75$ - фактор форми днища, $\varphi = 1$ коефіцієнт міцності зварного шва,

$$[\sigma_z] = \frac{\sigma_b}{3,5} = \frac{480 \cdot 10^6}{3,5} = 137,1 \cdot 10^6 \text{ Па} - \text{допустиме напруження на розтяг},$$

$C = 2$ мм - добавка до розрахункової товщини.

Споживча потужність на обертання трубної решітки

Потужність, що необхідна для приведення в рух барабана, визначається за формулою:

$$N = 0.0013 \cdot D_0^3 \cdot L_0 \cdot \gamma_{сп.л} \cdot n_0 \cdot \sigma = 0.0013 \cdot 4,2^3 \cdot 9,8 \cdot 403 \cdot 6 \cdot 0.026 = 59,3 \text{ кВт}, \quad (6.73)$$

де $\sigma = 0.026$ – коефіцієнт потужності.

Потужність двигуна з урахуванням ККД приводу буде дорівнювати:

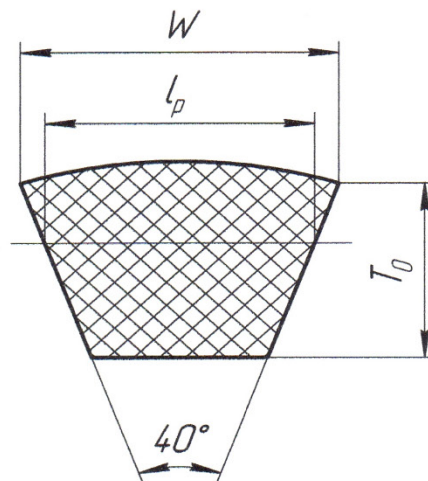
$$N_{дв} = \frac{N}{\eta_{прив}} = \frac{59,3}{0.8} = 74 \text{ кВт}, \quad (6.74)$$

Враховуючи пускове навантаження, приймаємо двигун потужністю 90 кВт.

Розрахунок клинопасової передачі

Номинальна потужність $N_1=90,0$ кВт; частота обертання $n_1 = 1425$ об/хв; передаточне число $u = 2,25$.

1. За потужністю, що передається та кількістю обертів ведучого шківa приймаємо за ГОСТ 1284.1-80 переріз пасу типу «А» з розмірами



$T_0=19,0$, $L_p=22,0$ мм, $W=28,0$ мм.

Площа перерізу пасу $A = 125$ мм².

Для обраного пасу мінімальний діаметр ведучого шківa $d_1 = 90$ мм, для збільшення ресурсу приймаємо $d_1 = 250$ мм.

Діаметр веденого шківa:

$$d_2 = d_1 \cdot U \cdot (1 - \varepsilon) = 250 \cdot 2,25 \cdot (1 - 0,02) = 551,25 \text{ мм.} \quad (6.75)$$

Стандартний діаметр за ГОСТ 17383-73

$$d_2 = 550 \text{ мм}$$

Уточнюємо передаточне число:

$$U = \frac{d_2}{d_1 \cdot (1 - \varepsilon)} = \frac{550}{250 \cdot (1 - 0,02)} = 2,25. \quad (6.76)$$

$$\text{Швидкість пасу : } U = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60000} = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 1425}{60000} = 18,64 \text{ м/с.} \quad (6.77)$$

Міжосьова відстань :

$$a = 1,2 \cdot d_2 = 1,2 \cdot 550 = 660 \text{ мм.} \quad (6.78)$$

З рахуванням конструктивних особливостей двигуна та редуктора

приймаємо $a=860\text{мм}$.

Розрахункова довжина пасу :

$$L = 2a + \frac{\pi}{2}(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} = 2 \cdot 860 + \frac{3,14}{2}(250 + 550) + \frac{(550 - 250)^2}{4 \cdot 860} = 3002\text{мм}.$$

(4.79)

За ГОСТ1284.1-80 приймаємо стандартну довжину пасу $L=3000\text{ мм}$.

По стандартній довжині пасу уточнюємо міжосьову відстань :

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

$$= \frac{2 \cdot 3000 - 3,14(250 + 550) + \sqrt{[2 \cdot 3000 - 3,14(250 + 550)]^2 - 8(550 - 250)^2}}{8} =$$

$$= 860\text{мм}$$

(6.80)

Натяжний пристрій повинен забезпечити зміну міжосьової відстані в наступних межах :

$$a_{\min} = a - 0,03 \cdot a = 860 - 0,03 \cdot 860 = 834,2\text{мм}, \quad (6.81)$$

$$a_{\max} = a + 0,06 \cdot a = 860 + 0,06 \cdot 860 = 911,6\text{мм}. \quad (6.82)$$

Кут обхвату меншого шківів :

$$\alpha_1 = 180^\circ - 60^\circ \frac{(d_2 - d_1)}{a} = 180^\circ - 60^\circ \frac{(550 - 250)}{860} = 159^\circ. \quad (6.83)$$

Необхідне число пасів визначається за формулою:

$$z = \frac{N \cdot C_p}{N_0 C_L C_\alpha C_z}, \quad (6.84)$$

де C_p — коефіцієнт режиму роботи, $C_p=1,2$;

N_0 — потужність, що передається одним пасом, $N_0=17\text{ кВт}$;

C_L — коефіцієнт, що враховує вплив довжини пасу, $C_L=0,9$;

C_α — коефіцієнт кута обхвату, $C_\alpha = 0,94$;

C_z — коефіцієнт, що враховує кількість пасів, $C_z = 0,95$;

$$\text{Тоді } z = \frac{90 \cdot 1,2}{17 \cdot 0,9 \cdot 0,94 \cdot 0,95} = 7,9.$$

Приймаємо $z = 8$.

Сила попереднього натягу:

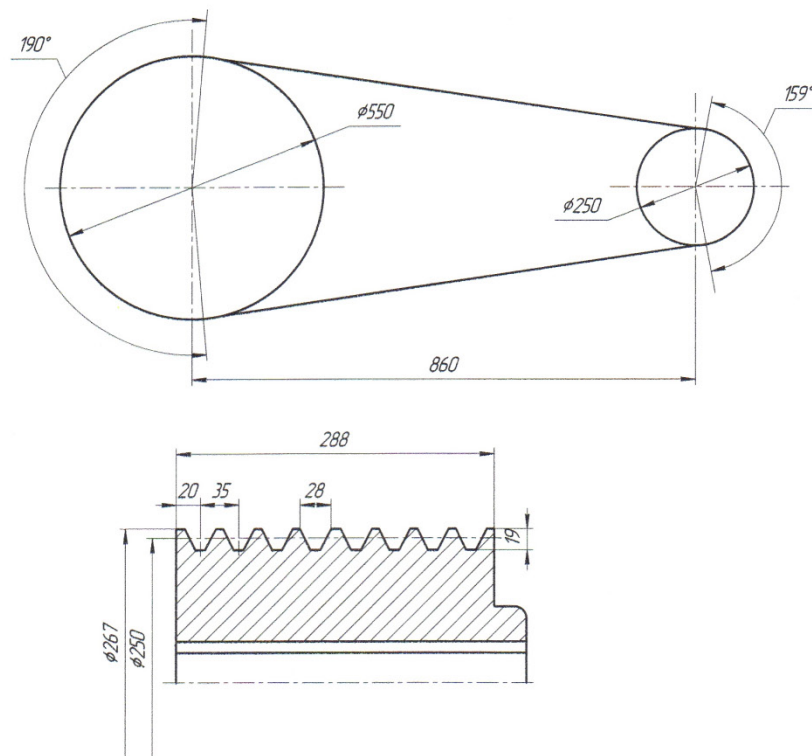
$$F_0 = \frac{850 N \cdot C_p \cdot C_L}{z \cdot v \cdot C_\alpha} + \theta \cdot v^2, \quad (6.85)$$

де θ — коефіцієнт, що враховує відцентрову силу, $\theta = 0,1 \frac{(H \cdot c^2)}{M^2}$.

$$F_0 = \frac{850 \cdot 90 \cdot 1,2 \cdot 0,9}{8 \cdot 18,64 \cdot 0,94} + 0,1 \cdot 18,64^2 = 624,16 \text{ Н.}$$

Зусилля, що діє на вали передачі:

$$Q = 2 \cdot F_0 \cdot z \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2} = 2 \cdot 624,16 \cdot 8 \cdot \sin \frac{159}{2} = 9819 \text{ Н.} \quad (6.86)$$



Розрахунок відкритої циліндричної прямозубої передачі приводу

Номінальна потужність, що передається шестернею $N=65,007\text{кВт}$; частота обертання $n_1 = 25,26\text{ хв}^{-1}$; передаточне число $u = 4,21$; час роботи передачі $t = 12000\text{ год}$.

Обираємо матеріал і граничні напруження для шестерні та колеса.

Обираємо для колеса і шестерні – Ст. 5 (поковка); термообробка – нормалізація. Для шестерні при радіусі заготовки 570мм

$$\sigma_B = 570\text{ МПа}, \sigma_T = 270\text{ МПа}, HB_1 = 170; \quad (6.87)$$

для колеса при радіусі заготовки 2400мм

$$\sigma_B = 570\text{ МПа}, \sigma_T = 260\text{ МПа}, HB_2 = 170; \quad (6.88)$$

Визначаємо допустиме напруження згину для шестерні:

$$\sigma_F = \frac{\sigma_{F \lim 1}}{S_F} \cdot Y_S \cdot Y_R; \quad (6.89)$$

Спочатку знаходимо границю витривалості зубців при згині,

$$\sigma_{F \lim 1} = \sigma_{F \lim b 1}^0 \cdot K_{FC} \cdot K_{FL1}; \quad (6.90)$$

де $\sigma_{F \lim b 1}^0 = 1,8 \cdot HB_1 = 1,8 \cdot 170 = 306 \text{ МПа};$

K_{FC} – коефіцієнт, що враховує вплив двохстороннього прикладення навантаження. При односторонньому прикладенні навантаження $K_{FC} = 1$.

Коефіцієнт довговічності

$$K_{FL1} = m_F \sqrt{\frac{N_{FO}}{N_{FE1}}}. \quad (6.91)$$

При $HB < 350$ $m_F = 6$; базове число циклів зміни напружень $N_{FO} = 4 \cdot 10^6$; еквівалентне число циклів зміни напружень:

$$N_{FE1} = N_{\Sigma 1} = 60 \cdot n_1 \cdot t_q = 60 \cdot 25,26 \cdot 12000 = 18,19 \cdot 10^6 \quad (6.92)$$

відповідно

$$K_{FL1} = \sqrt[6]{\frac{4 \cdot 10^6}{18,19 \cdot 10^6}} < 1. \quad (6.93)$$

Оскільки $K_{FL1} < 1$, приймаємо $K_{FL1} = 1,0$. Відповідно:

$$\sigma_{F \lim 1} = 306 \cdot 1 \cdot 1 = 306 \text{ МПа}; \quad (6.94)$$

Визначаємо коефіцієнт безпеки:

$$S_F = S'_F \cdot S''_F = 1,75 \cdot 1,5 = 2,625; \quad (6.95)$$

Коефіцієнт $Y_S = 1,0$; $Y_R = 1,0$;

Отже, допустиме напруження згину для зуба шестерні:

$$[\sigma_{F1}] = \frac{306}{2,625} \cdot 1 \cdot 1 = 116 \text{ МПа} \quad (6.96)$$

Визначаємо допустиме напруження згину для колеса:

$$\sigma_F = \frac{\sigma_{F \lim 2}}{S_F} \cdot Y_S \cdot Y_R; \quad (6.97)$$

Спочатку знаходимо границю витривалості зубців при згині,

$$\sigma_{F \lim 2} = \sigma_{F \lim b 2}^0 \cdot K_{FC} \cdot K_{FL2}; \quad (6.98)$$

де,

$$\sigma_{F \lim b 2}^0 = 1,8 \cdot HB_2 = 1,8 \cdot 170 = 306 \text{ МПа};$$

$K_{FC} = 1$.

Коефіцієнт довговічності:

$$K_{FL1} = m_F \sqrt{\frac{N_{FO}}{N_{FE2}}}. \quad (6.99)$$

При $HB < 350$ $m_F = 6$; базове число циклів зміни напружень $N_{FO} = 4 \cdot 10^6$; еквівалентне число циклів зміни напружень:

$$N_{FE2} = N_{\Sigma 2} = 60 \cdot n_2 \cdot t_u = 60 \cdot 6 \cdot 12000 = 4,32 \cdot 10^6,$$

відповідно

$$K_{FL2} = \sqrt[6]{\frac{4 \cdot 10^6}{4,32 \cdot 10^6}} < 1.$$

Оскільки $K_{FL2} < 1$, приймаємо $K_{FL2} = 1,0$. Відповідно:

$$\sigma_{F \lim 2} = 306 \cdot 1 \cdot 1 = 306 \text{ МПа};$$

Коефіцієнт $Y_S = 1,0$; $Y_R = 1,0$;

Отже, допустиме напруження згину для зуба шестерні:

$$[\sigma_{F2}] = \frac{306}{2,625} \cdot 1 \cdot 1 = 116 \text{ МПа}.$$

Отже, допустиме напруження згину при розрахунку під дією максимальних напружень для зубця колеса $[\sigma_{FM2}] = [\sigma_{FM1}] = 311 \text{ МПа}$, так як колесо і шестерня виготовлені з одного матеріала і мають однакову твердість.

Допустиме контактне напруження при розрахунку по максимальному навантаженні для зубця шестерні:

$$[\sigma_{HM1}] = 2,8 \cdot \sigma_T = 2,8 \cdot 270 = 756 \text{ МПа},$$

для зуба колеса: $[\sigma_{HM2}] = 2,8 \cdot \sigma_T = 2,8 \cdot 260 = 728 \text{ МПа}.$

Розрахунок зубців на витривалість при згині

Визначаємо модуль зачеплення:

$$m = \sqrt[3]{\frac{2T_1 \cdot K_{Fa} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} \cdot Y_{F1}}{z_1 \cdot \psi_d \cdot [\sigma_{F1}]} \cdot Y_{F1}} \quad (6.100)$$

Спочатку визначаємо величини, які необхідні для розрахунку:

Коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубцями $K_{Fa} = 1,0$

Коефіцієнт ширини $\psi_{d \max} = 0,7$,

Відповідно $\psi_d = (0,7 \dots 0,9) \cdot \psi_{d \max} = 0,7 \cdot 0,7 = 0,49$,

Приймаємо $\psi_d = 0,5$.

Коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження по ширині зубця $K_{F\beta} = 1,35$

Орієнтовна колова швидкість шестерні:

$$v_1 = 0,0125 \cdot \sqrt[3]{N_1 \cdot n_1^2} = 0,0125 \cdot \sqrt[3]{65,007 \cdot 25,26^2} = 32,07 \text{ м/с} \quad (6.101)$$

Орієнтовна колова швидкість колеса:

$$v_2 = 0,0125 \cdot \sqrt[3]{N_2 \cdot n_2^2} = 0,0125 \cdot \sqrt[3]{60,488 \cdot 6^2} = 1,77 \text{ м/с}. \quad (6.102)$$

При даній швидкості потрібний ступень точності передачі – 9-ий.

Коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження $K_{Fv} = 1$.

Число зубців шестерні $z_1 = 36$.

Число зубців колеса $z_2 = z_1 \cdot u = 36 \cdot 4,21 = 151,6$.

Приймаємо $z_2 = 152$.

Визначаємо коефіцієнти форм зубців для шестерні і колеса відповідно:

$$Y_{F1} = 4,28; Y_{F2} = 3,68;$$

Визначаємо відношення $\frac{Y_F}{[\sigma_F]}$:

- для шестерні: $\frac{Y_{F1}}{[\sigma_{F1}]} = \frac{4,28}{116} = 0,0369$,

- для колеса: $\frac{Y_{F2}}{[\sigma_{F2}]} = \frac{3,68}{116} = 0,0317$.

Розрахунок ведемо за найслабшим колесом зубчастої пари, для якого $\frac{Y_F}{[\sigma_F]}$

більше.

Тому при підрахунку модуля підставляємо: $\frac{Y_{F1}}{[\sigma_{F1}]} = \frac{4,25}{116}$.

Отже модуль зачеплення:

$$m = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 24832,8 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 1,35 \cdot 1,0}{36^2 \cdot 0,5 \cdot 116}} \cdot 4,25 = 15,31 \text{ мм}.$$

Отриманий модуль округляємо по стандарту, $m = 16,0$ мм.

Діаметр початкового кола шестерні:

$$d_{\omega 1} = m \cdot z_1 = 16 \cdot 36 = 576 \text{ мм}. \quad (6.103)$$

Перевірочний розрахунок зубців на міцність при згині максимальним навантаженням

Розрахункове напруження згину від максимального навантаження:

$$\sigma_{FM} = \sigma_F \cdot \frac{T_M}{T_1} \leq [\sigma_{FM}]. \quad (6.104)$$

Обраховуємо напругу згину в зубцях шестерні, для чого спочатку обрахуємо:

$$b_{\sigma} = \psi_d \cdot d_{\omega 1} = 0,5 \cdot 576 = 288 \text{ мм} \approx 290 \text{ мм}, \quad (6.105)$$

питома колова сила:

$$W_{F1} = \frac{2 \cdot T_1}{d_{\omega 1} \cdot b_{\sigma}} \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{FV} = \frac{2 \cdot 24832,8 \cdot 10^3}{576 \cdot 290} \cdot 1,0 \cdot 1,35 \cdot 1,0 = 401 \text{ МПа}, \quad (6.106)$$

тоді:

$$\sigma_{F1} = Y_{F1} \cdot Y_{\beta} \cdot \frac{W_{F1}}{m} = 4,28 \cdot 1,0 \cdot \frac{401}{16} = 107 \text{ МПа} < 116 \text{ МПа}. \quad (6.107)$$

Напруження від максимального навантаження в зубцях шестерні:

$$\sigma_{F2} = \sigma_{F1} \cdot \frac{Y_{F2}}{Y_{F1}} = 107 \cdot \frac{3,68}{4,28} = 92 \text{ МПа} < [\sigma_{F2}] = 116 \text{ МПа}. \quad (6.108)$$

Напруження згину від максимального навантаження в зубцях шестерні

$$\sigma_{FM1} = 576 \cdot 0,5 = 288 \text{ МПа} < [\sigma_{FM1}] = 311 \text{ МПа},$$

в зубцях колеса:

$$\sigma_{FM2} = 344 \cdot 0,5 = 172 \text{ МПа} < [\sigma_{FM2}] = 311 \text{ МПа}.$$

**Перевірочний розрахунок зубців на контактну міцність під дією
максимального навантаження.**

Розрахункове напруження, що створюється максимальним навантаженням:

$$\sigma_{HM} = \sigma_H \cdot \sqrt{\frac{T_M}{T_1}} \leq [\sigma_{HM}]. \quad (6.109)$$

Обраховуємо контактне напруження від номінального навантаження:

$$\sigma_H = Z_H \cdot Z_M \cdot Z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot T_{H1} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{Hv}}{b \cdot d_{\omega 1}^2} \cdot \frac{u+1}{u}}. \quad (6.110)$$

Визначаємо величини, які необхідні для розрахунку:

Коефіцієнт, що враховує форму поверхонь $Z_H = 1,76$.

Коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріала $Z_M = 275 \text{ МПа}^{0,5}$.

Коефіцієнт торцевого перекриття:

$$\varepsilon_\alpha = [1,88 - 3,2 \cdot (\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2})] \cdot \cos \beta = 1,88 - 3,2 \cdot (\frac{1}{36} + \frac{1}{152}) = 1,77.$$

Коефіцієнт, що враховує сумарну довжину контактних ліній:

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - \varepsilon_\alpha}{3}} = \sqrt{\frac{4 - 1,77}{3}} = 0,86. \quad (6.111)$$

Коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубцями для прямозубих коліс $K_{H\alpha} = 1,0$. Коефіцієнт, що враховує перерозподіл навантаження по ширині зубця при $\psi_d = 0,5$, $K_{H\beta} = 1,17$. Коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження $K_{Hv} = 1,062$.

Отже, контактне напруження:

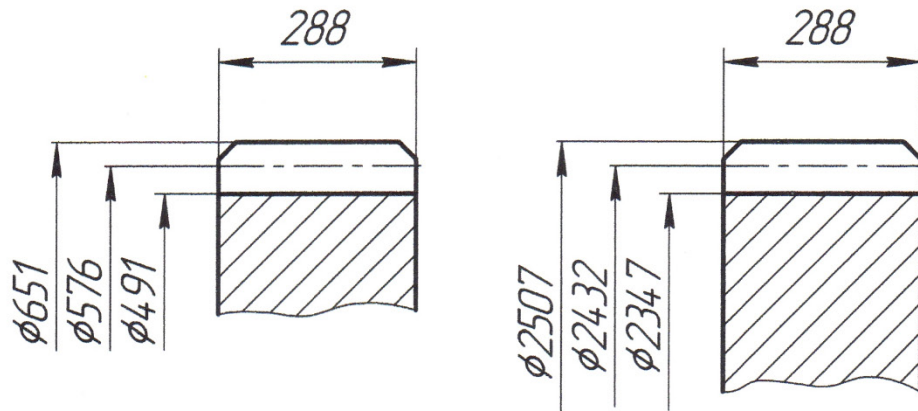
$$\sigma_H = 1,76 \cdot 275 \cdot 0,86 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 24832,8 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 1,17 \cdot 1,062}{288 \cdot 576^2} \cdot \frac{4,21+1}{4,21}} = 235,2 \text{ МПа}.$$

Напруження від максимального навантаження

$$\sigma_{HM} = 235,2 \cdot \sqrt{2} = 332,6 \text{ МПа} < [\sigma_{HM2}] = 728 \text{ МПа}$$

Приймаємо остаточні параметри передачі:

$$m = 16 \text{ мм}, z_1 = 36, z_2 = 152, d_{w1} = 576 \text{ мм}, d_{w2} = 2432 \text{ мм}, b = 288 \text{ мм}.$$



6.5. Розрахунок теплової ізоляції

В тепловому розрахунку була прийнята втрата тепла в навколишнє середовище $q_n = 3.33$ кДж/кг випареної вологи.

Визначимо втрату тепла барабаном за одну годину:

$$Q_n = q_n \cdot W_B = 3.33 \cdot 5598 = 18635 \frac{\text{кДж}}{\text{год}} \quad (6.112)$$

Різниця температур зовнішньої поверхні ізоляції та навколишнього середовища для трубчастих барабанних сушарок приймаємо $\Delta t = t_{н.с} - t_б = 10^\circ \text{C}$.

Коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стінки визначаємо за формулою:

$$\alpha_{\text{зов}} = 8.6 + 0.058 \cdot \Delta t = 8.6 + 0.058 \cdot 10 = 9,006 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot ^\circ \text{C}} = 37,735 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot ^\circ \text{C}}$$

Коефіцієнт теплосприйняття внутрішньої стінки визначаємо за формулою:

$$\alpha_в = (A \cdot V_r^n + B \cdot e^{-0.6 \cdot V_r}) \cdot 4.19 = 6.14 \cdot 4,097^{0.78} + 3,86 \cdot 2,72^{-0.6 \cdot 4,097} \cdot 4.19 = 78,937 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot ^\circ \text{C}},$$

де $A=6.14$; $B=4.6$; $n=0.78$ – коефіцієнти, що залежать від характеру обробки поверхні.

В якості ізолюючого матеріалу приймаємо суміш азбесту і кизельгуру, для якої теплопровідність:

$$\lambda_{із} = 0.825 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Коефіцієнт теплопровідності стінки барабана:

$$\lambda_{ст} = 209.5 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Приймаємо товщину шару ізоляції $S_{ізол} = 0.04$ м, та перевіримо чи зможе цей шар задовольнити поставленим потребам, тобто $\Delta t = 7^\circ\text{C}$

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі за відомим рівнянням:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}} + \frac{1}{\alpha_{зов}}} = \frac{1}{\frac{1}{78.937} + \frac{0.014}{209.5} + \frac{0.05}{0.825} + \frac{1}{37.735}} = 11,4 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Площа поверхні барабана визначаємо з урахуванням ізоляційного шару:

$$F_{ізол} = \pi \cdot (D_{ізол} + 2 \cdot S_{ізол}) \cdot L_б = 3.14 \cdot (4,2 + 2 \cdot 0.04) \cdot 12 = 161 \text{ м}^2 \quad (6.113)$$

Визначимо середню різницю температур сушильного агента та навколишнього середовища при прямої:

$$\Delta t_{cp} = \frac{(t_1 - 20) - (t_2 - 20)}{2.3 \cdot \lg \frac{t_1}{t_2}} = \frac{(105 - 20) - (95 - 20)}{2.3 \cdot \lg \frac{(105 - 20)}{(95 - 20)}} = 35^\circ\text{C} \quad (6.114)$$

Визначимо кількість теплоти, що буде передано ізолюючою поверхнею барабана в навколишнє середовище:

$$Q_n = K \cdot F_{ізол} \cdot \Delta t_{cp} = 11,4 \cdot 9.01 \cdot 35 = 3,6 \frac{\text{кДж}}{\text{год}} \quad (6.115)$$

З рівняння теплового балансу визначаємо зовнішню температуру ізоляційного шару:

$$t_{н.с.} = t_{нов} + \frac{Q_n}{\alpha_{зов} \cdot F_{ізол}} = 20 + \frac{3600}{37,735 \cdot 9.01} = 30,6^\circ\text{C} \quad (6.116)$$

В результаті розрахунку отримаємо:

$$\Delta t = t_{n.c} - t_{\theta} = 30,6 - 20 = 10,6^{\circ} C \approx 10^{\circ} C \quad (6.117)$$

Тобто розрахунок ізоляції зроблено вірно. Барабан ізолюємо азбестом і кильзегуром товщиною $S_{\text{ізол}}=0.04$ м.

7. Підбір конструкційних матеріалів

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.

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.

Внутрішню поверхню замочного апарата виготовлено з високоякісної харчової сталі.

Трубопроводи, що здійснюють подачу повітря і продукту в робочий об'єм апарата виготовлені із нержавіючої сталі марки 1X18H9T, дозволяється виготовляти труби із скла та полімерних матеріалів.

Вали та осі приводу виготовлені із матеріалу Сталь Ст20 (ДОСТ 1050-74) - допустимі напруження: розтягу [σ_p] = 1400 (кгс/см²); згину [σ_{zg}] = 1700 (кгс/см²); зминання [σ_{zm}] = 2100 (кгс/см²); кручення [τ_{kr}] = 1050 (кгс/см²).

Сталь марки Ст3 використовується для розрахункових металевих конструкцій, що підлягають зварюванню у вигляді сортового, фасадного та листового прокату: балки, форми, обичайки, днища, корпуси судів та апаратів, що працюють під тиском; не відповідальні осі, шестерні, втулки, вкладиші, важелі, гайки, шайби та інші мало відповідні деталі, що не підлягають терміновій обробці, а також цементуємі та ціануємі деталі, від яких вимагається висока твердість поверхні та невисока міцність серцевини; валики, поршневі палиці, штовха

8. МОНТАЖ, РЕМОНТ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТРУБЧАТОЇ СУШАРКИ

8.1. Монтаж

Сушарка поступає на монтаж у вигляді окремих поставочних блоків і вузлів: сушильна камера, привід, трубопровідні вузли, електропускова апаратура і прилади контролю тиску, вологості і температури.

8.1.1. Вказівки по відвантаженню і транспортуванню

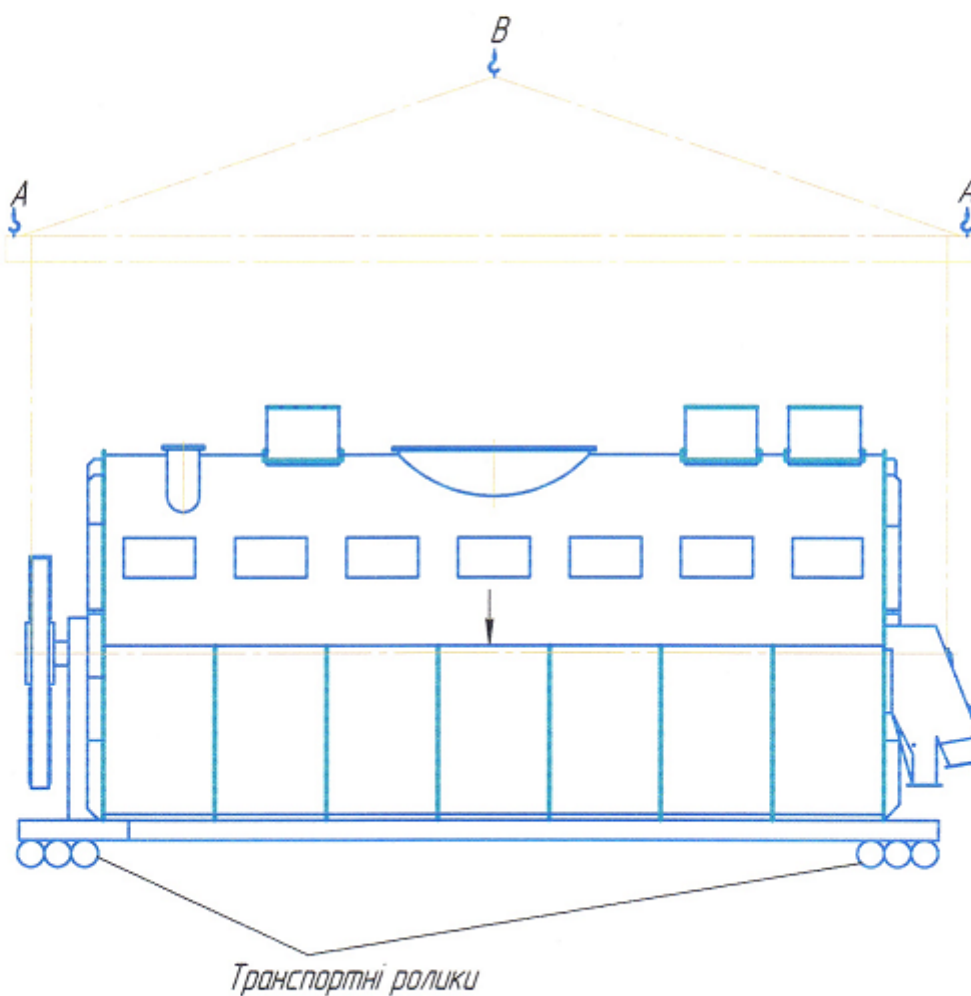


Рис 8.1. Транспортування з місцями для кріплення

Для підняття одним краном (В) необхідно використовувати траверсу. Це повинне допомогти уникнути пошкоджень сушарки.

Не встановлювати транспортуючі ролики і опори в місця, відмінні від тих, які вказані під основною рамою, оскільки інакше можна пошкодити корпус і раму. Це може привести до торкання лопатей лотка.

8.1.2. Місце установки сушарки

При виборі місця установки сушарки необхідно врахувати наявність достатнього простору для проведення ремонтних робіт і робіт по технічному обслуговуванню. Відповідальність за правильність розташування несе сам експлуатаційник установки (мінімальні відстані див. внизу на рисунку).

Місце установки повинне бути вибрано таким, щоб забезпечувалася незамерзаюча експлуатація сушарки і її вхідних і вихідних компонентів.

Температура навколишнього середовища повинна знаходитися в межах -20°C - $+50^{\circ}\text{C}$. Сушарка повинна бути встановлена тільки під критим місцем установки.



Рис.8.2. Схема установки сушарки

8.1.3. Установка сушарки

Перед початком робіт по установці необхідно звільнити сушарку від можливих захисних пристосувань при транспортуванні. Захисні пристосування при транспортуванні при поставці із заводу маркіруються жовтим кольором. Стандартно сушарка поставляється з брезентом. Для закріплення на основній рамі встановлені дерев'яні бруски. Обидва бруски необхідно видалити перед здійсненням установки.

Пакувальний матеріал необхідно видалити залежно від матеріалу і утилізувати на місці установки відповідно до діючих розпоряджень необхідно забезпечити, щоб сушарка знаходилася в належному місці установки. Порівняти фундамент з планом установки і перевірити її правильність. Якщо фундамент виконаний не відповідно до креслення, то необхідно допрацювати фундамент. Якщо фундамент відповідає планам, то можна починати установку таким чином:

1. Встановити сушарку на міцний фундамент і вирівняти її відповідно до підготовлених отворів для заливки анкерних болтів.
2. Вставити анкерні болти і встановити сушарку з анкерними болтами на фундамент.
3. Перевірити горизонтальне розташування сушарки і, при необхідності, вирівняти за допомогою підкладок (наприклад, лист). При цьому необхідно починати із стійок підшипників.
4. Вирівняти по горизонталі підставу приводу. (Тільки якщо привід і відповідна підстава поставляються окремо). Цапфа редуктора і двигуна повинні знаходитися на одній осі з проміжним валом. Залити анкерні болти бетоном. Основа сушарки повинна повністю прилягати до бетону, оскільки інакше не забезпечується стійкість.
5. Після висихання бетону затягнути болти основи приводу і сушарки.
6. Ще раз перевірити підшипники цапфи редуктора і двигуна щодо проміжного валу.

7. Приварити основу приводу і сушарки в місцях стику.

Після того, як сушарка була вирівняна в горизонтальному положенні, необхідно перевірити, щоб бічні сторони зубів блоку зубчатих коліс 1,2 однаково прилягали по всій ширині зубчатого вінця. На заводі зубчата передача була повністю змонтована і, цей вузол поставляється в стані готовності до експлуатації без заповнення мастилом. Якщо були дотримані всі вказівки по техніці безпеки і вказівки по транспортуванню і установці, то зубчаті колеса повинні рівномірно прилягати по всій ширині. Якщо після закінчення установки ця умова не виконується, то тоді перед введенням в експлуатацію необхідно у будь-якому випадку здійснити додаткове вирівнювання проміжного валу 3.

Експлуатація зубчатої передачі дозволяється тільки в тому випадку, якщо бічні поверхні зубів однаково прилягають по всій ширині! Недотримання веде до серйозного матеріального збитку.

Зазор між бічними поверхнями зубів в холодному поляганні повинен складати від 2,0 до 2,5 мм.

8.1.4. Підключення пари і конденсату

Монтаж підключення пари здійснюється відповідно до креслення, що йде в комплекті.

Необхідно враховувати попереднє затягування паропровідних рукавів.

Що підводять, що поставляються, паропроводи або конденсатопроводи необхідно підключати до фланців, що йдуть в комплекті. Паропроводи і конденсатопроводи повинні бути на місці монтажу забезпечені ізоляцією.

Якщо в комплект поставки входить запобіжний клапан в паропроводі, то до виходу надмірного тиску повинен бути підключений трубопровід.

8.1.5. Перевірка підшипників

Обидва типи підшипників однакові. На стороні плаваючого підшипника розширення апарату передається системою ковзання.

1. Перевірка правильності розташування місць установки підшипників і перевірка гвинтів (при необхідності, підтягти).
2. Перевірка заповнення підшипників мастилом.

8.1.5. Електропідключення

Після успішного монтажу машини фахівці-електрики повинні підключити електронні деталі (наприклад, привід, регульовальний клапан, вентилятори) відповідно до діючих правил VDE і ПТБ або місцевих розпоряджень.

При підключенні двигуна головного приводу необхідно особливо звернути увагу на те, щоб напрям обертання цапфи пучка труб відповідав з напрямом стрілки на запобіжному пристрої шестерні. Якщо двигун підключений неправильно, тобто напрям обертання цапфи пучка не відповідає наклеєній стрілці, то пучок труб обертається у зворотному напрямі і сушарка не працює.

8.2. Ремонт

Основним дефектом поверхонь теплообміну трубчастих сушарок є порушення герметичності в місцях розвальцьовування труб в трубних ґратах, що можна визначити по витоку повітря при подачі його під тиском 0,3 МПа в міжтрубний простір апарату. Місця витоку повітря знаходять по появі пухирців повітря при обмазуванні стиків мильною піною. Причина виникнення даного дефекту полягає в природному зносі металу або браку, допущеному при розвальцьовуванні, - однобоке вальцювання, перевальцовка, підріз труби, тріщини в місцях розвальцьовування. Якщо труба має незначну течу, її підвальцовують. При зносі більше 50% первинної товщини труби замінюють. Якщо пошкоджені одна - дві труби, їх видаляють, а отвори в трубних ґратах тимчасово заглушають.

При капітальному ремонті випарника з нього знімають облицьовування, теплоізоляцію, проводять гідравлічне або пневматичне випробування міжтрубного простору. Тріщини, знайдені в зварних швах апаратів, заварюють.

При зменшенні товщини стінки більш ніж на 25% її замінюють.

Дефектні трубки замінюють новими, їх вставляють в трубні грати з припуском 2—3 мм над її площиною і розвальцьовували за допомогою вальцювання. При обертанні її конічних роликів діаметр кінця трубки в гратах збільшується, за рахунок чого утворюється герметичне з'єднання. Спочатку вальцюють один кінець труби, а потім інший, оскільки інакше може відбутися деформація трубки між гратами.

Після ремонту апарат випробовують на герметичність, розміщують теплоізоляцію, облицьовування, кріплять її кріпильними гвинтами, приєднують трубопроводи, вмонтовують прилади і засоби автоматизації і готують апарат до пуску.

Поверхні теплообміну у вакуум-апаратах є випарники (калоризатори) і поверхневі конденсатори. Нещільність в з'єднаннях, через які відбувається підсос повітря, знаходять після створення вакууму в апараті по відхиленню відкритого полум'я (свічки або сірники), а також появи течі при заповненні апарату водою.

Перед ремонтом поверхні теплообміну, дотичні з продуктом, очищають циркуляцією содового розчину протягом 8 ч, систему промивають гарячою водою і чистять щітками і металевими йоржами.

Сопло термокомпресора (інжектора) очищають від накипу соляною кислотою. При збірці термокомпресора дуже важливо забезпечити співісну всіх його елементів (сопла, дифузора) і їх первинне взаємне розташування. Розбирати термокомпресор без особливої необхідності не рекомендується.

Мідні поверхні вакуум-апаратів при ремонті лудять. Ремонтують водокільцевий вакуум-насос, продуктивний насос, а також вентилі на паровій і водній лініях. Після ремонту вакуум-апарат збирають, перевіряють на герметичність, регулюють і здають в експлуатацію.

Таблиця несправностей машини

Несправність	Причина	Спосіб усунення
Матеріал на виході дуже вологий	Великий об'єм подачі продукту; Дуже низький тиск пари; Дуже мало свіжого повітря; Дуже коротка тривалість перебування матеріалу в сушарці; Не працює конденсатовідвідник	Подавати менше матеріалу; Негайно відрегулювати пару; Підвищити подачу свіжого повітря за допомогою повітряних ґрат; Змінити тривалість перебування в розвантажувальній шахті; Відремонтувати конденсатовідвідник
Матеріал на виході дуже сухий	Дуже низький об'єм подачі продукту; Дуже високий тиск пари; Дуже великий об'єм свіжого повітря	Підвищити об'єм подачі матеріалу Відрегулювати пару, якщо це не можливо, вимкнути сушарку; Провести той, що дроселює свіжого повітря за допомогою повітряних ґрат
Скупчення матеріалу	Дуже велика подача продукту; Матеріал, що подається, дуже вологий; Вихід з ладу приводу розвантажувального шнека	Відрегулювати подачу матеріалу, грунтуючись на кількості і вологості; Подавати менше матеріалу
Дуже велике споживання струму головним приводом, оглядове скло конденсатовідвідника заповнено	Скупчення конденсату; Дуже велика подача продукту	Перевірити протитиск конденсатовідвідника; Подавати менше матеріалу; Перевірити на предмет забруднення
Скупчення конденсату	Несправна арматура забруднення в лінії або конденсатовідвіднику	Замінити несправну Почистити лінії і/або конденсатоотводчик

8.3. Експлуатація

8.3.1. Введення в експлуатацію

8.3.1.1. Перевірки перед введенням в експлуатацію

Перед введенням в експлуатацію повинні бути дотримані такі умови:

1. Дотримані всі приведені в керівництві по експлуатації вказівки по техніці безпеки.
2. Встановлена горизонтально машина і чи міцно сполучена з фундаментом.
3. Змазані мастилом всі підшипники (мастило повинне трохи виступати збоку підшипника)
4. Враховані інструкції по монтажу і введенню по експлуатацію виробника насоса централізованої змащувальної системи.
5. Сполучений привід сушарки з приводом насоса централізованої змащувальної системи.
6. Виключено царапання лопатей в холодному або прогрітому стані пучка по корпусу.
7. Затягнуті всі кріпильні гвинти лопатей.
8. Правильно приєднані клапани надмірного тиску і вакуумні клапани, що підключаються, і чи готові вони до роботи.
9. Заповнені мастилом або маслом всі редуктори.
10. Вставлені у всі редуктори гвинти підбурювання тиску.
11. Міцно затягнуті всі гвинти підшипників.
12. Міцно затягнуті гвинти сальників.
13. Чи змонтовані належним чином всі запобіжні пристрої і чи захищені всі рухомі деталі згідно місцевим правилам техніки безпеки?
14. Правильно підключені і заповнені достатньою кількістю мастила змащувальні лінії насоса централізованої змащувальної системи.
15. Підключений насос централізованої змащувальної системи відповідно до керівництва по експлуатації виробника і чи правильно був проведено первинне введення в експлуатацію.

16. Заповнена гідравлічна пускова муфта достатньою кількістю масла.
17. Змонтовані і парові головки згідно керівництву по експлуатації виробника.
18. Належним чином змонтовані всі електропідключення, включаючи електрошафу.
19. Заземлені деталі машини.
20. Співпадає напрям обертання пучка труб із стрілкою напряму на запобіжному пристрої зубчатого колеса.

8.3.2. Централізована змащувальна система

Для того, щоб забезпечити безперервне змащування основних підшипників, сушарка на заводі обладнується насосом централізованої змащувальної системи.

Перед введенням в експлуатацію необхідно звернути увагу, щоб головний привід сушарки був зчеплений з приводом насоса централізованої змащувальної системи.

Місткість бака з мастилом насоса складає 30 кг. Обидва основні підшипники обладнано датчиком імпульсів.

У разі відхилення від вибраної кількості змащувальної речовини датчик імпульсів подає імпульс на контрольний прилад імпульсів в розподільній шафі установки.

Граничні значення кількості змащувальної речовини встановлюються введенням в експлуатацію відповідно до приведених далі сторінок. При свідченні помилки спочатку необхідно перевірити, чи є в баку з мастилом достатня кількість мастила або чи має місце бути пошкодження змащувальної лінії.

Необхідно щонеділі перевіряти бак з мастилом на предмет достатнього заповнення.

8.3.3. Введення в експлуатацію сушарки

Необхідно вводити сушарку в експлуатацію відповідно до приведенного далі способу дії:

1. Перевірити, чи належним чином приєднані що підводять або відвідні органи (наприклад, шнеки, стрічкові конвейєри і т.п.).
2. Змазати корінні підшипники. Мастити, поки мастило не виступить з обох підшипників.
3. Включити всі подальші приєднані до машини частини установки (відвідні органи).
4. Ввести машину в експлуатацію відповідно до пускової послідовності.
5. Включити передвключені частини установки (що підводять органи).
6. За допомогою даних продуктивності звернути увагу на те, щоб не підводилося дуже мало або дуже багато матеріалу.
7. У разі можливих неполадок в процесі запуску негайно вимкнути машину і встановити причину несправності.
8. Після усунення несправності вказаним вище способом знову запустити установку.

8.3.4. Запуск і управління сушаркою

1. При запуску сушарки дати попрацювати пучку труб декілька хвилин. Потім за допомогою парового клапана поволі подати пару в сушарку. Щоб уникнути гідравлічних ударів необхідно здійснити рівномірний нагрів пучка. Тривалість фази нагріву не повинна бути менше приблизно 20 хвилин.
2. У разі неполадок з сушаркою необхідно негайно припинити підведення пари. Якщо при повторному запуску тиск в пучку труб більш ніж 3 бар, то в цьому випадку можна відразу закрити головний клапан. Якщо тиск складає менше 3 бар, то пучок труб необхідно поволі нагрівати, як це описано в пункті 1.
3. У разі неполадок в постачанні паром необхідно негайно відключити подачу матеріалу.
4. У разі використання електромагнітних клапанів з дистанційним управлінням, які не можуть відкриватися поволі, необхідно після тривалого простою або у разі холодної установки допомогою ручного клапана, як це

описано в пункті 1.

5. Необхідно дотримувати максимальний надмірний робочий тиск і максимальну робочу температуру згідно технічним даним.

6. Працездатність конденсатовідвідника, необхідно перевіряти через певні проміжки часу з метою забезпечення бездоганного відведення конденсату і щоб уникнути заповнення пучка конденсатом.

7. Обхідний трубопровід (байпас) на конденсатовідвіднику необхідно відкрити під час процесу нагріву сушарки і закрити тільки при виході пари. Це необхідне для запобігання підпору конденсату. Якщо конденсат відводиться в резервуар, який розташований вище, то в цьому випадку між конденсатовідвідником і резервуаром необхідно встановити зворотний клапан. За рахунок цього виключається повернення конденсату назад в пучок.

8. Робота коденсатовідвідника залежить від робочого тиску.

$\text{Робочий тиск} = \text{тиску перед коденсатовідвідником} - \text{тиск після коденсатовідвідника (протитиск)}$.

Протитиск залежить від: довжини трубопроводу, кількості трубних колін і висоти подачі. Воно у жодному випадку не повинне перевищувати 1 бар.

Мінімальний робочий тиск залежить від поступаючої кількості конденсату. Воно у жодному випадку не повинне бути менше 3 бар. Максимальний робочий тиск вказаний на конденсатовідвіднику.

9. Щоб уникнути замерзання пучка труб у разі сильного холоду необхідно злити залишковий конденсат в пучку через фланець в головній частині.

10. Для виконання додаткового мастила і заміни пластичного мастила обох корінних підшипників пучка труб, а також періоди між мастилами змащувальних крапок.

11. На заводі з'єднувачі утримувачів лопатей з головними частинами і проміжними пластинами виконані із зазором.

Не сполучати міцно утримувачі лопатей з накладками, оскільки інакше в результаті теплового розширення пучка можливі пошкодження.

12. Перед тривалими простоями протягом декількох тижнів залишки конденсату необхідно злити через заглушки або фланці, розташовані на обох головних частинах. Далі необхідно очистити внутрішній простір охолоджувача, пучок труб, пристрої підведення і подрібнення і відведення пари з вентилятором від залишків матеріалу або пилу, що пристали.

13. Тільки для пригвинченого пучка труб.

Після трьох днів роботи необхідно в холодному поляганні провести додаткове затягування болтів на головній частині пучка труб. Для цієї мети передбачені отвори для виконання контролю на торцевих стінках. Їх необхідно відкрити і видалити кінцеві лопатки.

14. При виконанні додаткових випробувань тиском з боку місцевих органів нагляду слід звернути увагу на те, що підвищення тиску відбувається не безперервним чином за короткий час, а підвищення тиск виконується поступово з декількома інтервалами витримки протягом 10-15хвилин.

15. Для запобігання корозії пучок труб повинен працювати з тиском пари не менше 3 - 3,5 бар.

16. На бічній стороні вентилятора розташований патрубок для видалення води. Під час роботи необхідно забезпечити безперешкодне відведення конденсату, що утворюється.

9. Заходи з охорони праці і техніки безпеки

Вступ

В даному розділі розглянуті , які вимоги з охорони праці потрібні для експлуатації барабанної сушарки для сушки пивної дробини.

Закон України про охорону праці визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Інструктажі

Інструктажі з питань охорони праці проводяться на всіх підприємствах, установах, організаціях незалежно від характеру їх трудової діяльності. Мета інструктажу – навчити працівника правильно і безпечно для себе і оточуючого середовища виконувати свої трудові обов'язки.

Інструктажі бувають вступними, первинними, повторними, позаплановими та цільовими.

Вступний інструктаж проводиться з усіма працівниками щойно прийнятими на роботу. Вступний інструктаж проводить спеціаліст з охорони праці. Запис про проведення вступного інструктажу робиться в спеціальному журналі, а також в

документі про прийняття працівника на роботу, де записуються інструктуючий та проінструктований працівник.

Первинний інструктаж проводиться на робочому місці до початку роботи з новоприйнятим працівником. Усі робітники після первинного інструктажу на робочому місці повинні пройти стажування протягом 2–15 змін під керівництвом досвідчених кваліфікованих робітників.

Позаплановий інструктаж проводиться з працівниками на робочому місці або в кабінеті охорони праці:

- при введенні в дію нових нормативних актів про охорону праці;
- при зміні технологічного процесу, змінні устаткування;
- при порушенні працівником нормативних актів, що може призвести до травм, отруєння або аварії;
- на вимогу працівника органу державного нагляду, при виявленні недостатнього знання працівником безпечних прийомів праці і нормативних актів про охорону праці;
- при перерві в роботі виконавця більше ніж 60 календарних днів.

Цільовий інструктаж проводиться з працівниками перед проведенням робіт, на які оформляється наряд-допуск. У наряді-допуску фіксується проведення інструктажу.

Виробничі шкідливості.

На ділянці є такі небезпечні фактори: Ш – шум, В – вібрація, М_Т - механічні травми, Е – електробезпека, Т – теплове випромінювання, В_н - вологовиділення.

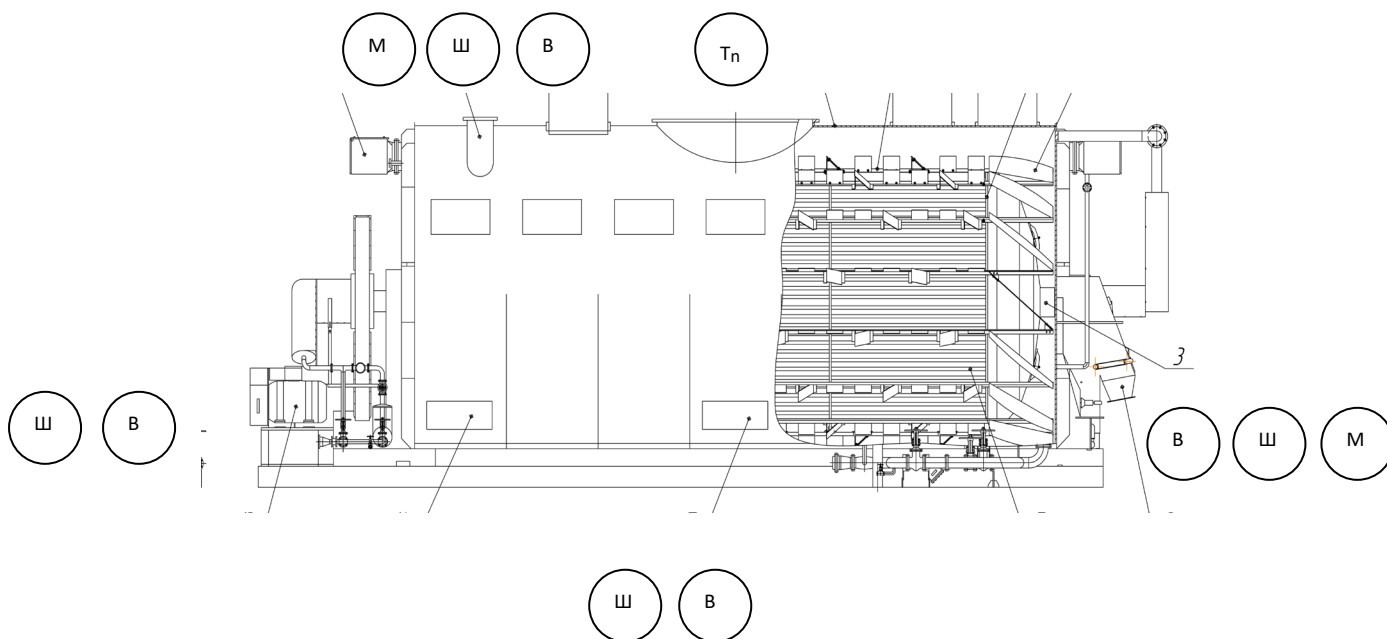


Рис.1Схема виробничих шкідливостей барабанної сушарки

Шум і вібрація, методи боротьби.

Шум.

Одним з найбільш розповсюджених негативних факторів, які впливають на людину, являється шум. Він завдає великої шкоди здоров'ю та виробничій діяльності людини. В результаті втрати, що виникає під дією шуму, збільшується кількість помилок при роботі, підвищується загроза виникнення травм, знижується продуктивність праці. Все це є однією з причин збільшення економічних втрат.

В останній час спостерігається тенденція до постійного збільшення шуму на виробництві внаслідок зростання потужностей технологічного обладнання. Тому одним з найважливіших народногосподарських завдань є боротьба з шумом.

Для успішної боротьби з шумом необхідно знати його фізичну природу, основні закономірності його виникнення і поширення.

Звук обумовлюється механічними коливаннями в пружних середовищах і тілах, частоти яких лежать в діапазоні 16-20000Гц, і які спроможне сприймати людське вухо. Механічні коливання з такими частотами називаються звуковими або акустичними. Нечутні механічні коливання з частотами нижче звукового діапазону (16 Гц) називають інфразвуковими, а з частотами вище звукового діапазону (20000 Гц) – ультразвуковими.

Звук, коли його джерело здійснює гармонічні коливання, називається тоном. Величина тону визначається амплітудою коливань, а висота тону – частотою коливань.

У виробничих цехах основним джерелом струму являються насоси. Рівень звуку від прийнятих проектом насосів не перевищує гранично допустимого рівня – 75ДБл.

У приміщенні цеху джерелами шуму являються і машини, які входять до складу цеху, і зв'язуючи їх транспортні пристрої.

Для того, щоб уникнути накладання один на одного звукових полів цього обладнання, його розміщують по периметру будівлі у ізольованих капітальними стінами приміщеннях.

При пуску і наладці обладнання необхідно проводити статичне і динамічне балансування рухомих частин обладнання.

Для пониження рівня звукового тиску від сантехнічного обладнання до допустимого по ГОСТ 12.1.00.3-76 передбачаються наступні заходи:

- вентилятори встановлюються у ізольованих приміщеннях (вентиляторних камерах);
- передбачений плавний підвід повітря до вхідних патрубків вентиляторів;

- передбачені вібропоглиначі гнучкі вставки для приєднання повітропроводів до вхідних і до нагнітаючих патрубків вентиляторів;

- вентилятори встановлені на пружинних амортизаторах.

Заходи по захисту від шуму. Джерелами шуму являються електродвигуни технологічного обладнання, насоси, транспортери цеху розливу.

У відділені рівень шуму відповідає експлуатаційним даним по діючим підприємствам – не перевищує 45ДБл, тому не вимагається проведення спеціальних заходів.

Вібрація.

Збільшення потужностей та швидкостей переміщення у виробництві призводять до небажаних явищ, таких як вібрація. Вібрації не тільки погіршують самопочуття працюючих і знижують продуктивність праці, а й можуть призвести до серйозних патологічних змін організму людини. Комплексна механізація і автоматизація підприємства є радикальним способом позбавлення людини від шкідливого впливу вібрацій.

Вібрації – це механічні коливання машин, механізмів та їх елементів.

Найпростішим видом вібрацій є гармонічні (синусоїдальні) коливання.

Зниження вібрацій шляхом переводу енергії механічного коливання в інші види енергії, найчастіше в теплову, називають вібродемпфінуванням. Для цього можна використовувати матеріали з більшим внутрішнім тертям.

Використання в конструюванні матеріалів з більшим внутрішнім тертям дозволяє знизити вібрацію в діапазоні середніх та високих частот на 810 дБ. Якщо по будь-яким причинам застосування цих матеріалів неможливо, то для зниження вібрацій використовують вібродемпфіруючі покриття, що мають великі втрати на внутрішнє тертя.

Техніка безпеки

1. Печі сушильних установок укомплектовані тягомірами, термометрами, сигналізацією і автоматикою для відключення подачі палива при підвищенні температури у печі понад допустиму величину.
2. Печі з камерним спалюванням палива обладнані вибуховими клапанами. Місце розміщення та мінімальний переріз клапанів визначаються проектною організацією.
3. Сушильна установка обладнана:
пристроями для аварійного скидання тиску (вибуховими клапанами при камерному спалюванні палива у топці);
пилоуловлюючими пристроями;
пристроями для захисту від зарядів статичної електрики.
4. Завантажувальні бункери і вивантажувальні лотки сушильних апаратів герметизовані.
5. Сушильні барабани мають штуцери для підведення пари на випадок гасіння під час загорання .
6. Сушильні установки, які працюють на рідкому паливі, обладнані манометрами та іншими приладами для вимірювання тиску рідкого палива і тягомірами для вимірювання розрідження у топці; у верхній частині газоходу треба передбачити запобіжні клапани.
7. Конструкція сушильної установки передбачає розміщення витратних баків для рідкого палива поза приміщенням установки.

Витратний бак має спускну трубу з вентилям, переливну трубу і поплавковий показчик рівня, використовувати нафтомірне скло забороняється.

8. Розпалювання печі і пуск сушильного апарата можливі тільки після дозволу начальника цеху і проводяться відповідно до виробничої інструкції з охорони праці, яка затверджена власником підприємства.

9. Топка має оглядові вікна для контролю роботи печі та регулювання підводу зовнішнього повітря для охолодження газів.

10. Воронки зольників — пересипні і шлакові — мають засувки з пересувними механізмами. Димарі повинні закриватися шибером.

11. Для огляду і обслуговування барабанних сушилок на корпусі барабана, шнеках розвантаження, циклонах є люки. Кришки люків, фланцеві з'єднання патрубків ущільнені паронітовими прокладками.

12. Для запобігання підсосів повітря на завантажувальні камери і на вивантажувальному пристрої встановлені ущільнення.

13. Для відбору проб сушеної дробини передбачено люк в шнеку вивантаження.

14. Для нагляду за технологічним процесом в середині барабана передбачено оглядове вікно, яке розміщене на задній стінці вивантажувального пристрою.

15. Для обслуговування печей сушильних установок допускаються особи, які пройшли спеціальну підготовку і мають посвідчення на право обслуговування установок, що працюють на газоподібному, твердому або рідкому паливі, і пройшли протипожежний інструктаж.

16. Очищення завантажувальної печі проводиться при виключеній подачі палива і відкритому шибері природної тяги, у випадку відсутності природної тяги — при працюючому димососі.

17. Вологість транспортованого в склад сухого продукту не більша 14%, а температура — не перевищує 30°C.

Пожежна безпека

Для кожної галузі харчової промисловості існує узгоджений з Державним пожежним наглядом МНС України перелік споруд і приміщень, що підлягають обладнанню автоматичними засобами пожежегасіння та автоматичною пожежною сигналізацією.

До первинних засобів пожежегасіння належать: вогнегасники ВВ-5 вуглекислотні (внаслідок використання при роботі машини електричного струму) - 2, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини - 1, ящик з піском - 1, бочка з водою - 1, пожежні відра - 2, совкові лопати - 2); пожежний інструмент (гаки - 2, ломи - 2, сокири – 2 тощо).

Основними заходами пожежної безпеки є:

- своєчасне проведення технічних оглядів з метою змащення пар тертя (підшипникові вузли, штоки пневмо-циліндрів, і т. ін.);
- дотримання правил безпеки при зупинці обладнання на огляд та ремонт;
- своєчасне проведення перевірки ізоляції обладнання;
- проведення інструктажів та навчання працюючого персоналу.

Проведення організованої евакуації з виробничих та інших приміщень і будівель, запобігання проявам паніки і недопущення загибелі людей забезпечується шляхом:

- планування евакуації людей (складання плану евакуації з приміщення);
- визначення зон, придатних для розміщення евакуйованих з потенційно небезпечних зон;
- організації оповіщення керівників підприємств і людей про початок евакуації;

Евакуація з приміщень проводиться способом, який передбачає організоване виведення основної частини людей із секторів надзвичайних ситуацій через усі можливі виходи пішим ходом по заздалегідь розроблених маршрутах

Фінансування

Фінансування заходів по охороні праці проводиться власником підприємства. Робітник не несе ніяких витрат при проведенні заходів по охороні праці.

Згідно закону України про охорону праці № 2695-12 від 14.10.92р. начисляються відрахування у розмірі 0,5 % від реалізованої продукції у фонд охорони праці України. Ці ж фінанси використовуються для проведення заходів з охорони праці.

Щорічні витрати на охорону праці складаються з затрат на впровадження заходів, направлених на покращення умов праці і підвищення її безпеки, пільги та компенсації.

Витрати направлені на покращення умов праці і підвищення її безпеки на підприємствах складається з двох основних статей: номенклатурні заходи передбачені договорами по охороні праці та придбання спеціального одягу, взуття і інших засобів захисту, а також запобіжних пристроїв.

Фінанси фондів охорони праці не підлягають оподаткуванню і використанню на інші заходи. Витрати з охорони праці, які передбачаються в державному і місцевих бюджетах виділяються окремим порядком.

Електробезпека

Сушильне відділення по небезпеці враження електричним струмом відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки . Однак в цеху передбачений комплекс заходів з даного питання .

Електробезпека персоналу в цеху забезпечується організаційними та технічними заходами , а також справністю конструкцій всіх електричних установок .

Для захисту працівників від ураження електричним струмом існує заземлення . Всі металеві струмонеподаючі частини силових і освітлювальних електроустановок заземлені .

Безпека працівників досягається шляхом :

- а) застосування потрібної ізоляції ;
- б) закриття і огороження струмоподаючих частин ;
- в) надійного і швидкодіючого автоматичного відключення частин електрообладнання , яке випадково виявилось під напругою і пошкоджених ділянок джерела струму ;
- г) застосування пониженої напруги для джерела струму ремонтного освітлення ;
- д) заземлення корпусів електрообладнання і елементів електроустановок , які можуть виявитись під напругою через пошкодження ізоляції .

Освітлення

В сушильному цеху застосовується два види освітлення - природне (комбіноване) і штучне.

Природне освітлення забезпечується через великі вікна, світлові ліхтарі.

З часом через забрудненість і запиленість скла ефективність природного освітлення знижується до 25-35%. Також велике значення для природного освітлення мають чистота і кольорове оздоблення стін та стелі приміщення. Тому не рідше, як два рази на рік скло очищають і один раз на рік білять стіни і стелю.

Місцеве освітлення утворюється штучними джерелами світла і розподіляється на робоче, аварійне та охоронне. У відповідності характеристикою і призначенням приміщень вибирають типи світильників (ПВЛМ). Вони рівномірно розміщуються по всій площині цеху. Контроль за освітленістю проводиться не рідше ніж один раз на три місяці та їх відповідне очищення електриком один раз на місяць.

Включення загальної системи є централізованим. Місцеве освітлення представлено люмінесцентними лампами, які встановлені поблизу робочих місць. Люмінесцентне освітлення цеху 200 лк.

В цеху передбачено аварійне освітлення, яке встановлено для забезпечення безпечного перебування обслуговуючого персоналу в цеху, а також для евакуації людей, у випадку вимикання робочого освітлення. На світильниках аварійного освітлення нанесено відрізняючий знак ПУЕ. Норма аварійного освітлення 75 лк.

Для проведення ремонтних робіт проведено мережу ремонтного освітлення.

Вентиляція

В сушильному відділенні існує припливно – витяжна вентиляція з механічним спонуканням для створення в приміщеннях потрібно повітрообміну і нормованих метеорологічних і санітарно – гігієнічних умов в робочій зоні . Припливні системи компенсують викиди повітря сушильною установкою і забезпечують загальнообмінну припливну вентиляцію. В складах існує припливно – витяжна механічна вентиляція, яка забезпечує чотирикратний повітрообмін в приміщенні.

Для забезпечення нормальних та безпечних умов праці в кожному виробничому приміщенні проводиться контроль повітряного середовища на вміст у ньому шкідливих газів та пари. Незважаючи на вжиті заходи захисту, вони можуть проникати в повітряне середовище деяких виробничих приміщень . Внутрішні стінки теплогенераторної покриваються газонепроникною цементно – піщаною штукатуркою. Крім того в даному відділенні існує припливно – витяжна вентиляція з 3-х кратним повітрообміном.

Пропозиції щодо покращення умов праці

Відділ охорони праці проводить необхідні заходи для створення оптимальних умов для роботи персоналу. Для попередження виробничого травматизму на підприємстві постійно проводиться аналіз виробничого травматизму, шляхом виявлення небезпечних шкідливих виробничих факторів .

Для дотримання умов праці необхідно забезпечити надійну ізоляцію від електропристроїв поверхонь устаткування та забезпечити подачу свіжого повітря в робоче приміщення за допомогою вентиляційної системи. Щоб запобігти травмуванню та виникненню травмонебезпечних ситуацій потрібно утримувати обладнання у справному стані. Понизити рівень шуму на виробництві можна шляхом удосконалення будови звукопоглинаючих перегородок, стін, перекриттів; обладнанням устаткування спеціальними фундаментами або вітрозахисними амортизаторами.

10. Охорона довкілля

При сушці дробини виникають відходи і вторинні продукти, котрі повинні бути видалені або утилізовані. Перш за все до них відносяться:

- Забруднені стічні води;
- Осад (білковий відстій);
- Залишки;
- Шум, що виникає на певних ділянках;

Значну увагу слід приділити кількості забруднень що потрапляють у воду. За виключенням води, що безпосередньо переробляється на 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:

- Промивна вода
- Стік, що містить залишки ;
- Стічна вода із станцій СІП;
- Кислотні стоки із станцій СІП;
- Лужні ополіски і т.п.

В стічні води потрапляє навіть засіб для змазки стрічки транспортера – ніщо не зникає безслідно.

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).

При даному способі очистки стічних вод потрібні рівномірне завантаження обладнання і висувуються 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.

В цьому сенсі кожен виробник пива покликаний внести свій внесок в справу максимального зниження відходів виробництва.

11. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ

Для зручності вихідні дані для розрахунку економічної ефективності наведемо у вигляді таблиці 11.1:

Таблиця 11.1. Вихідні дані для розрахунку

№ п/п	Назва показників	Одиниця виміру	За проектом
1	Річний обсяг виробництва гранульованої дробини	т	38 569
2	Чисельність обслуговуючого персоналу цеху	чол/добу	4
3	Кількість робочих днів підприємства на рік	діб	248
4	Норма витрат умовного палива	м ³ /дал	0.08
5	Вартість 1 м.куб. умовного палива	грн.	1.4
6	Собівартість 1т гранульованої дробини	грн	розрахункова
7	Коефіцієнт переведу умовного палива в натуральне	-	1,2
8	Оптова відпускна ціна 1т дробини	грн	840
9	Встановлена потужність електроприводу	кВт	90
10	Вартість одиниці електроенергії за 1 квт/год	грн.	0,18
11	Відрахування на заробітну плату	%	38,08
12	Витрати на охорону праці	%	5
13	Відрахування на амортизаційні витрати	%	15
14	Витрати на ремонт обладнання	%	6
15	Вартість обладнання, що придбали	грн.	43 115 000

11.1. Розрахунок обсягу капітальних витрат (інвестицій)

Інвестиції для будівництва, модернізації обладнання визначаються на основі кошторисно-фінансових розрахунків (табл.11.2.).

Таблиця 11.2. Кошторисно – фінансовий розрахунок на придбання нового обладнання

Обладнання	Кількість одиниць, шт.	Вартість одиниці, грн	Повна вартість з урахуванням транспортних(5%), заготівельно-складських (1%), монтажних (9%), проектних (3%) витрат грн.
Прес для гранул Д-10	2	1 820 000	-
Прес для віджимання дробини	2	1 380 000	-
Елеватор ковшовий	1	435 000	-
Сушильна установка	2	9 860 000	-
Охолоджувач	1	825 000	-
Змішувач	2	710 000	-
Система автолізації	1	1 250 000	-
Шнек для гранул	1	185 000	-
Вентилятор на пар	2	240 000	-
Вентилятор на охолоджувач	1	465 000	-
Конвеєр ланцюговий	2	375 000	-
Шнек розвантажуючий	1	35 000	-
Фільтр JMR-146	2	2 150 000	-
Фільтр для сухої дробини	1	1 200 000	-
Фільтр для пилу	1	700 000	-
Шнек вживлюючий	2	340 000	-
Транспортуючі шнеки	-	1 550 000	-
Шнек розвантажуючий	1	200 000	-
Шкаф управління	1	1 650 000	-
Система конденсатовідводу	1	420 000	-
Конвеєр	1	450 000	-
Всього		43 115 000	54 411 130

Вартість устаткування при проектуванні ділянки переробки пивної дробини визначаємо методом укрупнених нормативів. При цьому повна собівартість нового обладнання розраховують за формулою, грн.

$$C_{\text{н}} = B_{\text{м}} + B_{\text{л}}, \quad (11.1)$$

де $B_{\text{м}}$ - витрати на основні матеріали, куповані вироби, грн.; $B_{\text{л}}$ - витрати по заробітній платі, устаткуванню та експлуатації обладнання, загальнозаводські, поза виробничі витрати (приймаємо 70%).

$$C_{\text{н}} = B_{\text{м}} + B_{\text{л}} = 54411130 + 38087791 = 92498921 \text{ грн.}$$

Виходячи з вартості обладнання, що складається з початкової його вартості, витрат на транспортування (5% його вартості), загально-складських витрат (1,2% вартості обладнання), витрат на монтаж (8-10% вартості обладнання), та ін., розраховуємо додаткові (нові) капітальні витрати (початкові інвестиції), які можна виразити формулою:

$$K_{\text{дод}}(\text{ПІ}) = K + Д - Л + K_{\text{буд}} + (-)O_{\text{б}}, \quad (11.2)$$

де K - початкова вартість впроваджуваного обладнання визначається за формулою:

$$K = K_{\text{о}} + K_{\text{тр}} + K_{\text{зс}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{м}} \quad (11.3)$$

$$K = 43\,115\,000 + 2\,155\,750 + 517\,380 + 4\,311\,500 + 4\,311\,500 = 54\,411\,130 \text{ грн.}$$

$K_{\text{о}}$ - кошторисна вартість обладнання; $K_{\text{о}} = 43\,115\,000$ грн;

$K_{\text{тр}}$ - транспортні витрати: $K_{\text{тр}} = 0,05 \cdot 43\,115\,000 = 2\,155\,750$ грн;

$K_{\text{зс}}$ - заготівельно-складські витрати: $K_{\text{зс}} = 0,012 \cdot 43\,115\,000 = 517\,380$ грн;

$K_{\text{пр}}$ - витрати на проектування та засоби автоматизації (10% вартості обладнання): $K_{\text{пр}} = 0,1 \cdot 43\,115\,000 = 4\,311\,500$ грн;

$K_{\text{м}}$ - витрати на монтаж: $K_{\text{м}} = 0,1 \cdot 43\,115\,000 = 4\,311\,500$ грн

$Д$ - витрати на демонтаж обладнання, що замінюється - 50% вартості монтажу:

$Д = 0$ грн, так як демонтаж здійснюватись не буде, відповідно

$Л$ - ліквідаційну вартість обладнання визначати не будемо.

$K_{\text{буд}}$ - витрати на будівельні і монтажні роботи;

$O_{\text{б}}$ - одночасне зростання і зниження суми оборотних коштів, пов'язаних з реконструкцією (враховується в разі зростання або зниження обсягу

виробництва в межах 10%: $O_6=0,1 \cdot 43\,115\,000 = 4\,311\,500$ грн

$$K_{\text{дод}}(\text{П}) = 54\,411\,130 \text{ грн}$$

Визначаємо загальні капітальні витрати:

$$K_{\text{заг}} = K_{\text{дод}} + (-) H_3$$

В зв'язку з тим, що залишкова вартість дорівнює 0 грн, то

$$K_{\text{заг}} = K_{\text{дод}} = 54\,411\,130 \text{ грн.}$$

11.2. Розрахунок обсягу виробництва і реалізації продукції

Обсяг виробництва у проектному варіанті розраховується за формулою, кг/рік:

$$A_{\text{обз}} = A_{\text{пр}} = A = N_T \cdot F_{\text{max}} \cdot K_{\text{вик}} \cdot N, \quad (11.4)$$

$N_T = 6,48$ кг /год - норма технічної продуктивності у базовому та проектному варіантах;

$F_{\text{max}} = 248$ днів - максимальний фонд робочого часу підприємства;

$K_{\text{вик}} = 0,75$ - коефіцієнт використання потужності обладнання;

$N = 24$ - число робочих годин на добу.

$$A = 6,48 \cdot 248 \cdot 0,75 \cdot 24 = 28\,926,72 \text{ кг/рік.}$$

11.3. Розрахунок чисельності працюючих і фонду заробітної плати

11.3.1. Розрахунок витрат на заробітну плату виробничого персоналу

Фонд заробітної плати розраховують виходячи з наявної чисельності працюючих робітників та річного фонду часу роботи підприємства.

При тарифному розряді IV тарифна ставка: $T_{\text{ст.}} = 4,9$ грн

Заробітна плата становить:

$$\text{ЗП} = 4 \cdot 24 \cdot 4,9 \cdot 248 = 116\,659,2 \text{ грн} \quad (11.5)$$

Преміальні витрати (40%): $116\,659,2 \cdot 0,4 = 46\,663,68$ грн

Доплата за нічні та вечірні години (32%):

$$116\,659,2 \cdot 0,32 = 37\,330,94 \text{ грн} \quad (11.6)$$

Доплата за роботу у вихідні і святкові дні:

$$4 \cdot 24 \cdot 4,9 \cdot 10 \cdot 1 = 4\,704 \text{ грн} \quad (11.7)$$

де 10 – кількість вихідних і святкових днів на місяць

1- доплата, тобто 100%

Загальний фонд заробітної плати:

$$\Phi ЗП_{\text{заг}} = 116\,659,2 + 46\,663,68 + 37\,330,94 + 4\,704 = 205\,060,82 \text{ грн} \quad (11.8)$$

Розраховуємо додаткову заробітну плату на відпустку(8%):

$$205\,060,82 \cdot 0,08 = 16\,404,87 \text{ грн} \quad (11.9)$$

Разом заробітна плата і додаткова становлять:

$$\Phi ЗП = 205\,060,82 + 16\,404,87 = 221\,465,69 \text{ грн} \quad (11.10)$$

Розраховуємо відрахування на заробітну плату. Встановлено 38,08% від заробітної плати основних виробничих робітників.

$$221\,465,69 \cdot 0,3808 = 84\,334,13 \text{ грн} \quad (11.11)$$

11.4. Розрахунок собівартості продукції

Розрахунок витрат на електроенергію на технологічні цілі

Розрахунок витрат на електроенергію:

$$B_{\text{ел}} = \frac{N_{\text{вст}} \cdot K_{\text{вик}} \cdot K_{\text{втр}} \cdot K_{\text{ч}} \cdot T \cdot Ц_{\text{е}}}{\text{ККД}} = \frac{90 \cdot 0,8 \cdot 1,06 \cdot 23 \cdot 248 \cdot 0,18}{0,9} = 78359,27 \text{ грн} \quad (11.12)$$

де $N_{\text{вст}}$ - встановлена потужність електродвигунів, кВт;

$K_{\text{вик}}$ - коефіцієнт використання потужності електродвигуна: 0,7...0,9.

Приймаємо 0,8;

$K_{\text{втр}}$ – коефіцієнт, що враховує витрати електроенергії в межах заводу - 1,06;

$K_{\text{ч}}$ - коефіцієнт завантаження електродвигуна в часі;

T - річний фонд роботи обладнання, год;

$Ц_{\text{е}}$ - вартість 1кВт·год електроенергії, грн.;

ККД – коефіцієнт корисної дії електродвигуна – 0,9.

Розрахунок витрат на охорону праці

$$221\,465,69 \cdot 0,05 = 11073,28 \text{ грн} \quad (11.13)$$

Розрахунок витрат на амортизацію

$$A_{\text{м}} = K_{\text{дод}} / 1,2 \cdot \% A_{\text{м}} = 54\,411\,130 / 1,2 \cdot 0,21925 = 9\,941\,366,88 \text{ грн} \quad (11.14)$$

Розрахунок витрат на ремонт обладнання

$$P_{\text{обл}} = 54\,411\,130 / 1,2 \cdot 0,06 = 2\,720\,556,5 \text{ грн} \quad (11.15)$$

Розрахунок витрат на страхування майна (0,17%)

$$V_{\text{страх}} = \frac{K_{\text{обл}} \cdot 0,17}{1,2 \cdot 100} = \frac{54411130 \cdot 0,17}{120} = 77082,43 \text{ грн} \quad (11.16)$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 11.4.

Таблиця.114. Статті витрат собівартості продукції, що змінюються

№ п/п	Статті витрат, що змінюються	Поточні витрати
1.	Відрахування на соціальні витрати	84 378,43
2.	Витрати на паливо і електроенергію на технологічні цілі	78 359,27
3.	Витрати на охорону праці	6 721,49
4.	Витрати на амортизацію	9 941 366,88
5.	Витрати на ремонт обладнання	2 720 556,5
6.	Витрати на страхування майна	77 082,43
7.	Витрати на заробітну плату	221 465,69
Разом		13 129 930,69

Витрати на виробництво 1 т гранульованої дробини:

$$Z_{\text{гр}} = C / O_{\text{річн}} = 13\,134\,282,48 / 38\,569 = 341 \text{ грн}, \quad (11.17)$$

де C – поточні витрати на виготовлення продукції,

$O_{\text{річн}}$ – річний обсяг виробництва продукції.

Додатковий прибуток за умови незмінного обсягу виробництва:

$$\Delta P_p = (Ц - Z_{\text{гр}}) \cdot O_{\text{річн}} = (840 - 341) \cdot 38\,569 = 19\,245\,931 \text{ грн}, \quad (11.18)$$

де $Ц$ – оптова відпускна ціна 1 т дробини.

11.5. Визначення основних показників економічної ефективності проекту

При визначенні основних показників економічної ефективності від прибутку слід відрахувати виплати податку (Π) в бюджет за діючими нормами $\Pi=25\%$.

Виходячи з цього термін окупності капітальних вкладень розраховуємо за формулою:

$$T = K_{\text{дод}} / (\Delta\Pi_p - \Pi) = 54\,411\,130 / (19\,245\,931 \cdot (1 - 0,25)) = 3,7 \approx 4 \text{ роки.} \quad (11.19)$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = 1/T = 1 / 3,7 = 0,27. \quad (11.20)$$

11.6. Розрахунок доцільності витрат капітальних вкладень з урахуванням дисконтування проекту протягом повного терміну його служби

Розрахуємо доцільність капітальних вкладень з врахуванням дисконтування проекту протягом певного терміну його служби. Термін служби проекту (життєвий цикл) визначається виходячи з норми амортизаційних відрахувань на обладнання

$$T_{\text{сл}} = 100/A_m = 100 / 21,925 = 4,56 \text{ років} \approx 5 \text{ років} \quad (11.21)$$

де A_m – норма амортизаційних відрахувань

Визначаємо чистий генерований грошовий потік

$$\begin{aligned} \text{ЧГП} &= \Delta\Pi_p(1-p) + A_m \cdot K_{\text{дод}}(\Pi) / 1,2 = 19\,245\,931 \cdot (1 - 0,25) + 0,219 \cdot 54\,411\,130 / 1,2 = \\ &= 14\,434\,448,25 + 9\,930\,031,23 = 24\,364\,479,48 \text{ грн} \end{aligned} \quad (11.22)$$

Розрахуємо чисту теперішню вартість проекту за весь його життєвий цикл:

$$\text{ЧТВ} = \sum_{t=1}^{t=7} \text{ЧГП}(t) \cdot \frac{1}{(1+p)^t} - \Pi = \sum_{t=1}^{t=7} \text{ТВ} - \Pi; \quad (11.23)$$

де $\text{ЧГП}(t)$ – річний чистий грошовий потік реальних грошей за проектом в роки ($t=1\dots 5$) експлуатації обладнання;

P – ставка дисконту. Приймаємо 25 %

Π – початкові інвестиції

$$TB_0 = 24\,364\,479,48;$$

$$TB_1 = 24\,364\,479,48 \cdot 1 / (1+0,25)^1 = 19\,491\,583,58 \text{ грн};$$

$$TB_2 = 24\,364\,479,48 \cdot 1 / (1+0,25)^2 = 15\,593\,266,87 \text{ грн};$$

$$TB_3 = 24\,364\,479,48 \cdot 1 / (1+0,25)^3 = 12\,474\,613,49 \text{ грн};$$

$$TB_4 = 24\,364\,479,48 \cdot 1 / (1+0,25)^4 = 9\,979\,690,8 \text{ грн};$$

$$\sum_{t=1}^{t=7} TB = 24\,364\,479,48 + 19\,491\,583,58 + 15\,593\,266,87 + 12\,474\,613,49 + 9\,979\,690,8 =$$

$$= 81\,903\,634,22 \text{ грн} - \text{теперішня вартість.}$$

$$ЧТВ = 81\,903\,634,22 - 54\,411\,130 = 27\,492\,504,22 \text{ грн.}$$

Індекс доходності визначаємо за визначенням чистої теперішньої вартості до початкових інвестицій:

$$ІД = ЧТВ/ПІ = 27\,492\,504,22 / 54\,411\,130 = 0,5 \geq 0. \quad (11.24)$$

Дисконтний період повернення інвестицій (гарантований) визначаємо відношенням початкових інвестицій на середньорічну теперішню вартість:

$$ППІ = ПІ / ТВ_{\text{ср}} = 54\,411\,130 / 16\,380\,726,84 = 3,3 \text{ року}, \quad (11.25)$$

де $ТВ_{\text{ср}}$ – теперішня вартість середньорічна:

$$ТВ_{\text{ср}} = ТВ/t = 81\,903\,634,22 / 5 = 16\,380\,726,84 \text{ грн} \quad (11.26)$$

Індекс прибутковості визначаємо відношенням теперішньої вартості на початкові інвестиції:

$$ІП = \sum_{t=1}^{t=7} TB / ПІ = 81\,903\,634,22 / 54\,411\,130 = 1,5. \quad (11.27)$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 1.5.

Таблиця.11.5. Техніко – економічні показники проекту

№ п/п	Показник	Одиниця виміру	Варіант Проектний
1	Чисельність обслуговуючого персоналу цеху	чол./добу	4
2	Додатковий прибуток	грн.	19 245 931
3	Додаткові капітальні витрати (ПІ)	грн./рік	54 411 130
4	Термін окупності капітальних вкладень	роки	4
5	Коефіцієнт економічної ефективності	-	0,27
6	Витрати на виробництво 1 т гранульованої дробини	грн	341
7	Термін служби проекту	роки	5
8	Чистий грошовий потік	грн.	24 364 479,48
9	Чиста теперішня вартість	грн.	27 492 504,22
10	Теперішня вартість	грн.	81 903 634,22
11	Період повернення інвестицій	роки	3,3
12	Індекс доходності	-	0,5
13	Індекс прибутковості	-	1,5

Висновки:

Наведені обґрунтування та розрахунки основних показників ефективності (табл. 11.5.), підтверджують, що даний проект доцільно впроваджувати у виробництво. Він технічно та економічно ефективний.

ВИСНОВОК

В даній роботі було розглянуто методи та способи переробки пивної дробини на пивоварних заводах. Проведений аналітичний огляд техніки та технології переробки пивної дробини показав, що сушіння є найбільш раціональним способом. Суха пивна дробина - екологічно чистий продукт, стійка при зберіганні і транспортабельна.

Проведено дослідження процесу сушіння пивної дробини з метою розробки раціонального режиму сушіння.

Основна задача дослідної роботи полягала у встановленні оптимальних параметрів в процесі сушки пивної дробини. З цією метою досліджено процес сушки дробини на основі сучасної теорії тепло- і масообміну. Проведені дослідження дозволили виявити вплив основних параметрів повітря на тривалість сушки. Як було визначено, найоптимальнішим режимом сушіння для пивної дробини є температура повітря $t=120^{\circ}\text{C}$, швидкість руху $V=1,3$ м/с та відносна вологість $\phi =7\%$.

Був проведений аналіз розробленої багатотрубною сушарки за допомогою програми Flow Vision.

Наведені обґрунтування та розрахунки основних показників ефективності підтверджують, що даний проект доцільно впроваджувати у виробництво. Він технічно та економічно ефективний.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мирончук В. Г., Орлов Л. О., Українець А. І., Пушанко М. М., Гуцалюк В. М., Яровий В. Л. «Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості». Навч. Посібник - Вінниця. Нова книга. 2004 - 288 с.
2. В.Кунце «Технология солода и пива», Издательство «Профессия», Санкт - Петербург, 2001, 912 с.
3. Лебедев П.Д. Расчет и проектирование сушильных установок. (Учеб. для высш.техн.учеб.заведений). М.-Л., Госэнергоиздат, 1963, 320 с.
4. Лыков А.В. Теория сушки. М., «Энергия», 1968. 472 с.
«Основные процессы и аппараты химической технологии» под ред. Ю. И. Дитнерского. Москва. Химия. 1991.
5. «Проектирование процессов а аппаратов пищевых производств» под ред. Стабникова В. Н. Киев. 1982.
6. О. В. Богомолов, П. В. Гурський, В. П. Богомолова «Курсове та дипломне проектування переробних і харчових підприємств». Навч. Пос. - Харків: Єспда 2005. 432 с.
7. О. В. Богомолов. С. Сафонова «Управління якістю переробних і харчових виробництв».
8. Домарецький В. А. «Технологія солоду і пива». -К.: Інкос, 2004. 426с.
9. Д. М. Гальперин, Г. В. Миловичев «Технология монтажа, наладки и ремонта оборудования пищевых производств». Москва ВО. Агропромиздат. 1990.
- 10.«Технологическое оборудование предприятий бродильной промышленности» под ред. И. Т. Кретьова. Москва. Легкая и пищевая промышленность. 1983.

11. «Процеси і апарати харчових виробництв» за ред. І. Ф. Малежика. Київ. НУХТ. 2003.
12. «Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості» за ред С. Гулого. Вінниця. Нова книга. 2001.
13. «Справочник пивовара» под ред. М.Т.Денщикова и В.В.Рудольфа, Москва. «Пищевая промышленность». 1969.
14. П.М.Мальцев, М.В.Зафирная «Технология безалкогольных и слабоалкогольных напитков», М. «Пищевая промышленность». 1970.
15. «Транспортно-технологічні схеми пивзаводів» За ред. А.І.Соколенка. -К.: АртЕк, 2002. - 304с.з іл..
16. «Вторичные материалы ресурсы пищевой промышленности». Справочник. Под. ред. А.Е.Юрченко, - М.Экономика, 1984, -328с.
17. М.Т.Кочубеева, Н.В.Воинова, Л.Г.Цымбалюк, Д.Г.Юдицкий. «Организация, планирование и управление в бродильном производстве».- К.:Вища шк. Главное изд-во, 1984. - 384с.
18. В.И.Попов, И.Т.Кретов, В.Н.Стабников, К.П.андреев «Технологическое оборудование предприятий бродильной промышленности» -М.: «Пищевая промышленность». 1972.-591с.
19. Гинсбург А.С. «Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности».-М.: Агропромиздат, 1985. - 336с.
20. М.Я.Азрилевич «Технологическое оборудование сахарных заводов» -М.: «Пищевая промышленность». 1972. -312с.
21. Орлов В.Д., Заборсин А.Ф., Яровой С.Л. «Производство сушеного свекловичного жома».- М.: Легкая и пищевая

промышленность, 1983. -112с.

22. Кафаров В.В., Глебов М.Б. «Математическое моделирование основных процессов химических производств» -М.: Высш. шк., 1991. -400с.

23. Мальцев П.М. «Технология бродильных производств». -М.: Пищевая промышленность, 1980. -590с.

24. Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. та ін. «Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості». - Вінниця: Нова книга, 2007. -648с.

25. Главачек Ф., Лхотский А. «Пивоварение». -М.: пищевая промышленность, 1977. – 624 с.

26. И.Т.Кретов «Исследование процессов механического обезвоживания и сушки пивной дробины» - диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Научный руководитель - доктор технических наук профессор В.И.Попов. - К. 1962.

27. В.Р. Кулінченко, В.Г. Мирончук "Випарювання і випарні апарати у розрахунках і конструюванні" :Навч. посібник.- К.: Кондор, 2006.-392с.

28. З.М. Кучинкас, В.И.Особов "Оборудование для сушки, гранулирования и брикетирования кормов"-М.:Агропромиздат, 1988.- 208с.

29. Інструкція по експлуатації багатотрубною сушарки.

30. Пиво и напитки. - М. 2006. №5.

31. Пиво и напитки. - М. 2007. №2.

32. Производство спирта и ликероводочных изделий. М. 2007 №1.

33. Конспект лекцій «Технологічне обладнання галузі».