

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

**Інститут (факультет) Навчально-науковий Інженерно-технічний
інститут ім.акад. І.С. Гулого**

**Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій
проектування**

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

_____ Блаженко С.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«__» _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ Якимчук М.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«__» _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

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

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових виробництв
на тему Модернізація сушарки А1-ОР2Ч з метою інтенсифікації сушіння молока

Виконав: здобувач ІІ курсу, групи 2

Розлач Олександр Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Корнієнко Людмила Вікторівна

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти _____

(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2022 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування
Освітній ступінь магістр
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)
Освітня програма «Інжиніринг харчових виробництв»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП
_____ М.В.Якимчук

«___» _____ 20__ р.

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

_____ Розлача Олександра Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Модернізація сушарки А1-ОР2Ч з метою інтенсифікації сушіння молока

керівник проекту (роботи) Корнієнко Людмила Вікторівна, доц., канд. тех. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «01» 11 2021 р. № 860-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 25.01.2022р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Технічний паспорт обладнання.

2. Альбом галузевого обладнання. 3. Навчальна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Анотація; Зміст; Вступ; Аналітичний огляд стану питання; Методика проведення досліджень; Дослідна частина та узагальнення результатів; Обґрунтування модернізації; Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування; Розрахункова частина; Підбір конструкційних матеріалів; Технологія машинобудування; Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання; Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування; Заходи з охорони праці; Охорона довкілля; Маркетингове обґрунтування проекту; Висновки; Список використаних джерел; Додатки

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

Загальний вигляд обладнання – 1 аркуш; Деталі та вузли обладнання – 1 аркуш; Схема автоматизації – 1 аркуш; Технологічна карта збирання вузла – 1 аркуш, Наукова частина – 6 аркушів.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 14.09.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	<i>Вступ</i>	30.09.2021	
2	<i>Аналітичний огляд стану питання</i>	08.10.2021	
3	<i>Методика проведення досліджень</i>	15.10.2021	
4	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>	22.10.2021	
5	<i>Обґрунтування модернізації. Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування</i>	29.10.2021	
6	<i>Розрахункова частина</i>	12.11.2021	
7	<i>Підбір конструкційних матеріалів</i>	12.11.2021	
8	<i>Технологія машинобудування</i>	19.11.2021	
9	<i>Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання</i>	30.11.2021	
10	<i>Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування</i>	10.12.2021	
11	<i>Заходи по охороні праці</i>	18.12.2021	
12	<i>Охорона довкілля</i>	18.12.2021	
13	<i>Маркетингове обґрунтування проекту</i>	30.12.2021	
14	<i>Висновки</i>	15.01.2022	
	<i>Графічна частина формату А1 – 10 шт.</i>	15.01.2022	
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	25.01.2022	

Здобувач

_____ (підпис)

Розлач О.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Корнієнко Л.В.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота на тему «Модернізація сушарки А1-OR2Ч з метою інтенсифікації сушіння молока» виконана згідно виданому завданню та поставлених задач.

Метою дослідження проекту є інтенсифікація процесу розпилювального сушіння молока, шляхом встановлення додаткового контура подачі гріючого агента (гарячого повітря). Встановленням такого контура можна досягти суттєвого зменшення недосушених краплин молока на стінки сушильної башти, а також полегшити очищення її стінок від налиплих часточок.

Об'єктом дослідження є прямоточна розпилювальна сушарка.

Предметом дослідження є процес розпилювального сушіння знежиреного молока в дрібнодисперсному стані.

В роботі розглянуто переваги та недоліки розпилювального сушіння та основні типи сушарок, які використовуються для отримання сухого молока на сучасних підприємствах харчової промисловості.

У роботі наведено основні конструктивні, технологічні, техніко-експлуатаційні характеристики розпилювальної сушарки А1-OR2Ч, економічні показники, рекомендації з використання результатів наукових досліджень.

Графічна частина магістерської роботи складається з 10 листів формату А1.

Ключові слова: молоко, інтенсифікація, розпилювальна сушарка, повітря.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнєнко ЛВ.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Розпач О.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Анотація	201993.KP.02.0000P3			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

SUMMARY

Master's thesis on "Modernization of the A1-OR2H dryer using intensification of milk drying" was performed in accordance with the issued task and tasks.

The aim of the project research is to intensify the process of spray drying of milk by establishing an additional supply circuit for the heating agent (hot air). By installing such a contour, you can achieve a significant reduction in undried drops of milk on the walls of the drying tower, as well as facilitate the cleaning of its walls from sticky particles.

The object of the study is a direct-flow spray dryer.

The subject of the study is the process of spray drying of skim milk in a fine state.

The advantages and disadvantages of spray drying and the main types of dryers used for milk powder production in modern food industry enterprises are considered in the work.

The paper presents the main design, technological, technical and operational characteristics of the spray dryer A1-OR2H, economic indicators, recommendations for the use of research results.

The graphic part of the master's thesis consists of 10 sheets of A1 format.

Key words: serum, intensification, spray dryer, air.

ЗМІСТ

Вступ.....	
1. Аналітичний огляд стану питання.....	
2. Методика проведення досліджень.....	
3. Дослідна частина та узагальнення результатів.....	
4. Обґрунтування модернізації (інтенсифікації).....	
5. Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування.....	
6. Розрахункова частина.....	
7. Підбір конструкційних матеріалів.....	
8. Технологія машинобудування.....	
9. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання.....	
10. Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування.....	
11. Заходи з охорони праці.....	
12. Охорона довкілля.....	
13. Маркетингове обґрунтування проекту	
Висновки	
Список використаних джерел.....	
Додатки.....	

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнєнко ЛВ.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Розляч О.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Зміст	201993.KP.02.000ПЗ		
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук МВ.		<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA
					<i>Аркуш</i> 1/1

ВСТУП

Найбільш поширеним методом, що застосовується для отримання дрібнодисперсної харчової продукції, є повітряне сушіння. Процес сушіння харчової сировини з отриманням високоякісних порошків здійснюється розпилювальними сушарками з прямоточним, протиточним та змішаним рухом сушильного агента – повітря.

Сучасна тенденція розвитку сушильної технології – забезпечення максимальної інтенсифікації процесів розпилювального сушіння при одночасному поліпшенні якості матеріалу, що висушується.

Недоліки існуючих розпилювальних сушарок – великі габаритні розміри та значні енерговитрати, обмежена можливість оперативного впливу на перебіг процесу сушіння, низька харчова цінність одержуваних товарів. Усунення цих недоліків вимагає розробки та впровадження устаткування з урахуванням нових принципів з автоматизованим управлінням технологічними процесами.

Пріоритетним напрямком досліджень у галузі отримання високоякісних молочних порошків та збереження їх харчової цінності є застосування щадних технологічних процесів, використання в апаратах кількох потоків сушильного агента.

Для видалення вологи з рідких продуктів використовується переважно сушіння. Сушіння – це складний технологічний тепло-, масообмінний процес, який у багатьох виробництвах повинен забезпечувати не лише збереження нативних властивостей матеріалу, а й поліпшення цих властивостей. При отриманні порошків заданої якості рідких продуктів оптимальним способом є сушіння розпиленням.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнечко ЛВ.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Розпач О.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вступ	201993.KP.02.000 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2	

В даний час у харчовій промисловості застосовуються різноманітні сушарки. Конструкція сушарки повинна забезпечувати рівномірне нагрівання та зневоднення продукту з одночасним контролем температури та вологості в процесі виробництва. Найбільш широке поширення при сушінні рідких, високовологих та пастоподібних продуктів набула конвективна сушка. Сушильний агент виконує функції теплоносія та вологопоглинача. Простота, можливість регулювання температури матеріалу та теплоносія – перевага цього методу. Однак, при цьому способі градієнт температури спрямований у бік, протилежну градієнту вмісту вологи, це уповільнює процес вологовіддачі. Ще одним недоліком конвективного способу сушіння є невисока величина коефіцієнта тепловіддачі від теплоносія до поверхні частки.

Розпилювальне сушіння набуло поширення при виробництві дрібнодисперсних порошків сухого молока та молочних продуктів.

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ

Розпилювальна сушарка може бути використана для сушіння сировини у формі емульсії, суспензії чи пасти з вмістом води 40-90%. Кінцевий результат – продукт найвищої якості, сухий порошок. Це сушильне обладнання збереже колір, запах та смак продукту. Кінцевий продукт матиме відмінну сипкість та високу чистоту.

Висока швидкість сушіння. Коли матеріал розпорошується, площа зіткнення з гарячим повітрям значно збільшується. При контакті з гарячим повітрям може миттєво висушити 95-98% води. Процес сушіння займає лише кілька секунд. Це особливо зручно для сушіння термочутливих матеріалів.

Краплі рідини рухаються в одному напрямку із гарячим повітрям. Незважаючи на те, що температура гарячого повітря, що входить, висока, вона миттєво знижується при контакті з розпиленою рідиною в сушильній камері. Таким чином, сировина не буде перегріта. Це ще одна перевага даної розпилювальної сушарки під час роботи з термочутливими матеріалами.

Електричні компоненти передових виробників: Siemens, Schneider, Mitsubishi та ін.

Широка сфера застосування: фармацевтична промисловість, хімічна промисловість, харчова промисловість, виробництво пластмас, смол та кераміки.

Якщо процес сушіння було завершено в дуже короткий період, гранули продукту набувають форми м'яча. Кінцевий продукт має хорошу плинність та дисперсію.

Спрощений процес виробництва. Розпилювальне сушіння застосовується до 40-60% розчинників. Рівень вмісту твердої речовини може досягати 90%.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнечко Л.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Розпач О.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Аналітичний огляд стану питання	201993.KP.02.001ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/25

Більшість продуктів можуть бути упаковані відразу після сушіння без необхідності просіювання та гранулювання.

Покращено чистоту продукту. Різний діаметр, густина, вміст води можуть бути відрегульовані шляхом регулювання умов процесу сушіння.

Для того, щоб запобігти забрудненню продукту та продовжити термін експлуатації обладнання, ми використовуємо високоякісну нержавіючу сталь при виробництві деталей розпилювальної сушарки, які контактують із продуктом.

При розпилювальному сушінні відбувається випаровування розчинника з висушуваного продукту. В результаті отримують сухий порошкоподібний або гранульований продукт.

З економічної точки зору метод розпилювальної сушки необхідно застосовувати для продуктів, що знаходяться в стані близькому до стану насичення, або при проведенні в сушильній камері комбінованого гіротермічної процесу обробки. Висушуваний продукт за допомогою форсунок або обертових дисків розпорошується (диспергується) в сушильну камеру. Тут він контактує з сушильним агентом в ролі якого може виступати гаряче повітря, газу, що утворюються при згорянні палива або перегріта пара. Методом розпилення досягається значне збільшення поверхні випаровування. При цьому відбувається інтенсивний масо- і теплообмін між висушують продуктом і сушильним агентом. Дисперговані частинки продукту втрачають вологу за досить невеликий проміжок часу. Висихаючи, продукт під дією сили тяжіння опускається на дно сушильної камери. Тут він збирається і безперервно виводиться із зони сушіння. Частина сухих частинок продукту не опуститься на дно камери. Вона осяде на пиловідокремлювачі, через які проходить сушильний агент.

Структура висушених часток продукту може бути різною: монолітні, пустотілі, губчасті. Вона залежить, насамперед, від молекулярної структури висушуваного продукту і заданого режиму сушіння.

На сьогоднішній день використовуються різні методи розпилювальної сушки. Одним з них є холодна розпилювальна сушка. Вона застосовується для сушіння матеріалів, які переходять в рідку фазу в нагрітому стані, а при охолодженні до нормальних температур - в тверду. Ці продукти диспергиують в сушильну камеру в нагрітому стані.

Проходячи через потік холодного сушильного агента, частинки втрачають вологу. Випаровування води відбувається за рахунок теплової енергії самого продукту.



Рис 1.1. Загальний вигляд розпилювальної сушарки.

Корпус сушарки являє собою циліндричний апарат з конічним днищем. Розчин розпорошується відцентровим пристроєм за допомогою диска. Сушильний агент подається у верхню частину установки газопідвідної трубки.

Розпорошені краплі продукту підхоплюються потоком продукту і несуть вниз. Волога випаровується, а порошкоподібний продукт осаджується в конусному днищі та через розвантажувальний пристрій надходить у систему пневмотранспорту. Відпрацьований теплоносій видаляється через газопідвідну трубу циклон для відділення порошку. Спосіб сушіння, при якому розчин продукту перегрівають перед розпиленням, має свої переваги. Даний метод дозволяє підвищити ефективність розпилення, зменшити розміри установки, знизити питомі витрати. У деяких випадках підвищуються технологічні показники готового продукту. При необхідності висушити дорогі термочутливі продукти застосовують ультразвукові розпилювачі і генератори ультразвукового поля в сушильних камерах. Процес розпилювального сушіння може бути здійснений для будь-яких продуктів, які можливо подати до розпилювальних пристроїв за допомогою насоса або під тиском.

Різні властивості висушуваних речовин і вимог до готового продукту визначає велику різноманітність конструкцій розпилювальних сушарок.

Основними перевагами сушарок цього типу, як відзначають Леончик Б.І., Ликов М. В., Муштаєв В. І., Фокін А. П., Білопольський М. С., Møller Jens Thousig, Mujumdar AS, Schuck P.:

короткочасна тривалість процесу сушіння (кілька секунд);

простота регулювання показників якості висушеного продукту шляхом зміни параметрів режиму сушіння (об'ємна вага сухого порошку, розмір частинок, залишкова вологість, температура);

висушений продукт повністю готовий до використання без його подрібнення;

однорідність отриманого порошкоподібного продукту;

великий діапазон можливих температур у зоні сушіння; дозволяє легко отримати сухий продукт, що складається з декількох компонентів, які змішують у рідкому стані перед розпиленням у сушильній камері або виробляють їх одночасне розпилення; збереження в готовому продукті цінних компонентів, у тому числі термолабільні; виключає попадання пилу з частинок продукту, що висушується, у виробничі приміщення. Нечисленними недоліками розпилювальних сушарок є їх великі габарити та металомісткість, а також недостатньо високий к.к.д.

За основними ознаками розпилювальні сушильні установки класифікуються.

За способом розпилення: форсуночні та дискові.

За розташуванням сушильної камери: горизонтальні та вертикальні.

За способом видалення висушеного продукту із сушильної камери: установки зі скребковим механізмом, з пневматичним прибиральником, установки зі стрічковими, шнековими або вібраційними транспортерами, а також із гравітаційним механізмом видалення продукту.

За способом очищення відпрацьованого в сушильній камері теплоносія: установки з циклонним очищенням, установки з фільтр-камерами та установки з пристроями мокрого пиловловлення дрібних частинок продукту.

Велика різноманітність типів та конструкцій розпилювальних сушильних установок та газорозподільних пристроїв викликана пошуками оптимального режиму гідроаеродинаміки потоків у сушильній камері, при якому осадження продукту на стінках мінімальне.

За принципом руху теплоносія і частинок матеріалу, що висушується сушарки можна розділити на 3 типи: прямоточні, протиточні і сушарки змішаного струму. Схеми цих типів сушарок показано на рис. 1.2.

Найбільшого поширення у промисловості набули сушарки, що працюють при паралельному струмі газу та частинок розчину зверху вниз (рис.1.2, а). У цьому випадку газ та розчин подаються зверху сушильної камери.

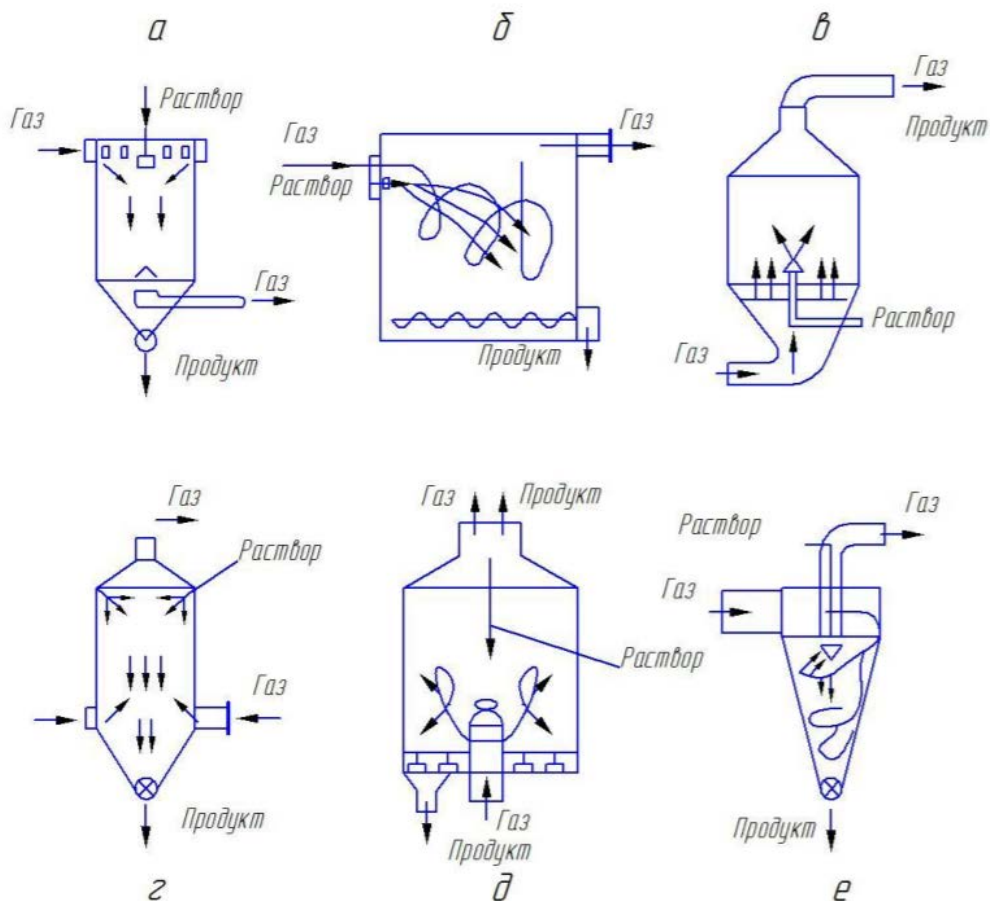


Рис 1.2 Схеми роботи сушильних камер: а б, в - паралельний струм; г - протитечії; д, е - змішаний струм

Перевагами паралельного струму є можливість застосовувати високу температуру газу для сушіння без перегріву розчину, що висушується, менша ймовірність попадання частинок на стінки камери, що особливо важливо при сушінні термочутливих розчинів досягається однорідність готового порошку, що складається з частинок кулястої форми. Температура сухих частинок визначається температурою газів на виході із сушарки. Паралельний струм може здійснюватися за горизонтального факела розпилу (рис 1.2, б). Розпилення розчину та введення сушильного агента проводиться одночасно. Основна частина продукту осідає в сушильній камері.

Тангенціальне введення газового потоку на вході в сушарку веде до поліпшення його змішування з частинками, що розпиляються. Паралельний струм газу та частинок матеріалу також здійснюється при подачі розчину та сушильного агента знизу сушильної камери (рис. 1.2, в). Необхідно, щоб швидкість газів у сушильній камері була більша за швидкість витання найбільших частинок. В цьому випадку всі частинки розпиленого розчину будуть підніматися вгору і нести разом з відпрацьованим газом. На відміну від попередньої схеми (рис. 1.2, а) сушіння тут відбувається більш рівномірно. Великі частки знаходяться в сушильній камері довше, ніж дрібні, і вони встигають висохнути до кінцевої вологості, у той час як дрібні частки, тривалість сушіння яких менше, швидко виводяться із зони високих температур. Така схема сушіння особливо вигідна при однорідному та високодисперсному розпилі.

Однак, у цих умовах дещо ускладнюється проблема видалення сухих частинок із газового потоку.

Протитеч здійснюється, коли розчин подається зверху, а газ – знизу камери (рис. 1.1, г). І тут майже весь продукт видаляється з дна камери. Тривалість перебування часток у зваженому стані більша при протитечі, ніж при паралельному русі газу та розчину зверху вниз.

Однак ефективність сушіння (вологонапруга), як показують експериментальні дані, невелика. Це пояснюється тим, що за протитечі не можна значно підвищити температуру газу через термолабільності розчину, що висушується. Висохлі дрібні частки піднімаються потоком газу вгору, де зустрічаються і злипаються з невисохлими краплями розчину через що продукт виходить недостатньо однорідним.

На рис. 1.2, д представлена схема сушарки, де подача газу та розпилення розчину відбувається знизу сушильної камери. Швидкість газів у сушарці приймається такою, щоб великі частинки осідали на дно камери, а дрібні неслися з сушильним агентом. Температура газів на вході сушарку

може бути трохи вище при сушінні термолабільних розчинів, ніж за протиточному принципі роботи сушарки.

Сушарки, що працюють за принципом змішаного струму газу та частинок (рис. 1.1, е). Сушильний агент та розчин подаються зверху сушильною камери, причому введення газів має бути лише на периферії камери.

Висушений продукт осідає на дні камери, а відпрацьовані гази видаляються також зверху камери. Принцип роботи сушарки здійснюється, коли гази подаються тангенціально у камеру, що має форму усіченого конуса.

Температура та вологість порошку визначаються в основному температурою газу унизу сушильної камери. Дані сушарки економічні, тому що можна отримати високе насичення та низьку температуру відпрацьованих газів. Але дрібні частинки у висхідному потоці зустрічаються з вологими частинками і злипаються, через що погіршуються умови сушіння і продукт виходить неоднорідним. Змішаний струм важко здійснюється при розпиленні розчину за допомогою відцентрових дисків Використовують три способи диспергування вологих матеріалів: пневматичними та механічними форсунками (рис. 1.2, а) та відцентровими дисками (рис. 1.2, б).

У пневматичних форсунках (рис. 1.3) для розпилення використовують пар тиском 0,4-0,6 МПа або стиснене повітря тиском 0,5-0,6 МПа. У таких форсунках може здійснюватися внутрішнє чи зовнішнє змішування. При сушінні частіше застосовують форсунки зі змішуванням поза її корпусом.

Механічний розпил проводиться за тиску до 30 МПа; форсунки прості, але регулювати їхню продуктивність важко. Так як отвори форсунки мають малий діаметр, вони легко засмічуються і непридатні для розпилення суспензій.

Розпилення розчину за допомогою відцентрових дисків (рис. 1.4) полягає в тому, що розчин подають під невеликим надлишковим тиском на диск, що обертається, через спеціальну розподільну трубу з отворами.

Дисперсність розпилу залежить від фізичних властивостей розчину, окружної швидкості, тощо. Переваги розпилення дисками: можливість розпилення грубих суспензій, в'язких розчинів та текучих паст, однорідність розпилу, велика потужність одного розпилювача.

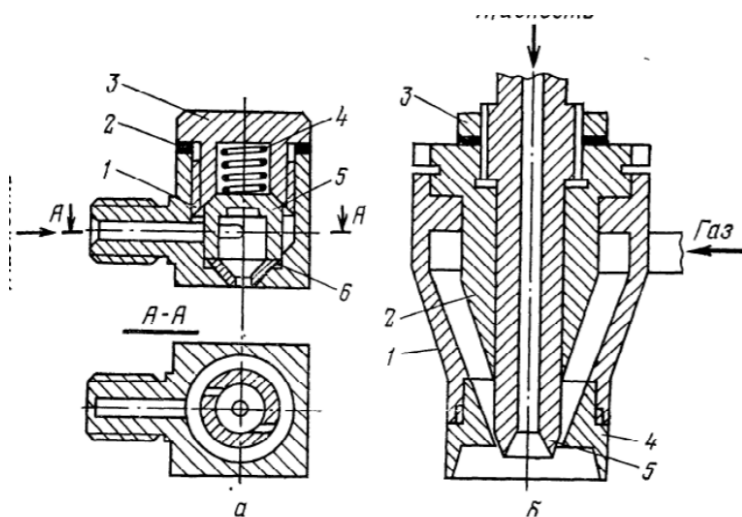


Рис.1.3. Розпилювальні форсунки:

а - гідравлічна відцентрова; 1 - корпус; 2 - прокладка; 3 - пробка; 4 - пружина; 5 - завихрювач; 6 - сопло;

б - пневматична; 1 - корпус; 2 - напрямна; 3-контргайка; 4 - наконечник; 5 - сопло

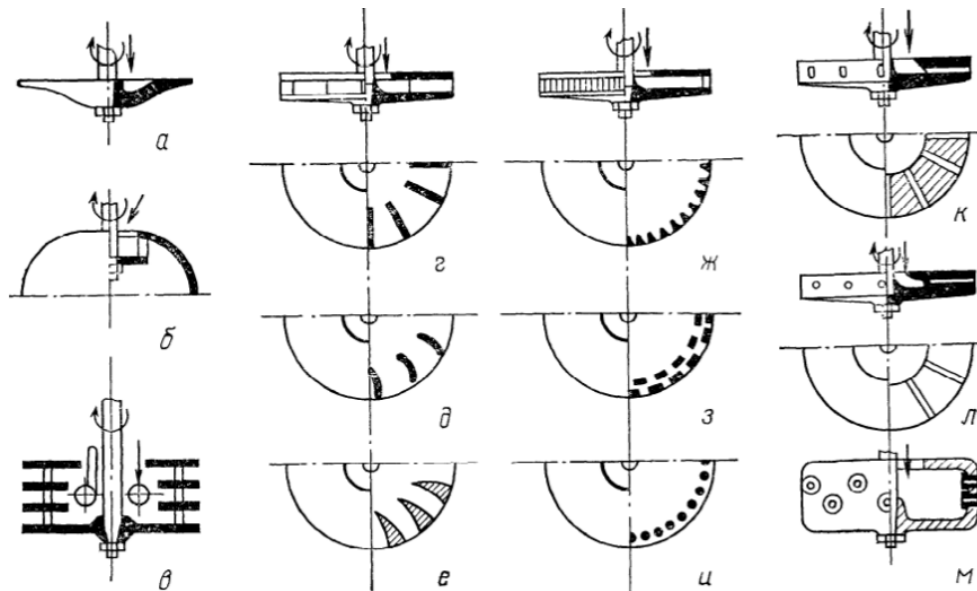


Рис.1.4. Види розпилювальних відцентрових дисків:

а, б - гладкі; г-і - лопатеві; до, м - соплові

Конструкції сушильних камер під час розпилення розчину пневматичними форсунками мають суттєві відмінності від сушарок з дисковим розпиленням матеріалу (Кравченко Е.Ф., Кук Г.А., Лебедев П.Д., Петровський К.С., Плановський А.А., Філатов Ю.І.). Схеми найбільш поширених форсуночних сушильних камер наведено на рис.1.5.

Сушарка з центральним тангенціальним введенням сушильного агента (швидкість 6...12 м/с) та відведенням його з висušеним матеріалом знизу апарата (рис. 1.5 а). Сушарка з центральною подачею газів через решітку і відведенням через трубу представлена малюнку 1.5, б. При сушінні високовологих матеріалів газами з низькою температурою їх можна подавати через ґрати рівномірно по всьому перерізу (рис. 1.5, в) або по периферії через вікна (рис. 1.5, г).

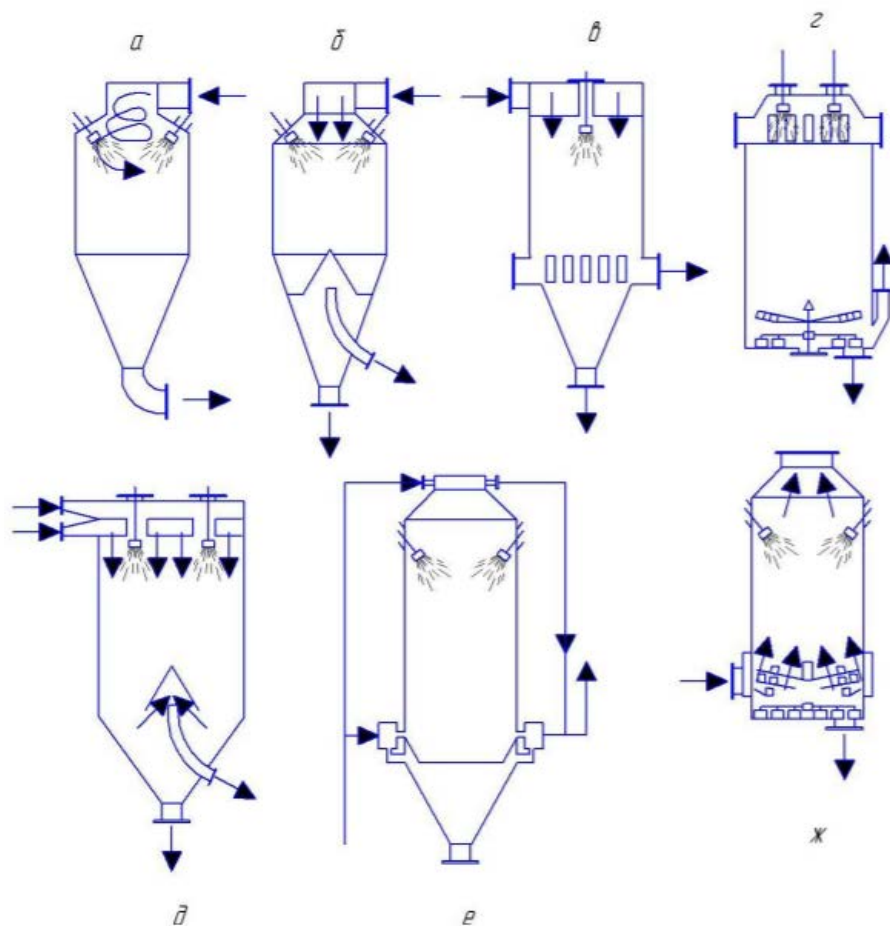


Рис. 1.5 Схеми форсуночних сушильних камер: а – з центральним закрученим потоком теплоносія; б – з центральним підведенням теплоносія та роздільним відведенням газу та продукту; в - з рівномірним розподілом газів по перерізу; г - з радіальним підведенням теплоносія та центральним його відведенням; д - з локальним підведенням газів до форсунки; е – з паралельним та протиточним рухом газів та матеріалу; ж – з центральним та периферійним підведенням теплоносія та відведенням газів по центру (протиточна)

Сушарка з роздільною подачею газів представлена на рис. 1.5, буд.

Основну частину газів подають у форсунки, причому у деяких випадках потік закручується. Решту газів вводять рівномірно по всьому перерізу камери через решітку, щоб не відбувалося налипання продукту на верхньому перекритті камери. При такому способі підведення теплоносія

підвищується продуктивність сушарки. Сушарка представлена на рис. 1.5, е може працювати як при прямоточному, так і при протиточному русі сушильного агента. На малюнку 1.5 ж показана протиточна

сушарка. Подача газів здійснюється через вікна над верхньою тарілкою та під тарілкою. Форсунки розташовані на 1,5 м нижче за верхнє перекриття. При дисковому розпилі швидкість газів менша, їх важче рівномірно розподілити по перерізу камери, діаметр якої значно більший, ніж

при форсуночному. Раціонально подавати гази до кореня факела розпилу, щоб максимально використовувати для сушіння горизонтальну ділянку польоту крапель з великою швидкістю та забезпечити циркуляцію газів поблизу диска. Таким

Таким чином, подаються гази з високою температурою без перегріву продукту. Схеми сушарок з дисковим розпиленням представлені малюнку 1.6.

Способи введення газів: апарати з рівномірним поданням газів над факелом по всьому перерізу камери (рис. 1.6, а і б) і з подачею газів до центру факела

розпилу (рис. 1.6, - з). Виведення сушильного агента та продукту виробляється окремо (крім схеми а). При низькотемпературному сушінні високовологих розчинів рекомендується використовувати камери типів а, б.

Швидкість газів для повного перетину камери повинна бути не менше 0,2 м/с. На малюнку 1.6, е наведена схема сушарки з верхньою подачею газів у центр факела розпилу. Потік газів на виході з нього закручується так, щоб не було підняття факела і теплоносій рухався разом із частинками розчину у горизонтальному напрямку.

На рис. 1.6, ж гази підводяться до центру факела розпилу та сухий продукт вивантажується механічними скребками. Наявність двох днищ дозволяє зменшити віднесення пилу та відводити гази з центру камери.

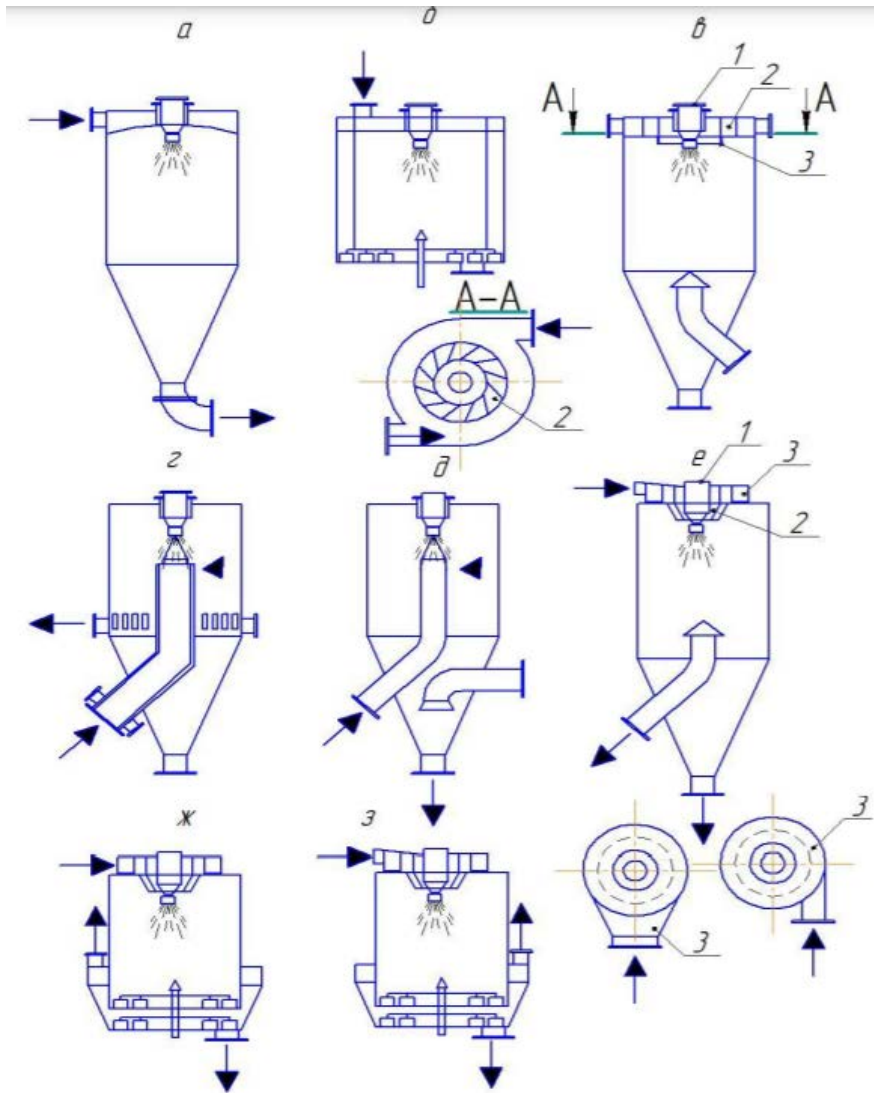


Рис. 1.6 Схеми сушарок з дисковим розпорощенням (а – з): 1 – привід; 2-газорозподільний пристрій; 3- газовий короб

Установки для сушіння рідких молочних продуктів бувають різних типів: поверхневі, розпилювальні. Кожен тип має свої плюси та мінус. Найбільшого розповсюдження набули розпилювальні сушильні установки. Для порівняння розглянемо різні типи сушильних установок і виберемо найкращий варіант який візьмемо в основу для модернізації установки А1-ОРЧ

Сушильно-подрібнювальний агрегат СДА—250 (рис.1.7) Сушильно-дробильний агрегат СДА-250 призначений для сухого меленого знежиреного молока.

Основні частини сушарки - два порожні чавунні вальці діаметром 0,8 і довжиною 1 м. З торців вальці мають знімні днища. До одного з них прикріплена порожниста цапфа, через яку по паропроводу підводиться пара для нагрівання вальців і трубою відводиться конденсат. Тиск пари 350...500 кПа дозволяє нагрівати вальці до 10...130°С. Осі одного з вальців мають рухомі підшипники, що дозволяє регулювати проміжок між ними від 0 до 6 мм. У робочому положенні становить 0,6...1 мм. Вальці обертаються назустріч один одному із частотою 24 хв-1 від електродвигуна через редуктор та відкриту зубчасту передачу.

Уздовж кожного вальця встановлений колектор, за допомогою якого попередньо нагріте до 55...60 ° С молоко подається тонким шаром на робочі органи. По всій довжині вальців нижче за колектор розташований ножовий механізм, що складається з ножа і притискного пристрою. Зрізана ножом тонка плівка молока по похилих щитах надходить у поздовжні шнеки, звідки поперечним шнеком транспортується в нижню частину дробарки і ковшами ланцюгового елеватора подається для розмелювання та просіювання.

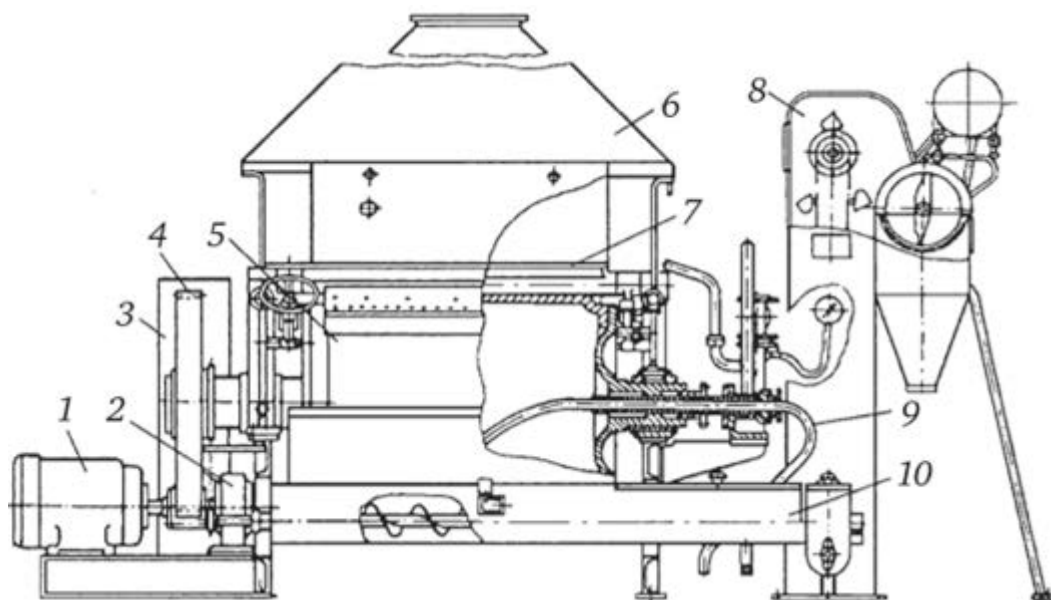


Рис. 1.7. Сушильно-подрібнювальний агрегат СДА—250:

1 - електродвигун; 2 - редуктор; 3 - огорожа; 4 - відкрита зубчаста передача; 5 - сушарка; 6 - витяг на парасолька; 7 - колектор; 8 - дробарка; 9 - труба для відведення конденсату; 10 - шнек

Розмелюючий пристрій дробарки складається з біла, що обертається, і просіювача. мелений продукт у вигляді порошку висипається з бункера дробарки в бочки або мішки. Водяні пари, що утворюються при сушінні продукту, відсмоктуються через систему витяжки, що складається з парасольки, повітровою та вентилятора.

Продуктивність сушарки по випареній волозі 230...250 кг/год, середня витрата пари на 1 кг випареної вологи 0,5 кг. Потужність приводу сушарки, дробарки та вентилятора відповідно 7,5; 0,8 та 2,2 кВт.

Розпилювальні сушарки (рис. 1.4), що входять до складу сушильних установок ОСВ-1, А1-ОРЗ, А1-ОР2Ч, А1-ОР2-Ч-01, призначені для одержання сухого порошку із попередньо згущеного цільного або знежиреного молока, а також сироваткового білкового концентрату (А1-АРС).

Розпилюючим робочим органом у першій їх служить форсунка, тоді як у всіх інших — відцентрові дискові розпилювачі.

Незважаючи на різну продуктивність, а також деякі конструктивні особливості, перераховані сушарки працюють за одним принципом. Вони складаються із сушильної вежі, систем фільтрації та підігріву повітря, подачі та розпилення продукту, пристрої для відведення готового продукту, системи очищення відпрацьованого повітря, щита контролю та управління технологічним процесом.

Сушильна вежа виконана у вигляді двостінної циліндричної судини. Між металевими стінками прокладено шар теплоізоляції з азбестової вати. Вежа з дверима, що герметично закриваються, змонтована на кільцевому фундаменті. Дно вкрите плиткою, поверх якої переміщуються щітки. На рівні робочого органу, що розпорошує, у двері є оглядове вікно. Для обслуговування вежі передбачені майданчик та сходи з перилами.

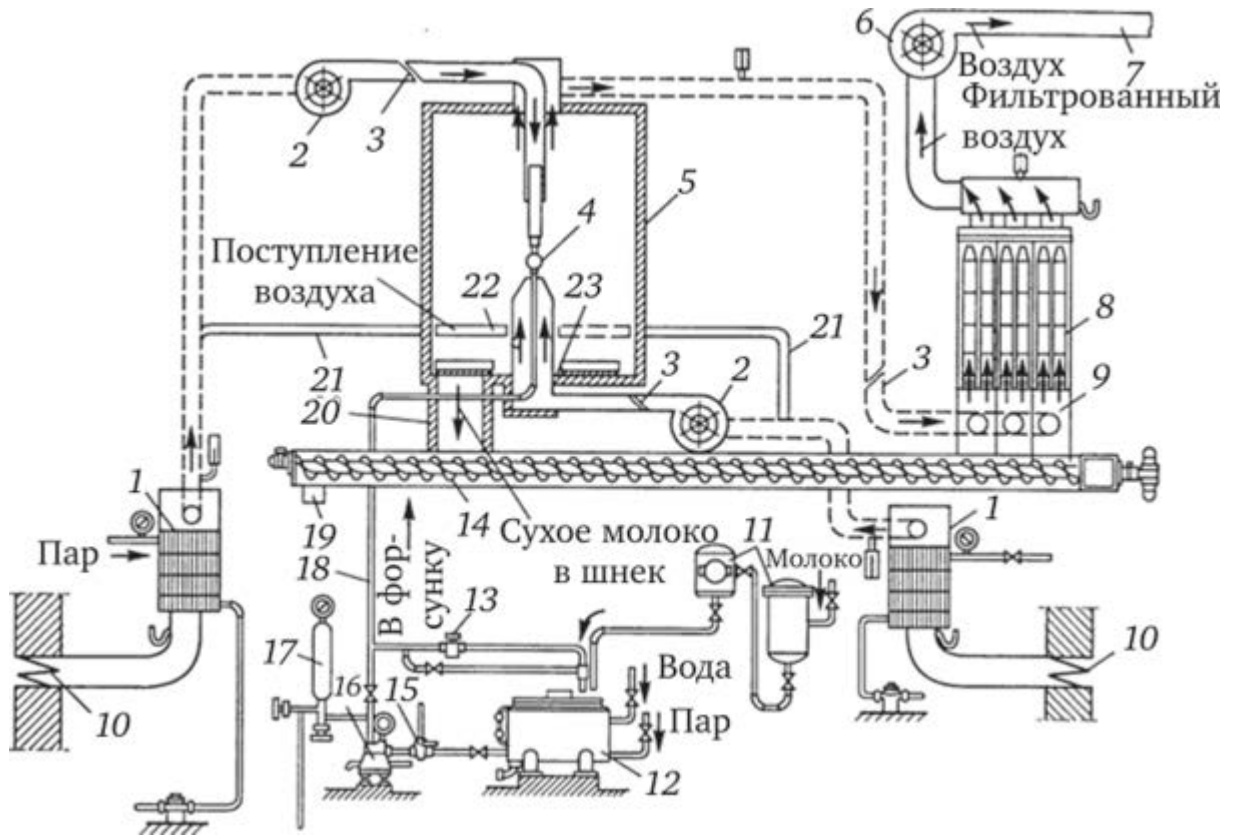


Рис. 1.8. Розпилювальна сушарка:

1 - калорифери; 2 - вентилятори; 3 - заслінки; 4 - пристрій, що розпилює; 5 - сушильна вежа; 6 - головний вентилятор; 7 - повітропровід; 8 - фільтрувальні рукави; 9 - фільтр-камера; 10 - фільтр; 11 - пристрій подачі сировини; 12 - ванна; 13 - запобіжний клапан; 14 - шнековий транспортер; 15 - кран; 16 - електронасосний агрегат; 17 - балон; 18 - нагнітальний трубопровід; 19 - розвантажувальний патрубков; 20 - шахта; 21 - повітропроводи; 22 - прибиральні щітки; 23 - дно вежі

Система фільтрації та підігріву теплоносія включає фільтри, калорифери і вентилятори. Повітря, попередньо очищене у фільтрах, нагрівається до 135...140°C у парових або електричних калориферах і вентиляторами подається зверху та знизу вежі в зону розпилення продукту. Крім того, гаряче повітря по повітропроводах подається в канали, розташовані тангенціально в бічній стінці вежі.

Система подачі та розпилення продукту складається з пристрою подачі сировини, ванни, електронасосного агрегату та пристрою, що розпилює. Якщо як розпилювальний пристрій використовується форсунка, то для створення в системі необхідного тиску (12...20 МПа) застосовують гомогенізатор (плунжерний насос).

У установках, де розпилюючий пристрій виконано у вигляді відцентрового диска, продукт подається до нього одногвинтовим насосним агрегатом П8-ОНТ.

До недоліків відцентрових дискових розпилювачів належить їхня складність. Наприклад, розпилювач сушильної установки А1-АРС складається з електродвигуна, зубчастого редуктора, шпинделя з розпилюючим диском, захисного кожуха, систем мастила, охолодження, вакууму, підпору та лінії підведення продукту, що подається на сушіння. Перевага таких розпилювачів - простота регулювання дисперсності розпилення продукту, яка зазвичай здійснюється заміною шестерень у приводі шпинделя. У згаданій установці шпиндель з диском може обертатися частотою 201, 227, 259 і 300 с/1. У сушильній установці А1-ОР2-Ч частота обертання диска не регулюється та становить 200 с-1. Окружна швидкість диска цієї установки 170 м/с. Максимальна окружна швидкість диска сушильної установки А1-АРС при діаметрі 120 мм досягає 113 м/с.

Пристрій для відведення готового продукту включає прибиральні щітки, шахту і шнековий конвеєр. У деяких сушильних установках щітки замінені скребковим механізмом (А1-ОР2-Ч), а для повнішого очищення осілого на стінках і днищі башти порошку обертаються пневматична мітла і короб (А1-АРС).

Система очищення відпрацьованого повітря складається з фільтра, головного вентилятора та повітроводів.

Фільтр камерного типу, виконаний у вигляді шахти прямокутного перерізу, складається з трьох секцій, у яких розміщені фільтрувальні рукави,

виготовлені з мішковини. Повітря з вежі надходить у фільтрувальні рукави знизу, проходить через тканину та за допомогою витяжного вентилятора виводиться в атмосферу.

Частинки сухого порошку, що залишилися на тканині фільтрів, скидаються на шнековий конвеєр спеціальним механізмом, що струшує. У деяких сушарках повітря очищається від частинок сухого продукту в одному або кількох циклонах. При цьому повітря, що відпрацювало, в цих установках забирається з нижньої частини сушильної вежі.

Видалений із сушильної вежі та циклонів сухий продукт транспортується через шлюзовий затвор у пневмотранспортну лінію, де охолоджується холодним повітрям. Для отримання холодного повітря застосовують фільтр, вентилятор і калорифер з холодною водою або розсолем, що циркулюють в його системі. Пройшовши через пневмотранспортну лінію, суміш холодного повітря та сухого продукту подається в циклон-розвантажувач, що закінчується шлюзовим затвором. Охолоджений до 22...25°C готовий продукт дозується та завантажується у спеціальну тару.

Розпилювальні сушильні установки

Одним із способів підвищення якості продукту і економії енергоресурсів в процесі сушіння є двостадійне і трестадійне сушіння: перша стадія у розпилювальній сушарці, друга і третя стадії — сушіння в псевдозріженому (псевдо киплячому) шарі на поверхні, котра безпосередньо розміщена в сушильній камері або винесена за її мела. Важливим додатковим процесом при висушуванні розпилюванням є агломерація (повторне змочування і об'єднання дрібних частинок в агрегаті) молочних продуктів, що дозволяє покращити такі показники, як розчинність, сипучість, текучість.

Сушильний пристрій RSM - 500(Чехія) (рис.1.9.) складається із вертикальної циліндричної башти 1 з конічним дном, калорифера 12 для

підігріву повітря, системи циклонів 7 для очищення повітря, бункера 6 для збору сухого молока, дискового розпилювача 2, системи пневмотранспорту 8. Башта має внутрішній діаметр 5,5 м, висоту 3 м при загальній висоті 7,55 м. Внутрішня поверхня башти виготовлена з нержавіючої сталі. Із зовнішньої поверхні башта покрита ізоляцією і облицьована листовим алюмінієм. На зовнішній поверхні башти знаходяться молотки. При періодичному ударі молотка по поверхні корпусу проходить струшування молока з поверхні.

Це запобігає налипанню, а з часом утворенню пригару, а також можливого самозагоряння.

В центрі башти розміщений розпилювач. Частота обертання розпилювача 200-250 с⁻¹.

Повітря в сушарку подається нагнітальним вентилятором 11 через паровий калорифер 12. На виході із калорифера температура повітря становить 180-200 °С і повітря подається в зону розподілу, з напрямом закрутки протилежним напрямку обертання диску, а відповідно руху частинок. Частинки втрачають свою швидкість і рухаються по спіралі вниз башти. Витяжний вентилятор відсмоктує повітря з сушарки. Продуктивність витяжного вентилятора дещо більша ніж нагнітального, внаслідок цього в башті створюється невелике розрідження (біля 5 мм. рт. ст.), це також спричиняє уповільнення руху частинок і збільшує їх час перебування в башті. Молочний порошок надходить в систему пневмотранспорту. В цей же пневмопровід надходить сухе молоко із батареї циклонів, і транспортується повітрям, що подається вентилятором 10 безпосередньо із цеху. В процесі транспортування молоко охолоджується, а повітря із пневмосистеми надходить на циклони.

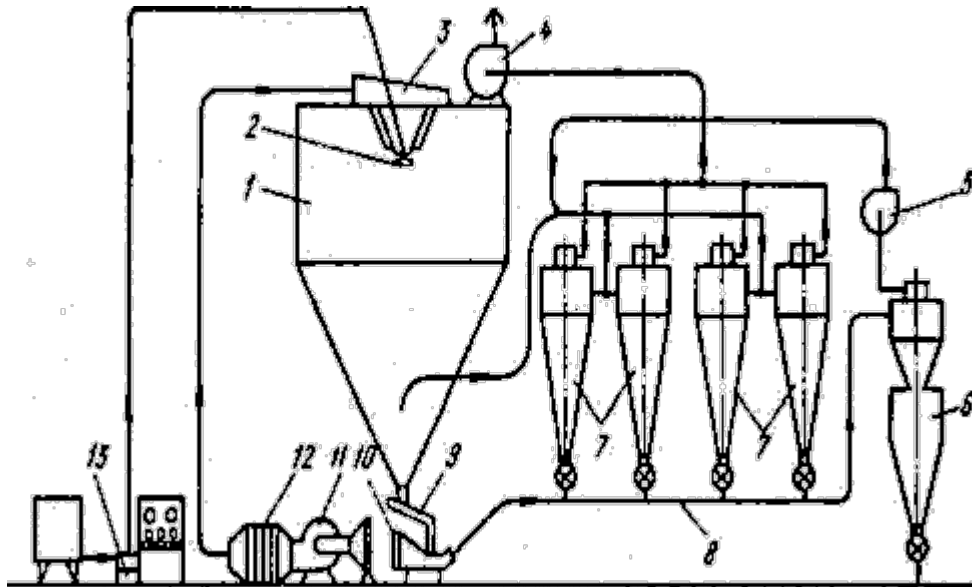


Рис.1.9. Сушильний пристрій RSM - 500

1- вертикальна циліндрична башта з конічним дном 2- дисковий розпилювач; 5 — сито вібраційне СВІ-0,9; 6-розподільувач; 7, 10 — конвеєр вібраційний КВІТ-0,3; 8(1-3) — бункери з активатором; 9 — бункер; 10 — вібраційний конвеєр; 14 — живильник — затвор вібраційний ПЭВ-0,3; 17 — резервуари Я1-ОСВ-6,3, Я1-ОСВ — 2,5; 18 — насос молочний відцентровий; 19 — електронасосний агрегат (гомогенізатор); 8, 11, 15 — калорифери — вентилятори — фільтри повітря.

Розпилювальна вібраційна установка ОСВ—1 (рис. 1.10) Служить для сушіння незбираного молока і перегону. Сушіння відбувається протягом двох стадій. Перша стадія сушіння, що характеризується великою швидкістю процесу, відбувається в сушильній башті, друга, під час якої швидкість процесу значно знижується, — у вібраційній конвективній сушарці. Така організація процесу сушки запобігає грудкуванню молока при підвищеній вологості з одночасним її досушуванням.

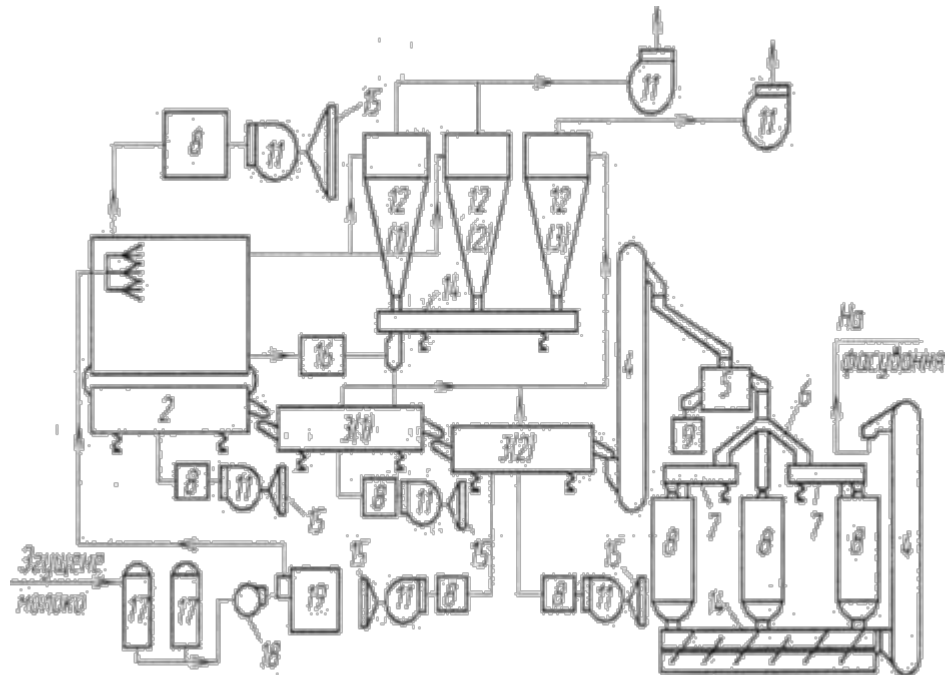


Рис.1.10. Розпилювальна вібраційна установка ОСВ—1

Згущене молоко подають на форсунки, диспергують і висушують в камері 1 в потоці гарячого повітря. Одержаний молочний порошок вивантажується гранулятором 2 і надходить для кінцевої досушки і охолодження в вібраційні конвективній сушарки 3, потому елеватором подається для класифікації на вібраційне сито 5. Кондиційний порошок за допомогою конвеєрів через розподільувач 6 потрапляє в бункери для тимчасового зберігання, а далі направляється на фасування.

Продуктивність установки 900-1000 кг/год. Температура повітря, що надходить в камеру, — 160-180 °С, на виході із камери — 95 °С. Розрідження в камері — 20-25 Па.

«Ніро-Атомайзер»:

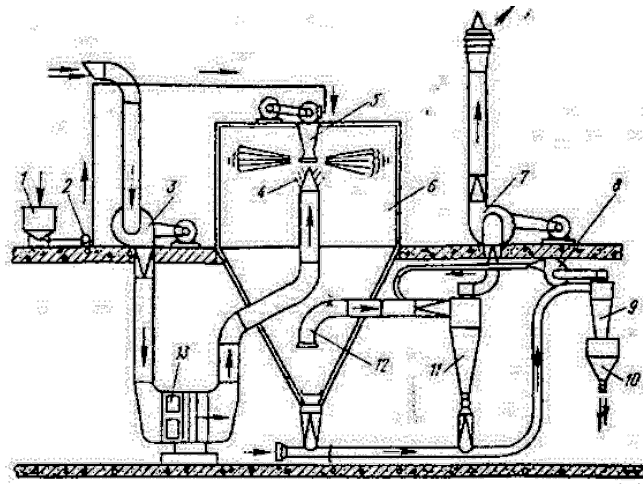


Рис.1.11. Установа «Ніро-Атомайзер»

1- насос; 2 — фільтр; 3 — калорифер; 4 — повітророзподільвач; 5 — дисковий розпилювач; 6 — сушильна башта; 7 — патрубок; 8 — вібрлоток; 9 — інстантайзер; 10 — калорифери гарячого повітря; 11 — повітроохолоджувач; 12 — головний циклон; 13 — допоміжний циклон; 14 — розвантажувальний циклон; 15 — аерозольтранспортна лінія.

В сушильному пристрої комбінованого типу фірми «Ніро-Атомайзер» (Данія) (рис.1.11.) згущене молоко насосом подається в дисковий розпилювач 5, проточію з ним подається нагріте повітря. Молочний порошок на виході із башти з вологістю 6...8 % надходить в інстантайзер 9, що являє собою розділену на три секції вібраційну конвективну сушарку. В перших двох секціях молоко досушується і агломерується, в третій охолоджується потоком повітря. Температура повітря на виході з сушарки на 10...15 °С нижча, ніж, в звичайних сушарках.

Тристадійна сушильна установка А1-ОРЧ (рис.1.12) Установка сушильна розпилювальна А1-ОР2Ч (ще звана, як: сушка, сушарка, сушка молока, сушарка молока, сушка розпилювальна, сушарка розпилювальна, сушка розпилювальна молока, сушарка розпилювальна молока) призначена для сушки концентрованого незбираного і знежиреного молока, вершків натуральних і з вмістом рослинного жиру, замінників незбираного молока, молочних і молоковмісних сумішей, - з вмістом жиру до 50%, а також

концентрованої підсирної, сирної і казеїнової сироваток, для сушіння меланжу, крові, дріжджів.

Установка може застосовуватися на підприємствах молочно-консервної, маслоробної, сироробної та інших галузей агропромислового комплексу, виготовляється у відповідності з принципами ХАССП.

Установка А1-ОР2Ч є прямоочною розпилювальною сушаркою з відцентровим дисковим розпиленням, верхнім підведенням теплоносія, вертикальною циліндричною камерою і дном киплячого шару продукту, з наступним його охолодженням у віброохолоджувачі. Нагрівання повітря проводиться теплогенератором (парокалорифером). Відділення сухого продукту - в циклонах та/або системі очищення рукавними фільтрами.

Залежно від виду та кількості переробляемого продукту, сушильна установка може виготовлятися одно, двох або трьохстадійною, різної продуктивності, комплектуватися одним або батареєю циклонів, Системою рукавної фільтрації, Системою безрозбірної автоматизованої мийки (сушильної камери, повітроводів, циклонів, пневмотранспорту та інших вузлів установки), Теплогенераторною установкою або Парокалорифером, мати різний рівень автоматизації.

Установка сушильна розпилювальна А1-ОР2Ч являє собою комплекс систем, призначених для отримання розфасованих і упакованих сухих молочних продуктів.

Установка складається з шести, незв'язаних жорстко складових частин: установки теплогенераторної і його щита управління, власне камери сушильної, віброохолоджувача, установки циклонів і відсмоктуемого вентилятора, площадок обслуговування, щита контролю та управління.

Обладнання встановлене на підлозі цеху і на металоконструкціях (майданчиках обслуговування). На підлозі цеху встановлені камера сушильна, система подачі продукту, віброохолоджувач, камера змішувальна

обдування дна киплячого шару, обладнання для фасування і упаковки сухого продукту.

На майданчиках встановлено циклони, камера змішувальна обдування стін камери сушильної, відсмоктуємий вентилятор, трап висувний, система обдуву віброохолоджувача і фільтр з газодувкою. Майданчики з'єднані перехідними сходами між собою і дахом камери сушильної. Установка теплогенераторна ТГ-0,95-200 монтується в окремому приміщенні.

Щит контролю та управління шафової конструкції і щит автоматики встановлюються в окремому приміщенні, щит імпульсної установки - на майданчику біля камери сушильної, щит теплогенератора - у приміщенні теплогенераторної.



Рис.1.12. Сушильна установка А1-ОРЧ

Переваги розпилювального сушіння

Сушильні установки розпилювального типу набули широкого поширення за рахунок своєї універсальності та можливості осушення практично будь-яких рідких речовин. Основні переваги:

Процес сушіння займає мінімум часу – лише п'ятнадцять-тридцять секунд. При розпиленні продукту його площа зіткнення з гарячим повітрям значно збільшується, тому при контакті може бути миттєво випаровано до 98% вологи. Такий спосіб зневоднення ідеально підходить для термочутливих матеріалів. виключає перегрів (вигорання) основного продукту.

У процесі сушіння продукт не окислюється, зберігає колір, запах, смак.

Отриманий продукт повністю готовий до використання, не вимагає додаткового подрібнення, має однорідну структуру та високий показник розчинності. Найчастіше продукт відразу готовий до упаковки.

Можливість регулювання температури у широкому діапазоні.

Діаметр і щільність гранул кінцевого продукту, рівень їхньої вологості можна регулювати за допомогою налаштування умов процесу сушіння.

Підходять для подрібнення липких речовин, які неможливо розмолоти у вихідному стані.

Можливість одержання сухого продукту, що складається із різних компонентів.

Обладнання здатне працювати у безперервному циклі.

Простота та зручність в експлуатації, управлінні та обслуговуванні.

2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Передумови підготовки методик для проведення експериментальних досліджень

Сушіння продуктів та напівпродуктів харчового призначення – складний технологічний процес, який передбачає зневоднення специфічного класу продуктів, які відрізняються за фізико-хімічними, структурно-механічними, теплофізичними, біологічними [7, 8].

В якості сушарок в промисловості використовують стрічкові, розпилювальні сушарки, сушарки вібропсевдозрідженого шару матеріалу та вихрові.

Вибір способу сушіння та типу сушарки повинен будуватися на наступних основних умовах: на оцінці можливості застосування типових сушарок, проведенні порівняльних досліджень на модельних установках для визначення технологічних параметрів режимів сушіння, умов подачі та вивантаження продуктів, способів інтенсифікації.

При виборі способу сушіння та типу сушарки спочатку оцінюють продукт як об'єкт сушіння: визначають основні структурно-механічні, теплофізичні, фізико-хімічні характеристики об'єкту сушіння, а також кінетику сушіння в стаціонарних умовах. На основі аналізу отриманих результатів вибирається прийнятий спосіб сушіння.

За класифікацією П.А.Ребіндера характерні три групи форм зв'язку вологи з матеріалом: хімічна, фізико-хімічна та механічна.

Кількісно зв'язок вологи з матеріалом характеризується енергією, яка необхідна для руйнування цього зв'язку. Міцність зв'язку вологи з матеріалом суттєво впливає на кінетику процесів сушіння.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнечко ЛВ.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Розпач О.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Методика проведення досліджень		201993.KP.02.002 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.			<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/9

Для багатьох продуктів біологічного походження важливо визначити чітку границю між кінцем видалення вільної та початком видалення зв'язаної вологи.

В продуктах біологічного надходження значна частина вологи утримується фізико-хімічними, головним чином адсорбційними зв'язками. Адсорбційно зв'язана волога в клітинах утримується як на внутрішній, так і на зовнішній поверхні. При видаленні цієї вологи клітина гине.

З економічної точки зору, процес сушіння доцільно проводити при більш високій температурі теплоносія, що приводить до зниження його питомих витрат на одиницю випареної вологи, збільшення продуктивності сушарки, зменшення її габаритів та енерговитрат. Поряд з цим, потрібно враховувати термостійкість продуктів сушіння, що характеризується максимально допустимою температурою їх нагрівання. Питання про допустиму температуру нагрівання необхідно розглядати разом зі способом сушіння, так як якість готового продукту залежить також від швидкості його нагрівання і зневоднення, часу перебування в зоні максимальної температури.

2.2 Методика дослідження розпилювального сушіння знежиреного молока

Оцінка ефективності процесу сушіння здійснювалась за результатами аналізу впливу різних чинників на:

- вільний відносний вихід порошку: $G = G(W_n - W_k)/(100 - W_k)$;
- властивості отриманого порошку, у т.ч. схильність до адгезаційних відкладень;
- експлуатаційні параметри сушарки і стан поверхонь камери після сушіння.

В дослідженнях передбачається реєстрація і регулювання теплотехнологічних параметрів процесу сушіння та продукту:

- витрати теплоносія;
- температура теплоносія на вході і виході з камери, стінки камери, циклону, вихідного і кінцевого продукту;
- кількість вихідного рідкого продукту та висушеного порошку;
- концентрація сухих речовин у вихідному продукті і вологість отриманого порошку;
- тривалість досліду;
- стан внутрішніх поверхонь камери після досліду: наявність та характер адгезаційних відкладень.

Оцінка ефективності сушіння здійснюється за такими чинниками:

- а) за матеріальним балансом по продукту,
- б) за наявністю адгезаційних відкладень в усіх вузлах установки;
- в) за вологістю, структурно-механічними та дисперсійними характеристиками порошку, за морфологією часток у сипкому стані та з адгезійних відкладень з фотозйомкою характерних видів часток, за здатністю порошку до тривалого зберігання у сипкому стані.

Дослідження передбачають оптимізацію режимних параметрів сушіння з урахуванням властивостей матеріалів, вплив термостатування стінок камері на властивості порошку і ефективність розпилювального сушіння; візуалізації процесу і динаміки адгезаційних відкладень при сушінні.

Визначення технологічних показників знежиреного молока проводили за допомогою стандартних методик.

В ході лабораторних досліджень використовували наступні прилади:

- вміст сухих речовин за допомогою рефрактометра РПЛ-3;
- вологість визначали на приладі Чижової.

Конструкція пристрою для розпилювального сушіння в нестационарних аеродинамічних потоках представлена на рис.2.1.

В'язкість визначали згідно зі стандартними методиками, далі зразки висушували при однакових умовах і через рівні проміжки часу визначали вологість, в'язкість, температуру зразків. Проводили визначення впливу параметрів процесу сушіння розпиленням в коливально-аеродинамічному потоці на його швидкість і на якість одержуваного продукту.

Дослідження процесу розпилювального сушіння знежиреного молока різної концентрації сухих речовин та вихідної температури проводились на лабораторній дисковій розпилювальній сушильній установці [8, 9] (рис.2.1).

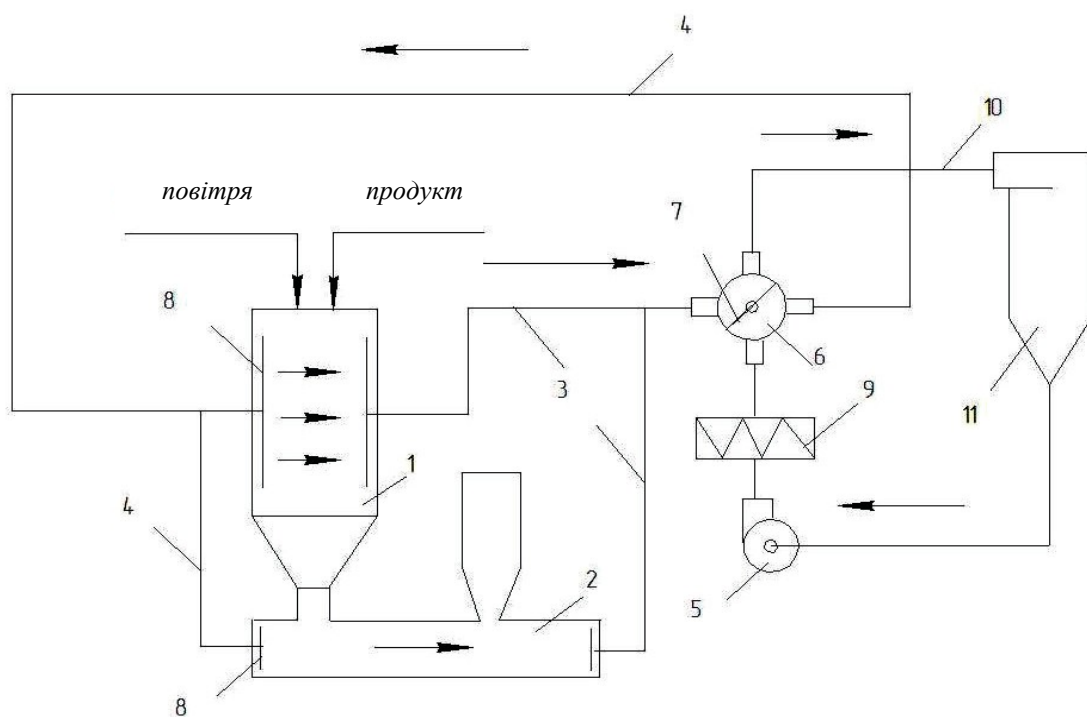


Рис.2.1. Розпилювальна сушарка з пульсатором:

1 - сушильна башня, 2 - вібросушарка, 3-4, 10 - повітряпроводи, 5 - повітрягенератор, 6 - пульсатор, 7 - дросель-клапан, 8 - повітрярозподільчі панелі, 9 - калорифер, 11 - фільтр

Установка має систему автоматичного регулювання вологості сухого порошку залежно від температури повітря, що виходить із сушильної камери. Ця температура стабілізується автоматичною зміною подачі продукту на

розпилювальний диск 3 за допомогою насоса-дозатора 1 змінної продуктивності.

Технічна характеристика розпилювальної сушарки

Продуктивність за випареною вологою, кг/год	до 10
Діаметр сушильної камери, мм	1200
Робочий об'єм сушильної камери, м ³	0,9
Температура теплоносія, °С:	
на вході в сушильну камеру	120...250
на виході з сушильної камери	80...100
Витрати теплоносія, кг/год	до 250
Встановлена потужність електрообладнання, кВт	20
Відцентровий розпилювач:	
потужність приводу, кВт	1,0...1,5
частота струму генератора, Гц	600
діаметр диска, мм	78
Габаритні розміри, мм	1940×1655×2700
Маса, кг	824

Для інтенсифікації процесу сушіння запропонована схема сушильної установки включала сушарку, повітропроводи і пульсатор (рис.2.2).

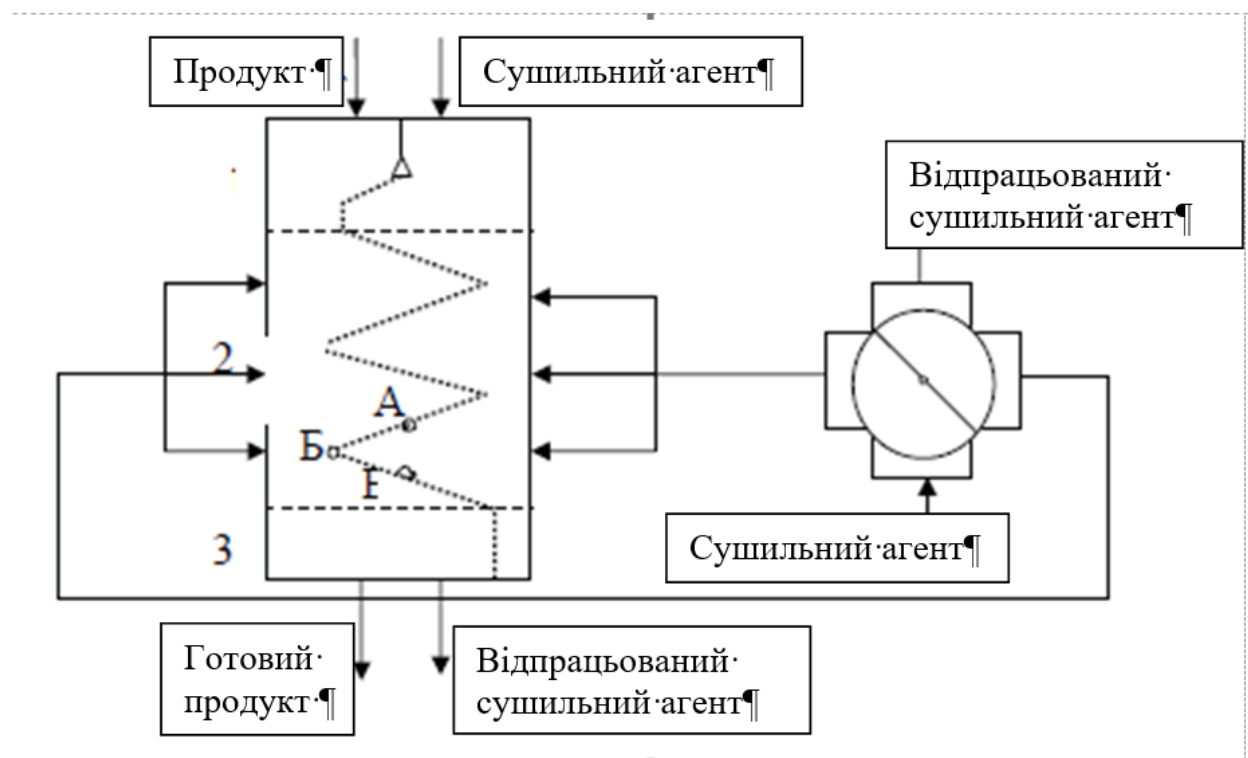


Рис.2.2. Схема руху частки в сушильній башті під дією пульсатора

У сушильній башті апарату частинка рухається під дією зворотно-поступального турбулентного потоку повітряної суміші, який створюється спеціальним пульсатором. Створений пульсатором потік впливає на характер руху одиничної частки, роблячи його коливальним. Траєкторія руху частинки в сушильній камері включає три ділянки. На першій ділянці частинка продукту потрапляє в сушильну камеру, а на третій ділянці відбувається видалення частки з сушильної камери. тривалість проходження частинкою цих ділянок дуже мала і не робить істотного впливу на процес вологовіддачі (тут і вплив пульсатора мінімально внаслідок великої різниці швидкості вильоту частинки з розпилювального пристрою і швидкості зворотно-поступального турбулентного (поперечного) потоку сушильного агента). На другій ділянці траєкторії частинка попадає в поле дії пульсатора і рухається зі швидкістю, яка визначається як початковою швидкістю і її напрямком, так і швидкостями осьового і поперечного потоків сушильного агента і напрямком поперечного потоку повітря.

Частинка продукта (рухається вниз) под действием поперечного потока сушильного агента, подаваемого в сушильную камеру через систему повітряходів та газорозподільчих решіток від пульсатора, періодично змінює швидкість та траєкторію руху (характерні точки А, В и С).

У точці А значення швидкості частинки визначається сумою векторів максимальної швидкості осьового (основного) потоку та швидкості поперечного потоку (діє праворуч) сушильного агента і набуває максимального значення. При зміні напрямку поперечного потоку повітря на протилежний, що здійснюється перемиканням дросель-клапана (далі клапана) пульсатора, частинка втрачає швидкість аж до точки Внаслідок гальмування частинки зустрічним потоком сушильного агента (діє зліва), причому вектор і значення швидкості частинки в точці В збігатимуться з

вектором і значенням швидкості основного потоку. Далі під впливом поперечного потоку частка розганяється до свого максимального значення в точці С, де відбувається чергова зміна напрямку поперечного потоку сушильного агенту. Вектор швидкості частинки в цій точці дорівнює абсолютному значенню вектора швидкості в точці А.

Для надання рекомендацій щодо удосконалення конструкції сушильної установки з метою уникнення налипання продукту на стінках сушильної башти проведено моделювання потоків всередині башти за допомогою методів обчислювальної гідродинаміки (Computational Fluid Dynamics, CFD).

В дипломному проекті для CFD-моделювання обрано модуль інженерного аналізу Autodesk Simulation Multiphysics. В ньому рух і теплообмін середовища моделюється з використанням рівнянь Нав'є-Стокса, що описують в нестационарній постановці закони збереження маси, імпульсу і енергії цього середовища. Для замикання цієї системи рівнянь використовуються рівняння переносу кінетичної енергії турбулентності і її дисипації в рамках К-Е (k-ε) моделі.

В двопараметричній К-Е моделі K – кінетична енергія турбулентних пульсацій, а E – швидкість дисипації кінетичної енергії в цих пульсаціях. Модель описується наступними виразами:

$$v_{turb} = c_{\mu} \frac{K^2}{E}; \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial K}{\partial t} + \sum_{j=1}^3 U_j \frac{\partial K}{\partial x_j} = \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{v_{eff}}{\sigma_K} \cdot \frac{\partial K}{\partial x_j} \right) + S_K; \quad (2.2)$$

$$\frac{\partial E}{\partial t} + \sum_{j=1}^3 U_j \frac{\partial E}{\partial x_j} = \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{v_{eff}}{\sigma_{\epsilon}} \cdot \frac{\partial E}{\partial x_j} \right) + S_E; \quad (2.3)$$

$$S_K = v_{turb} D^2 - E; \quad (2.4)$$

$$S_E = (c_1 v_{turb} D^2 - c_2 E) \frac{E}{K}; \quad (2.5)$$

$$v_{eff} = v_{mol} + v_{turb}; \quad (2.6)$$

Початкові і граничні умови приймають у вигляді

$$K_0 = c_K \sum_{j=1}^3 U_j^2; E_0 = c_E K_0^{3/2}, \quad (2.7)$$

де c_K, c_E - додатні сталі. Граничні умови на твердих поверхнях мають вигляд

$$\left. \frac{\partial K}{\partial n} \right|_{\Gamma} = 0; \left. \frac{\partial E}{\partial n} \right|_{\Gamma} = 0, \quad (2.8)$$

де n – нормаль до нерухомої твердої поверхні Γ .

Незважаючи на широке застосування в різних галузях промисловості розпилювальних сушарок, певний час удосконалення їх конструкції здійснювалося на базі виробничого досвіду та пілотних випробувань.

Однією з найбільших проблем перед розробниками розпилювальних сушарок є складність процесів розподілення теплоносія та продукту, а також їх взаємодія. Схеми розподілу повітряних потоків всередині розпилювальної сушарки вважаються одним з основних факторів, що впливають на час перебування часток в різних температурних областях башти, що в свою чергу визначає якість продукту (вміст вологи, гранулометричний склад, хімічні зміни в компонентах, тощо). Час перебування частинок і температура навколишнього повітря є особливо важливими при сушінні чутливих продуктів, таких як молоко, де суттєве зниження якості відбувається, якщо частинки залишатися в потоці повітря занадто довго, або температура потоку повітря занадто висока. Також дуже важливим є уникнення осадження та закріплення частинок продукту на стінках сушильної башти, оскільки поряд зі зниженням його якості існує загроза вибуху.

Застосування обчислювальної техніки при моделюванні подібних задач методами CFD були успішно проведені Fletcher D. F., Kota K., Kieviet F.G. та ін. Деякі з перших дослідників моделювали потоки в сушарках двовимірними і симетричними до вертикальної осі для того, щоб зменшити

навантаження на обчислювальні ресурси. Але поступово прийшли до висновку, що для більшої точності моделей необхідно оперувати тривимірними потоками. Отже, як показано у вищенаведених джерелах, застосування методів обчислювальної гідродинаміки (Computational Fluid Dynamics, CFD) до задач подібного типу дозволяє отримати результати, які добре корелюються з експериментальними даними.

3. ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

3.1. Вибір і обґрунтування матеріалу

Виробництво сухих продуктів з молока та продуктів її переробки, з мінімальними витратами енергетичних ресурсів є одним із важливих завдань у харчовій промисловості.

Аналіз науково-технічної інформації щодо реалізації способів сушіння для отримання дрібнодисперсних сипких харчових продуктів показав, що перспективним є спосіб сушіння шляхом розпилення рідкого продукту (див.розділ 4).

За допомогою розпилювача згущене молоко диспергується в об'ємі сушильної камери на рідкі частки діаметром 10...50 мкм і утворює факел розпилу. Повітря з приміщення очищається в повітряному фільтрі, подається нагнітальним вентилятором у газовий теплогенератор і далі в повітродіподільний пристрій сушильної камери. У результаті взаємодії потоків нагрітого повітря і розпиленого продукту в сушильній камері відбувається процес зневоднювання капель продукту й утворення твердих сухих часток.

Висушене порошок разом з відпрацьованим повітрям по повітропроводам надходить у циклони, де відбувається їхній розділ.

Очищене від порошку повітря відсмоктувальним вентилятором подається в атмосферу, а сухий порошок через роторні затвори надходить у систему охолодження і транспортування.

Охолодження порошку до заданої температури відбувається в режимі його пневмотранспортування охолодженим повітрям.

Дослідження проводились на при масовій частці сухих речовин 43...48 %.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнєнко Л.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Розпач О.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Дослідна частина та <i>узагальнення результатів</i>		201993.KP.02.003 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.			<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/13

В'язкість визначали згідно зі стандартними методиками, далі зразки висушували при однакових умовах і через рівні проміжки часу визначали вологість, в'язкість, температуру зразків. Проводили визначення впливу параметрів процесу сушіння розпиленням в коливально-аеродинамічному потоці на його швидкість і на якість одержуваного продукту. Встановлено, що в'язкість сироватки при збільшенні температури знижується (рис.3.1).

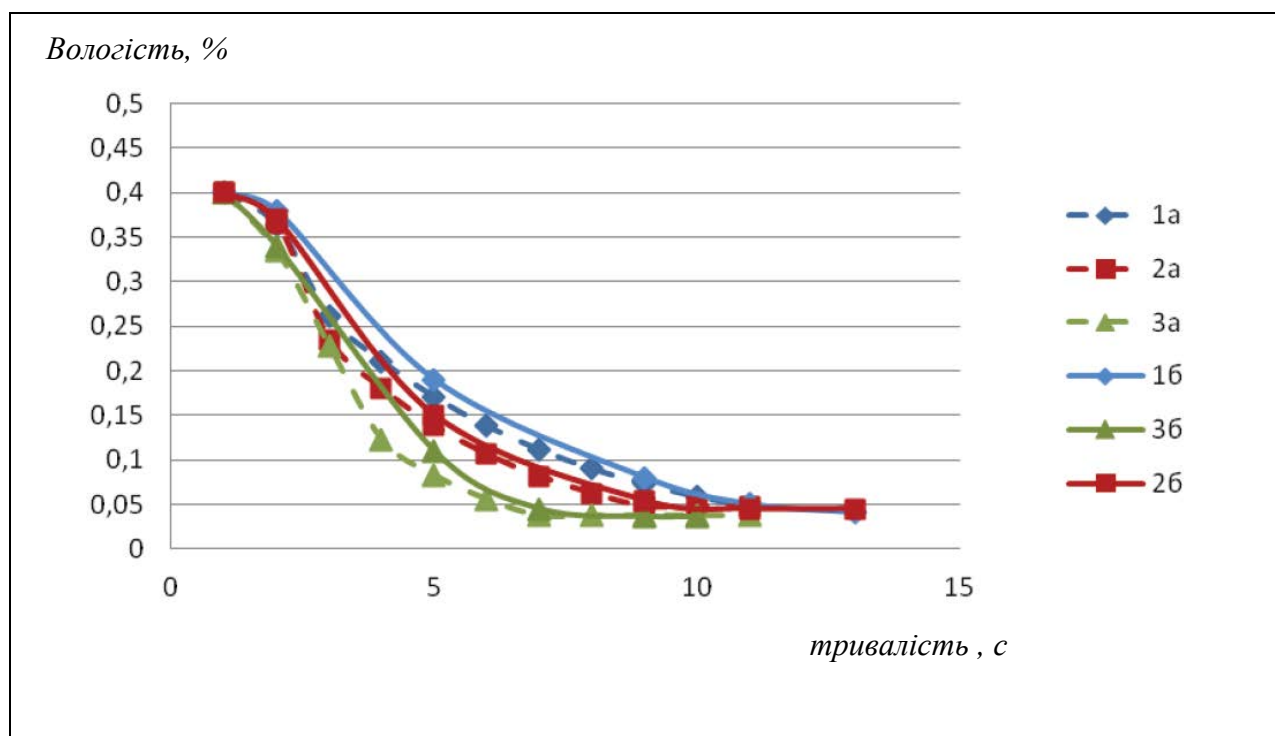


Рис. 3.1 Зміна вологості сироватки при частоті обертання пульсатора 100 об хв, відношення швидкостей потоку 0,01:

1а, 1б - сушка при $t = 160^{\circ}\text{C}$; 2а, 2б - при $t = 170^{\circ}\text{C}$; 3а, 3б - при $t = 180^{\circ}\text{C}$

Дослідами встановлено, що оптимальними режимними параметрами для зневоднення згущеного молока в камерах розпилювальних сушарок невеликої продуктивності є: $T_{\text{вх}} = 170...180^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{вих}} = 76...80^{\circ}\text{C}$ (табл.3.1, рис.3.2). Подальше підвищення температури може призвести до денатурації білка, погіршення розчинності порошку, зниження органолептичних

показників кінцевого продукту.

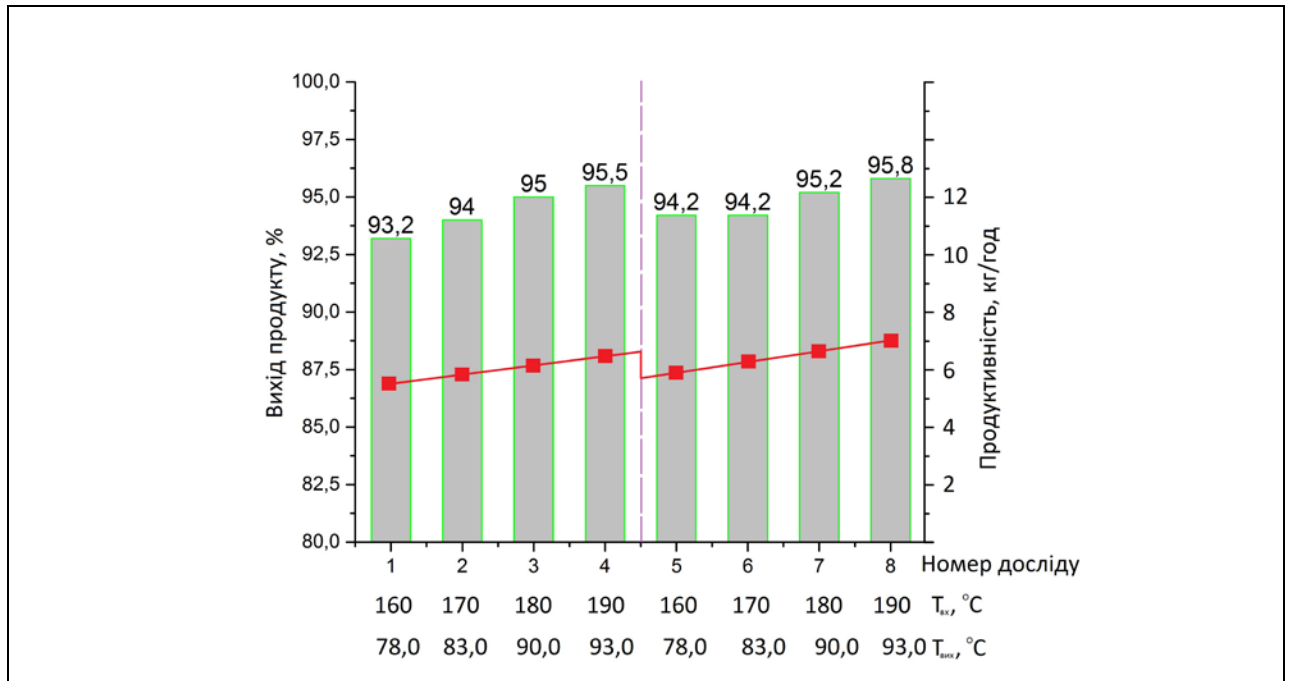


Рис. 3.2. Залежність продуктивності сушарки та виходу порошку від температурних режимів сушіння

Встановлено, що запропонований спосіб дозволяє отримувати порошок з однорідними за розміром дисперсними частинками в межах розмірності 10...100 мкм,

Перевірку правильності побудови моделі геометричні параметри сушильної установки та вхідні параметри теплоносія були наступними:

масовий потік вхідного теплоносія – 0,42 м³/с;

температура вхідного теплоносія, – 180 °С;

осьова складова швидкості теплоносія – 7,42 м/с;

радіальна складова швидкості теплоносія – 5,19 м/с;

дотична складова швидкості теплоносія – 0,649 м/с;

тиск на вході витяжної труби – 100,5 кПа;

коефіцієнт k моделі – 0,027 м²/с²;

коефіцієнт ε моделі – 0,37 м²/с³.

Таблиця 3.1 Експериментальні дані розпилювального сушіння згущеного молока

№ п.п.	Кількість вхідного продукту, кг	Масова частка сухих речовин,		Температура повітря, °С			Продуктивність по випареній волозі, кг/год	Вихід, %	Стан внутрішніх поверхонь камери після досліду, характер адгезійних явищ. Умови видалення порошку
		згущеного молока	порошку	на вхіді в камеру, t _{вх}	на виході з камери, t _{вих}	в циклоні, t _ц			
Без пульсатора									
1	10,0	48,0	3,3	160,0	78,0	64,0	5,9	93,2	Порошок сипкий, злегка солодкуватий, світложовто-білий, на стінках легкий наліт.
2	10,0	48,0	3,1	170,0	83,0	76,0	6,0	94,0	Аналогічно №1
3	10,0	48,0	3,0	180,0	90,0	80,0	6,1	95,0	Аналогічно №1
4	10,0	48,0	2,8	190,0	93,0	85,0	6,4	95,5	Аналогічно №1. Колір більш кремовий, на стінках легкий наліт. Наявні незначні відкладення
З використанням пульсатора									
5	10,0	48,0	3,0	160,0	78,0	64,0	6,0	94,2	Порошок сипкий, злегка солодкуватий, світложовто-білий, на стінках не осідає. Камера чиста
6	10,0	48,0	2,8	170,0	83,0	76,0	6,2	94,5	Аналогічно №1
7	10,0	48,0	2,4	180,0	90,0	80,0	6,3	95,2	Аналогічно №1
8	10,0	48,0	2,0	190,0	93,0	85,0	6,4	95,8	Аналогічно №1. Колір кремовий, на стінках легкий наліт. Відкладень практично немає

Модель, що створена для досліджень в середовищі Autodesk Simulation Multiphysics, представлена на рис. 3.2. Циліндрична частина башти умовно розділена по висоті на декілька зон.

Нерівномірність зон обумовлена необхідністю більш детально дослідити верхню частину башти, де, в основному, і відбувається процес налипання продукту на стінки. Вузол розпилення продукту знаходиться в другій зоні зверху.

На рис. 3.3. показані потоки теплоносія у меридіальному перерізі сушильної башти.

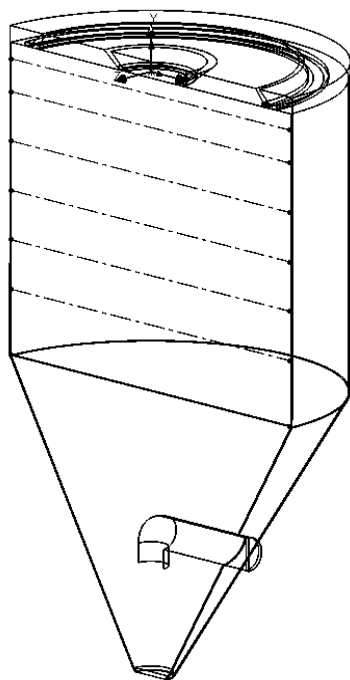


Рис. 3.2. Модель сушильної башти

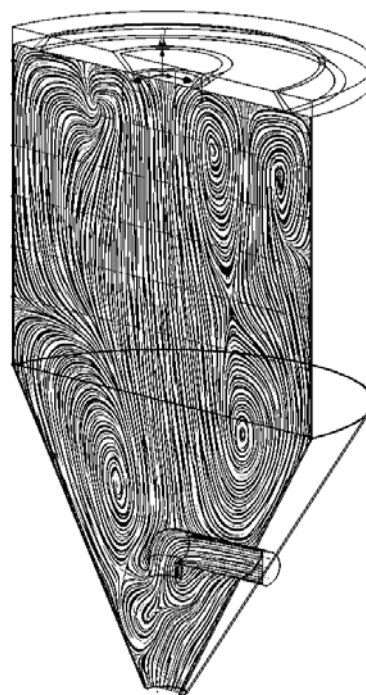


Рис. 3.3. Поле потоків теплоносія в меридіальному перерізі башти

Як видно з рисунку, потоки розподілені не симетрично, що обумовлено встановленням у правій частині башти витяжної труби. Найбільша турбулізація спостерігається у перерізах 1 – 3, тобто у зоні розпилу. Це призводить до повторного потрапляння висушених частинок молока у зону сушіння і пониження якості вихідного продукту внаслідок підгорання. На рис. 3.4 – 3.7 наведено поля векторів швидкості у перерізах 1 – 4. Детально розглянуто саме ці перерізи, оскільки в них проходить процес сушіння.

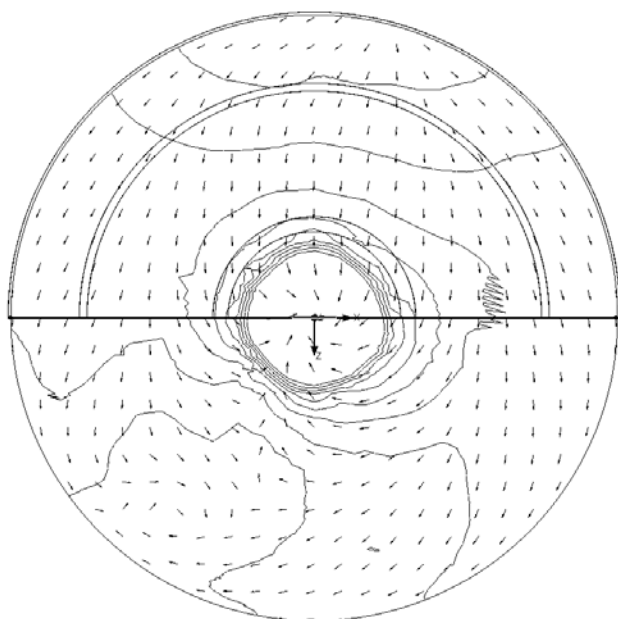


Рис. 3.4. Поле векторів швидкості на рівні 1 перерізу

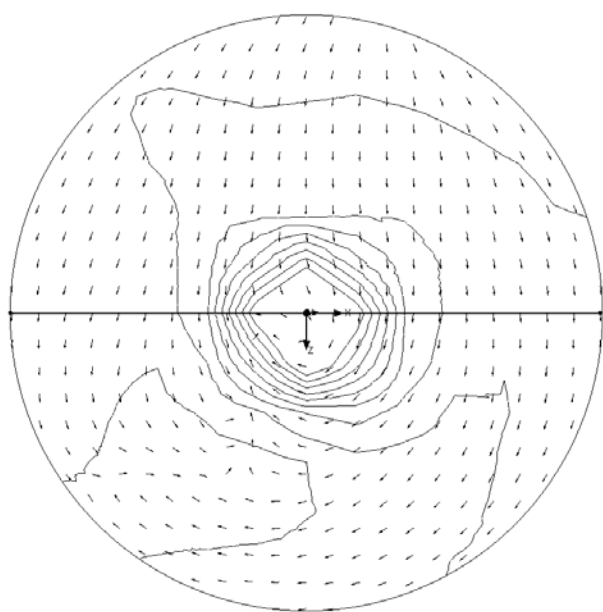


Рис. 3.5. Поле векторів швидкості на рівні 2 перерізу

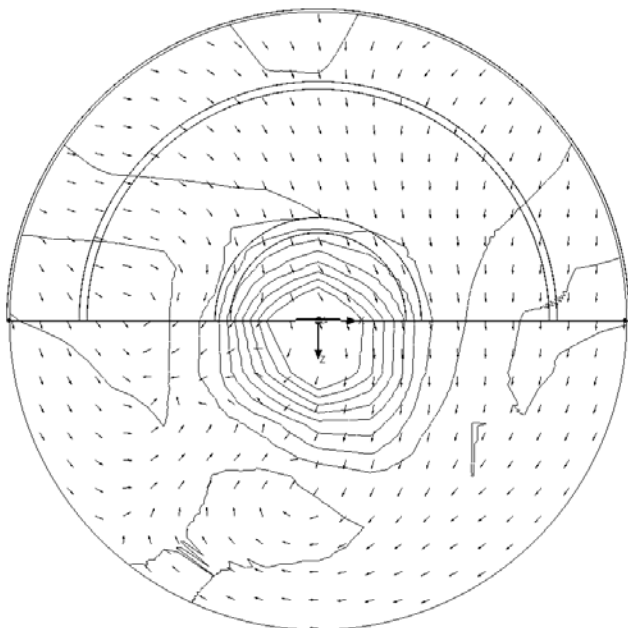


Рис. 3.6. Поле векторів швидкості на рівні 3 перерізу

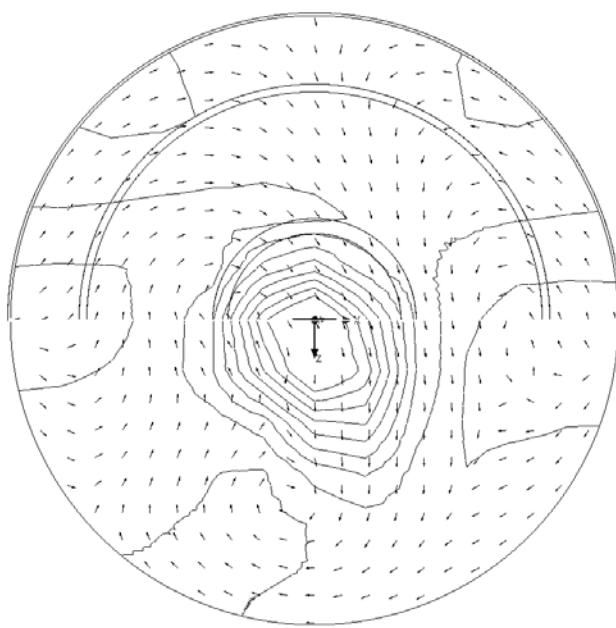


Рис. 3.7. Поле векторів швидкості на рівні 4 перерізу

Як видно з рис. 3.4 – 3.7, на рівні всіх перерізів спостерігається значна турбулізація потоків. Рівномірна колова складова майже відсутня, теплоносій з частинками продукту рухається в певних період знизу догори та повертається до зон високих температур, що може призвести до зниження якості продукту внаслідок перегрівання.

Результуюча швидкість теплоносія в пристінковій зоні (рис. 3.8) складає 0,2–0,5 м/с для перерізів 1–3 та 0,05–0,2 м/с для перерізів 4–7, що є явно недостатнім для забезпечення умов по очищенню стінок башти потоками повітря. Колова складова швидкості біля стінок башти (рис. 3.9) також незначна та складає 0,15–0,25 м/с для перерізів 1–3 та 0,03–0,1 м/с для перерізів 4–7.

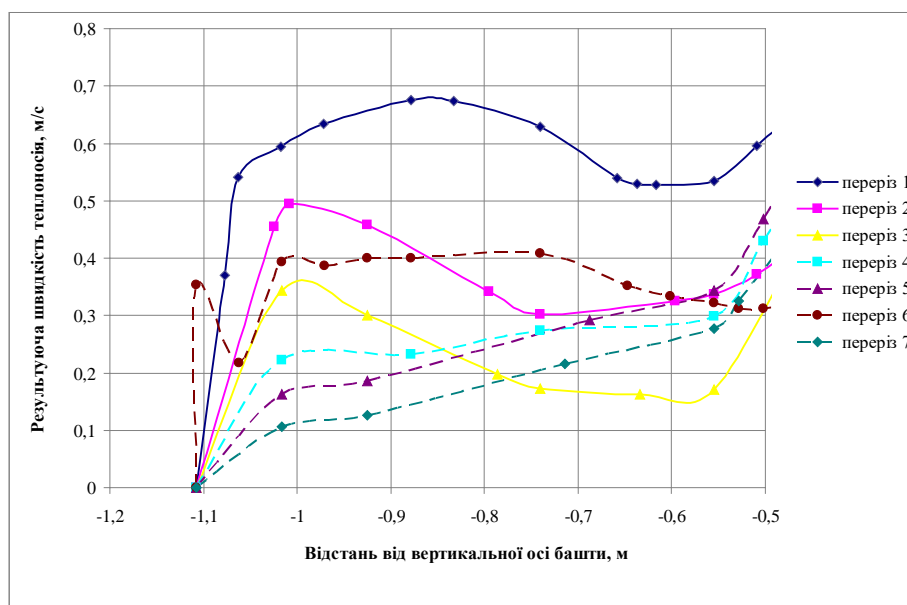


Рис. 3.8. Розподіл результуючої швидкості теплоносія в пристінковій області башти

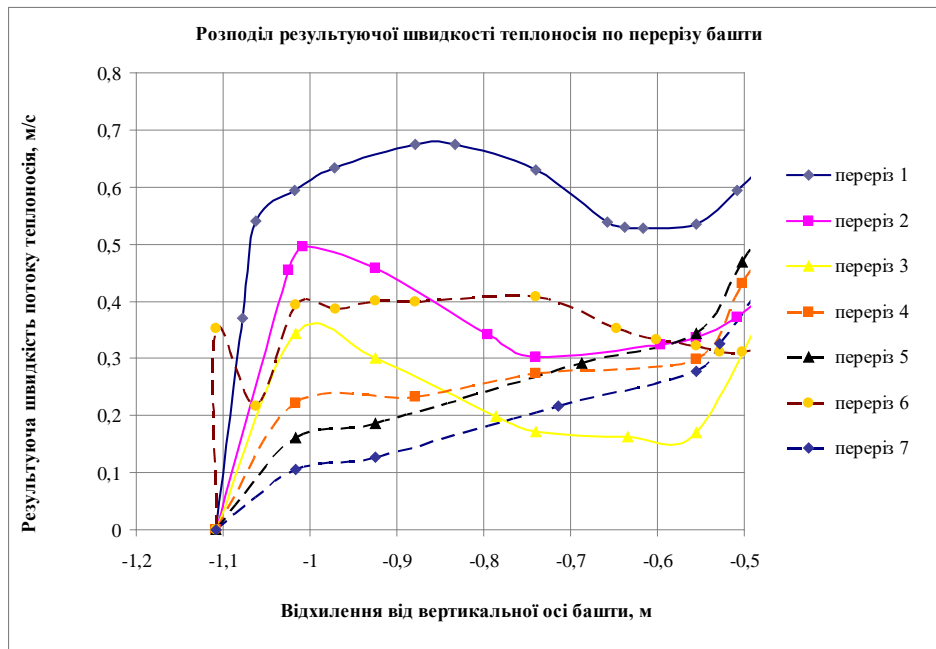


Рис. 3.9. Розподіл колової швидкості теплоносія в пристінковій області башти

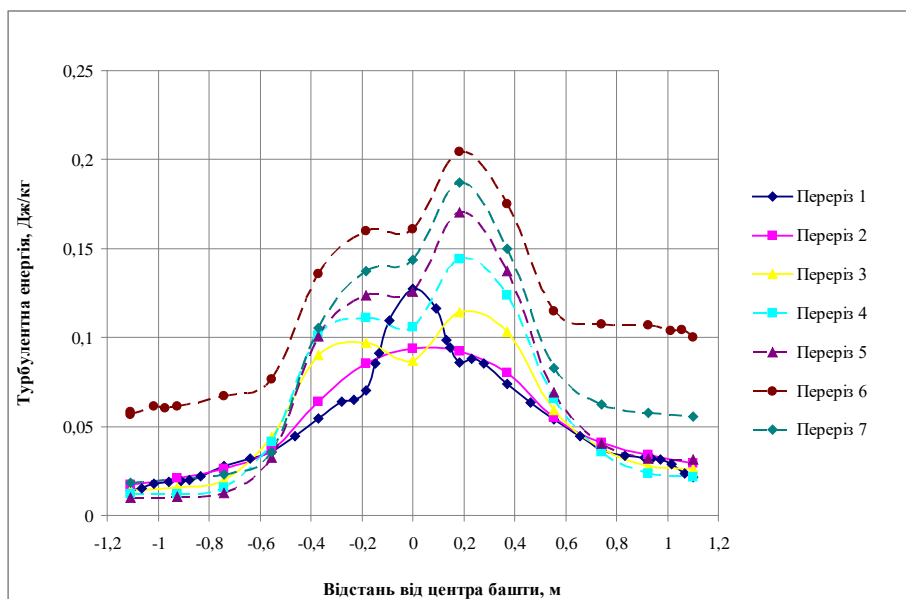


Рис. 3.10 Розподіл турбулентної енергії по перерізу башти

Дані на рис. 3.9 показують наявність значної турбулізації потоків в діапазоні радіусів від 0 до 0,6м від центра башти, що знижує ефективність її роботи.

Для усунення знайдених недоліків запропоновано встановити додатковий контур подачі повітря та визначити його раціональні характеристики.

Після проведення серії досліджень встановлено, що оптимальними з точки зору енергозбереження та достатніми для вирішення проблеми будуть такі параметри:

масовий потік вхідного теплоносія – $0,045\text{--}0,05\text{ м}^3/\text{с}$;

осьова складова швидкості теплоносія – $0,2\text{--}0,3\text{ м/с}$;

радіальна складова швидкості теплоносія – $3\text{--}3,5\text{ м/с}$;

дотична складова швидкості теплоносія – $5,6\text{--}6\text{ рад/с}$;

відстань каналу від стінки башти – $0,14\text{--}0,16\text{ м}$.

При використанні таких параметрів в моделі, отримано результати, показані на рис. 3.11–3.17. На рис. 3.11–3.14 ми бачимо, що турбулізація потоків у верхніх (зона розпилення та найвищих температур) перерізах відсутня, в нижніх має помірний характер. Чіткий коловий рух спостерігається на всіх перерізах і, що особливо важливо, біля стінок башти.

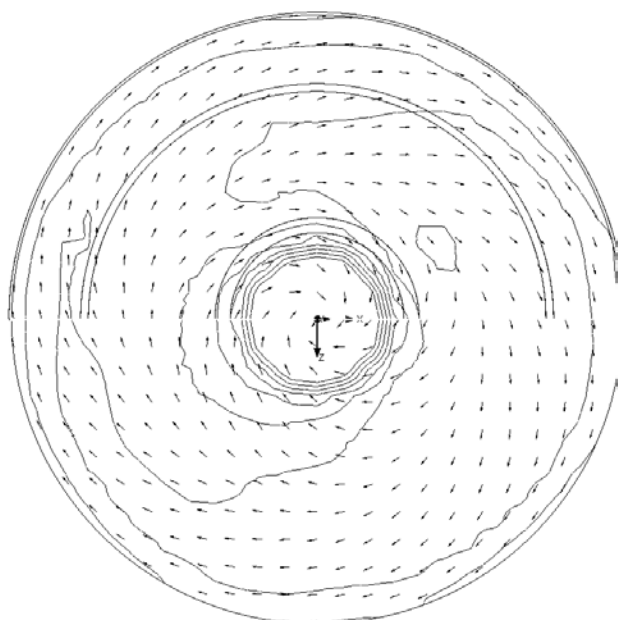


Рис.3.11. Поле векторів швидкості на рівні 1 перерізу

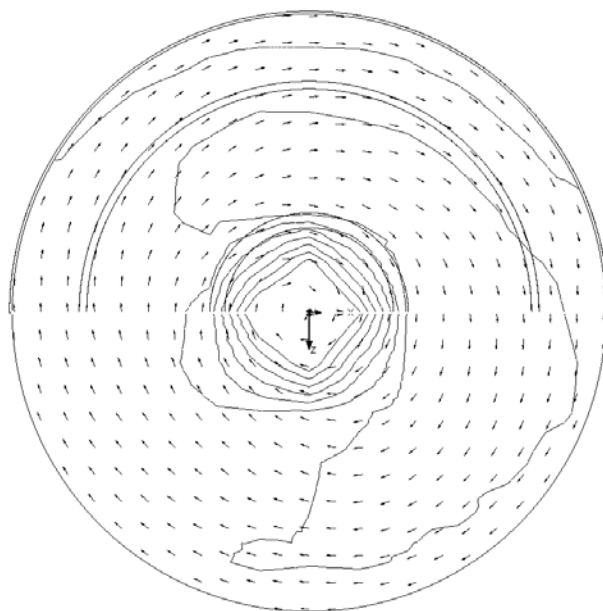


Рис.3.12. Поле векторів швидкості на рівні 2 перерізу

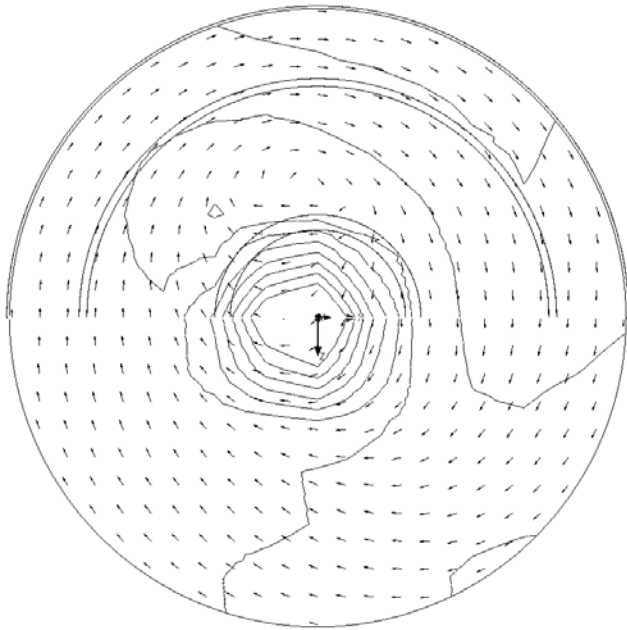


Рис.3.13. Поле векторів швидкості на рівні 3 перерізу

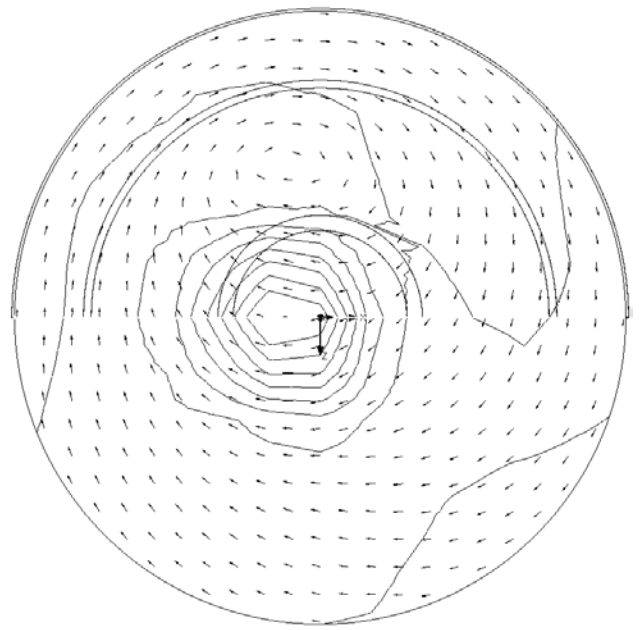


Рис.3.14. Поле векторів швидкості на рівні 4 перерізу

Графіки розподілу результуючої та колової швидкості по всіх перерізах сушильної башти наведені на рис. 3.15 та 3.16.

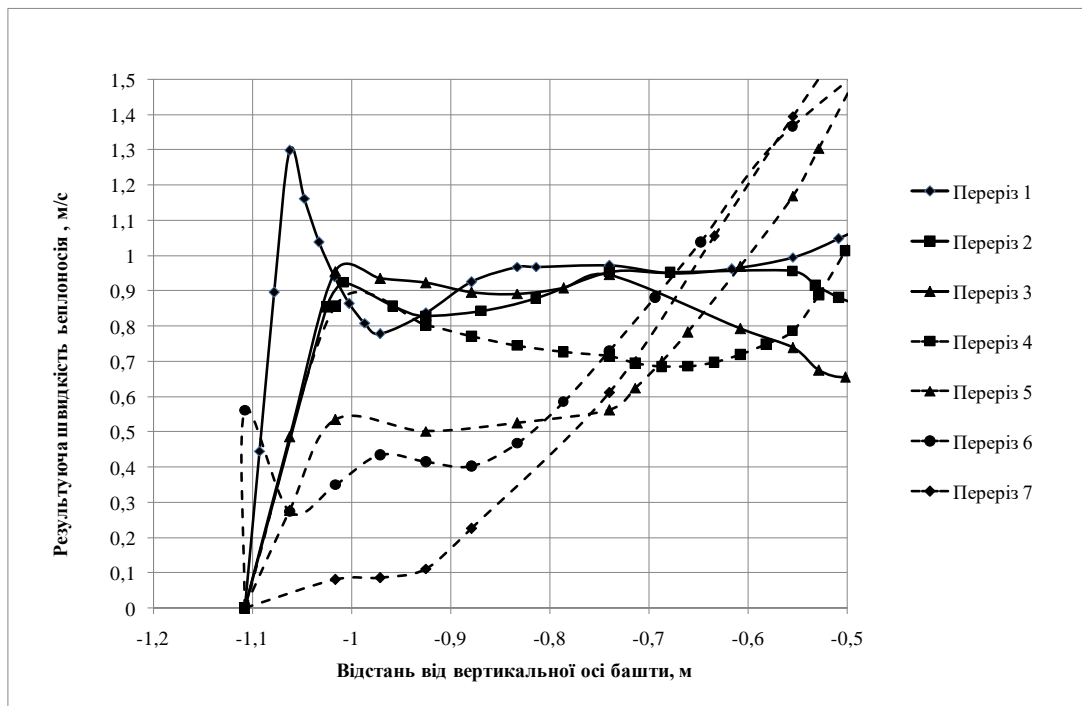


Рис. 3.15. Розподіл результуючої швидкості теплоносія в пристінковій області башти

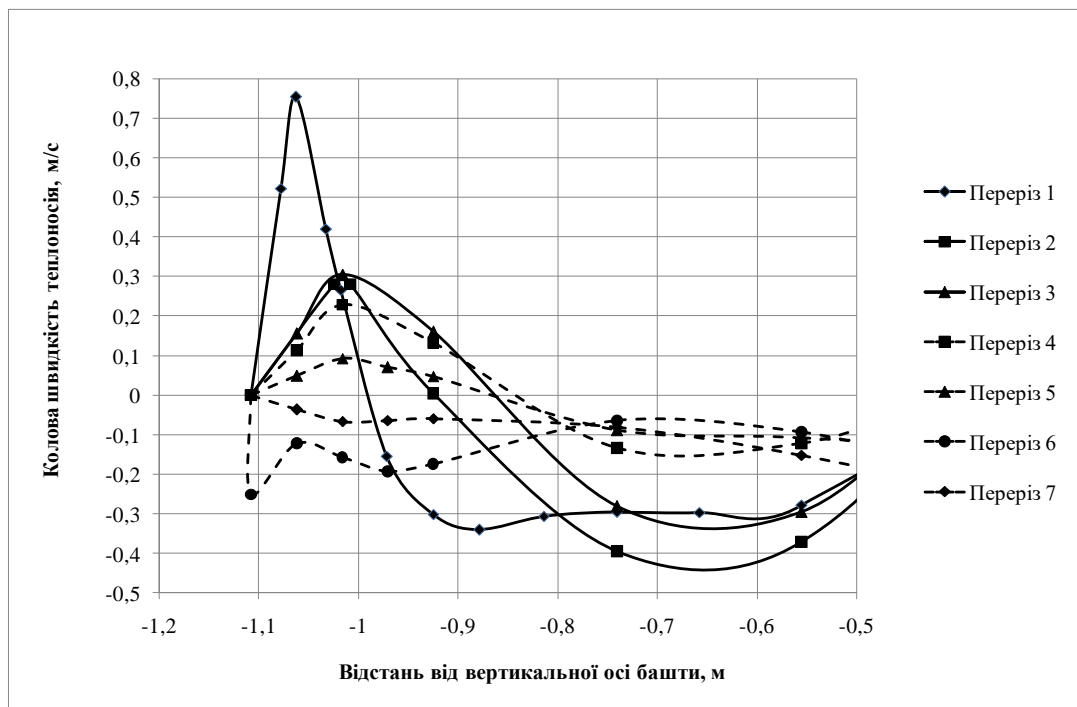


Рис. 3.16. Розподіл колової швидкості теплоносія в пристінковій області башти

Результуюча швидкість теплоносія в пристінковій зоні досягає 0,8–1,2 м/с для перерізів 1–3 та 0,3–0,4 м/с для перерізів 4–6, що забезпечує упорядкований рух висушених частинок без попадання їх в зону факелу розпилю. Колова складова швидкості досягає 0,5–0,7 м/с для перерізів 1–2 (зона розпилення продукту та ймовірності його налипання на стінках башти), що повинно забезпечити недопущення досягнення частинками продукту стінок башти, а при необхідності і очищення стінок в цій зоні.

Результати, показані на рис. 3.17, показують зменшення турбулентної енергій в 4–5 разів порівняно з початковим варіантом, при чому її концентрація зосередилася лише в зоні подачі теплоносія, що цілком природно. В той же час розподілення турбулентної енергії в інших зонах башти незначне і не суттєво впливає на характер руху теплоносія.

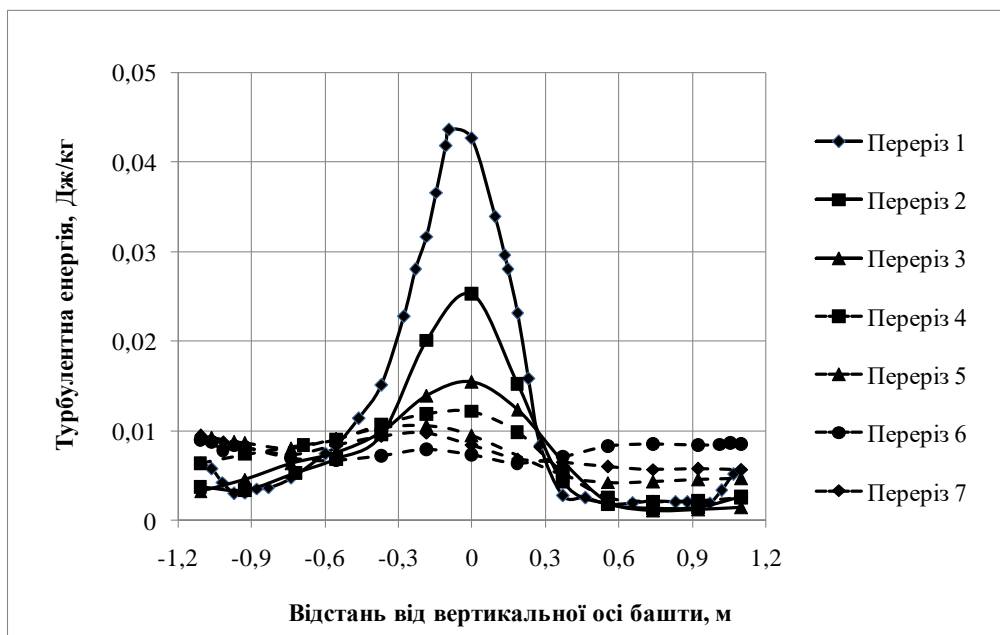


Рис. 3.17. Розподіл турбулентної енергії по перерізу башти

4. ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ

4.1. Існуючі уявлення про гідромеханічні процеси в сушильних камерах розпилювальних сушарок

Швидкість і ефективність процесу розпилювального сушіння багато в чому визначається, гідродинамічною структурою потоків в сушильній камері. Одержані дані [19] свідчать про наявність в сушильній камері прямої розпилювальної сушарки основного, сформованого повітророзподільником потоку теплоносія. При цьому біля стін камери спостерігається зворотний рух теплоносія від низу до верху, а на периферії верхньої частини існують застійні зони. Обсяг сушильної камери, яку він обіймає цими зонами, можна вважати паразитним, тому що в них надходить і циркулює вже відпрацьований теплоносій. Разом з теплоносієм в верхню частину камери проникають захоплені їм найбільш дрібні частинки продукту, зіткнення яких з гарячим повітрям призводить до їх перегріву і зниження відновлювальних властивостей. Крім того, наявність інтенсивних завихрень у верхній частині камери сприяє викидам продукту на її стельову частину, що також є небажаним явищем.

На рис.4.1 показано два варіанти ймовірного налипання сухого продукту в сушильних камерах розглянутого типу [19]. За *варіантом 1* всі частинки розпорошеного продукту висушуються в основному низхідному потоці теплоносія. Шар налиплого частинок утворюється за рахунок надходження найбільше дрібних із них в застійні зони разом з відпрацьованим теплоносієм. За *варіанту 2* частина недосушеними частинок, це, як правило, найбільш великих, за рахунок інерційних сил пронизують основний потік теплоносія і осідають на протилежній факелу розпилу стінці

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Розпоч. П.В.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Карнієнко Л.В.	Назва, додаткова назва Обґрунтування модернізації		201993.KP.02.004.P3			
	Документ затверджено Якимчук М.В.			Інд.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/8

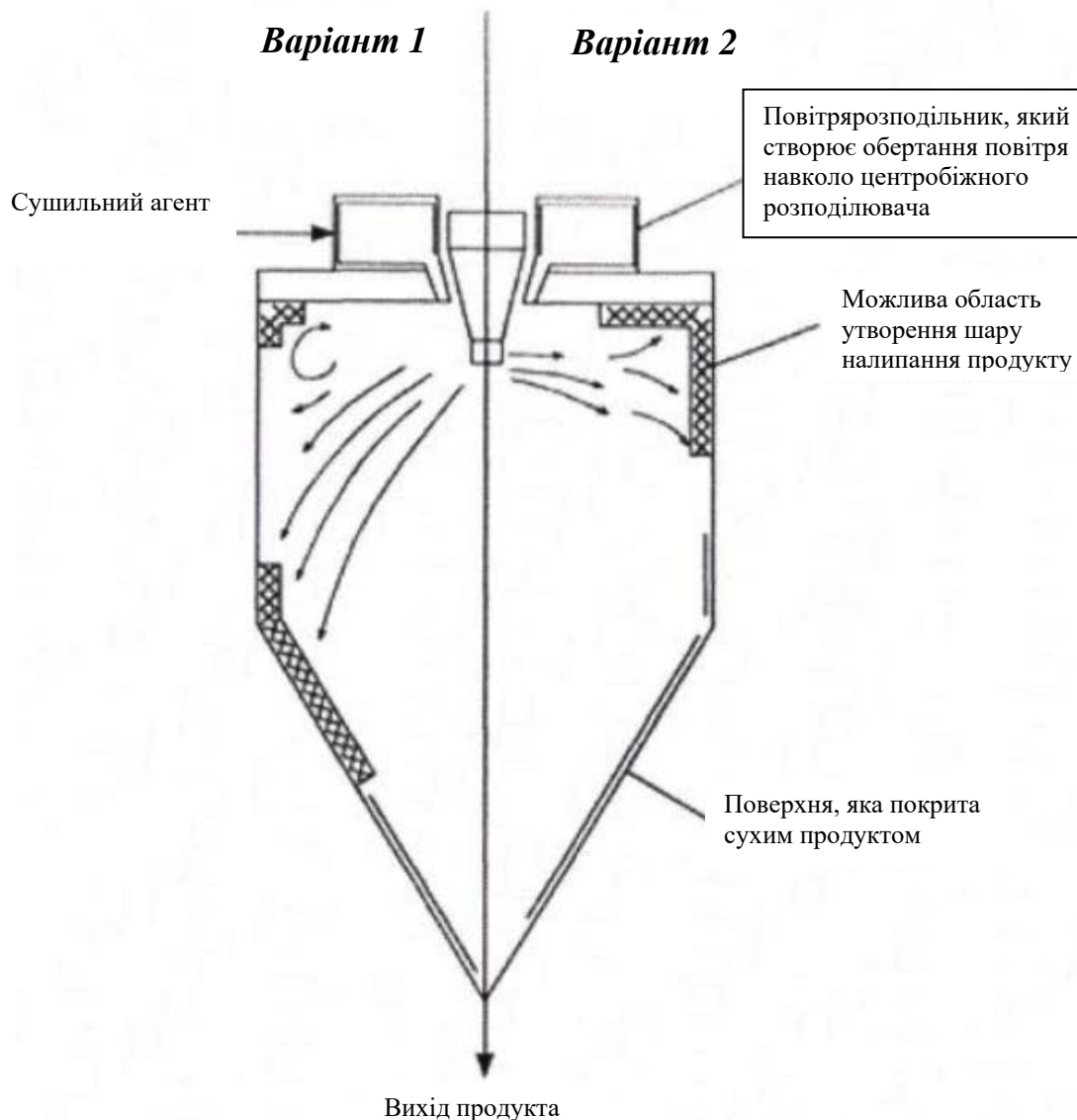


Рис.4.1 Области ймовірного утворення шару налиплого частинок продукту на стінках сушильної камери:

Варіант 1 - при повному «захопленні» частинок продукту потоком теплоносія; *Варіант 2* - при «проходженні» найбільш великих часток крізь потік теплоносія

сушильної камери. Таким чином, застійні зони, на периферії верхньої частини сушарки, практично не бере участі в процесі сушіння і є першопричиною зниження якості готового продукту. Більш того, показані

ділянки з налиплим продуктом становлять потенційну небезпеку для його самозаймання.

Розпилювальна сушка дає змогу отримувати високоякісне сухе молоко, що майже в повному обсязі зберігає свої корисні властивості, оскільки часточки не піддаються критичному впливу температур. Однак процес сушіння шляхом розпилення має недоліки, зокрема високі енергетичні затрати, трудність очищення сушильної башти, та як наслідок високу вартість.

Для очищення башти від осілих на ній часток молока застосовуються механічний, пневматичний або ручний спосіб. Всі вони вимагають додаткових затрат. Існують методи для уникнення налипання часток молока на стінки башти шляхом зміни конфігурації розпилювальних дисків, і як наслідок, збільшення факелу розпилу.

У зв'язку з цим, можна зробити висновок, що обсяг сушильних камер розглянутих в розділі 1 сушарок використовується нераціонально. Потік теплоносія з розпорошеними в ньому частинками висушуваного продукту в першому наближенні можна розглядати як рух в'язкої рідини, що описується системою диференціальних рівнянь Нав'є-Стокса, яке в векторній формі зводяться до одного рівняння (всі використані в рівнянні показники відносяться до потоку теплоносія):

$$\rho \frac{dW}{dt} = R - \text{grad } p + \mu \Delta W + \frac{1}{3} \mu \text{grad} (\text{div } W) \quad (4.1)$$

де:

ρ - щільність, кг / м³;

W - вектор швидкості;

t - час, с;

\bar{R} - вектор напруги об'ємної сили;

μ - коефіцієнт динамічної в'язкості, Па·с;

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} - \text{оператор Лапласа};$$

$\text{div } W$ - дивергенція вектора швидкості.

Точне рішення даного рівняння практично неможливо. Крім того, оскільки коефіцієнт теплопровідності і теплоємність теплоносія з розподілом в ньому частинками вологого продукту, в силу постійно протікаючого процесу пароутворення, істотно змінюються, приведення зазначеної системи рівнянь до простішого вигляду також не представляється можливим. Завдання ще більше ускладнюється, якщо врахувати неоднорідність нашої системи, тобто наявність дисперсної середовища у вигляді розпорошених крапель продукту. Кожна крапля взаємодіє з потоком теплоносія, що виражається у виникненні додаткових сил, пов'язаних з умовами її обтікання і з вологопереносом в поверхневій зоні. В силу переліченого, для вирішення поставленої задачі необхідно знайти дещо інші підходи. Потік теплоносія в цій зоні формується кільцевим каналом і лопатками повітря розподільника, геометричні співвідношення якого визначають осьову, тангенціальну і радіальну складові швидкості. Цей потік «захоплює» більшу частину розпорошених частинок, і саме в ньому, очевидно відбувається основний процес сушіння. Тангенціальна складова швидкості сприяє формуванню закрученого потоку у верхній частині камери, а осьова - є причиною формування осьового потоку сушильного агента, спрямованого вниз до вихідного патрубку. Потік вихідного з розподільника повітря теплоносія можна розглядати як потік нестисненої рідини, так як тиск в ній приблизно дорівнює тиску в сушильній камері. Оскільки швидкість витікання струменя принаймні на порядок вище швидкості середовища, куди цей струмінь витікає, то останнім можна знехтувати, тобто прийняти, що в нашому випадку струмінь є затухаючим. Для опису профілю швидкостей в поперечному перерізі такої струменя використовують функцію $f(\eta)$, вперше теоретично отриману Шліхтінгом:

$$f(\eta) = (1 - \eta^{1.5})^2 = \frac{u}{u_m} \quad (4.2)$$

де:

$\eta = 2y/b$ - відстань від точки зі швидкістю u до осі струменя, виражене в частках від товщини струменя;

b - товщина струменя, м;

u - швидкість струменя в поточному перетині її профілю (на відстані y від її осі), м / с;

u_m - швидкість в центрі струменя, м / с.

Процес розпилювальної сушки передбачає проведення диспергування продукту за допомогою того чи іншого розпилювального пристрою. Спосіб і умови розпилення, а також конструктивні особливості розпилювачів визначають основні параметри руху частинок, їх розміри і повинні враховуватися при виборі конструкції сушильної камери та її габаритів. Теоретичному та експериментальному вивченню процесів диспергування рідин розпилювачами присвячено багато робіт як вітчизняних, так і зарубіжних дослідників. Зазначені дослідження присвячені, в основному, питанням вивчення полідисперсності та розподілу часток в факелі розпилу, а також параметрів руху частинок по довжині факела в умовах його продувки потоком теплоносія. Велике значення при цьому має тип і конструктивні особливості розпилювачів та фізико-хімічні властивості середовища, яке підлягає висушуванню.

Був проведений патентний та літературний огляд, відносно можливих поліпшень розгинюючої сушарки на сайті всесвітній організація інтелектуальної власності WIPO та бази даних Укрпатент. Загалом існує велика кількість патентів на дану тематику, статистичні дані наведені на рисунку 4.2. Найбільш доцільні були відібрані та наведені в табл.4.1.

На основі аналізу вищенаведеної інформації запропоновано з метою запобігання осіданню часточок недосушеного молока на стінки сушильної

башти запропоновано встановлення у верхній її частині додаткового контуру для подачі теплоносія та визначено його раціональні характеристики.

patentscope.wipo.int/search/ru/result.jsf?_vid=P11-KAWV4B-28889

Страны	Заявители	Изобретатели	Код МПК	Даты публикации
Китай 1319	GEA PROCESS ENGINEERING A/S 48	YAMASHITA OSAMU 16	B01D 789	2011 101
Соединенные Штаты Америки 432	NIRO A/S 27	BERNSTEIN HOWARD 11	F26B 641	2012 102
Япония 372	THE BABCOCK & WILCOX COMPANY 23	SAEKI TATSUYA 11	B01J 340	2013 94
Республика Корея 282	SANOFI PASTEUR SA 20	ZHOU GUOFU 11	A61K 281	2014 146
РСТ 203	ALSTOM TECHNOLOGY LTD 17	AOYAMA, HITOSHI 10	A23L 259	2015 184
Европейское патентное ведомство (ЕПВ) 187	TDK CORP 16	THE INVENTOR HAS WAIVED THE RIGHT TO BE MENTIONED 10	B05B 191	2016 175
Соединённое Королевство 120	MITSUBISHI RAYON CO LTD 15	UESUGI MANABU 10	C04B 150	2017 296
Канада 110	SPRAYING SYSTEMS CO. 15	HASHIMOTO SHINYA 9	B08B 135	2018 385
Австралия 84	ACUSPHERE, INC. 14	LUY, BERNHARD 9	C01B 125	2019 446
Российская Федерация 81	LG ELECTRONICS INC. 13	TAKAHASHI YOSHIKI 9	D06F 122	2020 23

Рис.4.2 Статистичні дані патентного пошуку з сайту Wipo (світової організації інтелектуальної власності).

Таблиця 4.1 Регламент патентного пошуку (форма Б.1 згідно з ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси: МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретроспективність пошуку	Джерела інформації
Сушарка розпилююча	Визначення патентоздатності даного апарату. Визначення тенденцій розвитку	191 країна	МПК B01D, F26 B, D01J, A61 K, A23L, B05B, C04B, B08B, C01B, D06F, УДК	2000- 2020	Зарубіжні й національні офіційні бюлетені, описи винаходів і корисних моделей, та

	цього напрямку в техніці.				баз даних патентних установ ЕС та США
--	---------------------------------	--	--	--	--

Таблиця 4.2 - Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Бібліографічні дані	Відомості, щодо їхньої дії
1	2	3
(EN) SPRAY DRYER (JA) 噴霧乾燥装置	Патент JP2000334332, 27.05.1999, B05B 1/00 F26B 21/00 – SPRAY DRYER / TAKEDA MITSUHIRO (武田 光弘) Заявник: KYOCERA CORP (京セラ株式会社); номер заявки: 1999148682	Діє
(EN) ELECTROSTATIC SPRAY DRYER SYSTEM (FR) SYSTÈME DE SÉCHOIR À PULVÉRISATION ÉLECTROSTATIQUE	Патент WO2020092721, 07.05.2020 B01D11/02 - МПК: F26B 3/12 2006.01 B01J 2/02 2006.01 B05B 5/03 2006.01 B05B 7/06 2006.01 F26B 21/00 2006.01; CPC: B01J 2/02 B05B 5/03 B05B 7/06 F26B 21/004 F26B 3/12 - SZCZAP, Joseph / (EN) ELECTROSTATIC SPRAY DRYER SYSTEM (FR) SYSTÈME DE SÉCHOIR À PULVÉRISATION ÉLECTROSTATIQUE; Заявник: НУХТ Номер заяви: UAU201608237U 20160762	Діє
(RU) РАСПЫЛИТЕЛЬНАЯ СУШИЛКА	Патент RU0002669893, 16.10.2018 / МПК: F26B 17/10 F26B 3/088 F26B 3/12 B05B 1/34 Дерюгин Никита Валерьевич (RU) Deryugin Nikita Valerevich (RU) Номер заяви: 2018102334	Діє
(RU) РАСПЫЛИТЕЛЬНАЯ СУШИЛКА	Патент RU0000196162 18.02.2020 МПК: F26B 17/10 F26B 3/12; CPC: F26B 3/12 F26B 17/10 Монашенко Антон Дмитриевич (RU) Хлыновский Алексей Михайлович (RU) Гольденфанг Борис Геннадьевич (RU) Алексеев Геннадий Валентинович (RU) Молдованов Дмитрий Николаевич (RU) Номер заявки: 2019114760	Діє
(RU) Распылительная сушилка для жидких материалов	Патент RU0000196301. 25.02.2020/ МПК: F26B 17/10 F26B 3/12; CPC: F26B 3/12 F26B 17/10 Голованчиков Александр Борисович (RU), Прохоренко Наталья Андреевна (RU), Залипаева Ольга Александровна (RU), Лепехина Дарья Андреевна (RU), Пересыпкин Вадим Сергеевич (RU) Номер заявки: 2019142638	Діє

(RU) РАСПЫЛИТЕ ЛЬНАЯ СУШИЛКА	Патент RU0000196162 18.02.2020 МПК: F26B 17/10 F26B 3/12; CPC: F26B 3/12 F26B 17/10 Монашенко Антон Дмитриевич (RU) Хлыновский Алексей Михайлович (RU) Гольденфанг Борис Геннадьевич (RU) Алексеев Геннадий Валентинович (RU) Молдованов Дмитрий Николаевич (RU) Номер заявки: 2019114760	Діє
(RU) РАСПЫЛИТЕ ЛЬНАЯ СУШИЛКА	Патент RU0002435118 27.11.2011 МПК: F26B Зайцев Анатолий Иванович (RU) Лебедев Антон Евгеньевич (RU) Капанова Анна Борисовна (RU) Шеронина Ирина Станиславовна (RU) Никитина Юлия Владимировна (RU) Номер заявки: 2010127051/06	Діє
(EN) SPRAY NOZZLE FOR SPRAYING AN ARTICLE TO BE DRIED, SPRAY DRYER, AND METHOD FOR MONITORING AND/OR CONTROLLING AND/OR REGULATING A TEMPERATURE DURING THE SPRAYING PROCESS	Патент US20200018548, 29.01.2018 / МПК: F26B 3/12 B05B 7/14 B05B 12/00 F26B 21/10 F26B 23/04 F26B 21/00; CPC: B05B 7/14 F26B 3/12 B05B 12/004 A23C 9/18 F26B 21/10 F26B 23/04 - SPRAY NOZZLE FOR SPRAYING AN ARTICLE TO BE DRIED, SPRAY DRYER, AND METHOD FOR MONITORING AND/OR CONTROLLING AND/OR REGULATING A TEMPERATURE DURING THE SPRAYING PROCESS Matthias Lübbers Заявник: Lübb Anlagen - Und Umwelttechnik GmbH Номер заявки: 16485036	Діє

5. УСТРІЙ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ МОДЕРНІЗОВАНОГО ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

Розпилювальна сушка дає змогу отримувати високоякісне сухе молоко, що майже в повному обсязі зберігає свої корисні властивості, оскільки часточки не піддаються критичному впливу температур. Однак процес сушіння шляхом розпилення має недоліки, зокрема високі енергетичні затрати, важкість очищення сушильної башти та як наслідок високу вартість.

Для очищення башти від осілих на ній часток молока застосовуються механічний, пневматичний або ручний спосіб. Всі вони вимагають додаткових затрат. Існують методи для уникнення налипання часток молока на стінки башти, шляхом зміни конфігурації розпилювальних дисків, і як наслідок збільшення факелу розпилу.

У даному проекті запропоновано інше рішення проблеми. Для запобігання осіданню часточок недосушеного молока на стінки сушильної башти, у верхній її частині встановлено додатковий контур для подачі теплоносія та визначено його раціональні характеристики.

5.1. Принцип роботи сушильної установки

Принцип роботи установки полягає в зневоднюванні диспергованого продукту в об'ємі сушильної камери на дрібні частки рідкого продукту нагрітим повітрям (рис.5.1).

Сконцентровані до вмісту сухих речовин 43...48% у вакуум-випарних установках молочні продукти подаються в одну з ємкостей I системи подачі рідкого продукту, де здійснюється його перемішування.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Розпоч. ЛВ	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Карнієнко ЛВ	<i>Назва, додаткова назва</i> Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту		201993.KP.02.005ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук МВ		<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/12	

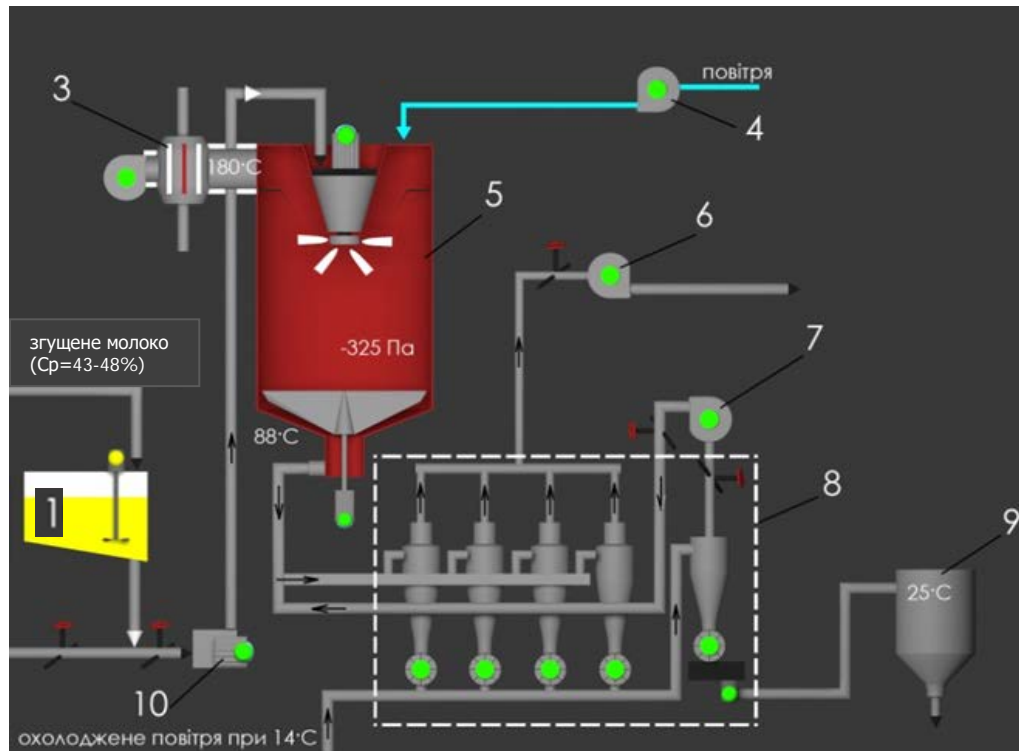


Рис.5.1 Дисплейна мнемодіаграма процесу сушіння молока:

1 - ємкість для згущеного молока; 3 - теплогенератор; 5 - дискова розпилювальна сушарка; 4, 6, 7 – вентилятори; 10 – насос; 8 - система циклонів сухого молока; 9 - бункер сухого молока;

Потім насосом-дозатором гвинтового типу 10 сконцентрований продукт по трубопроводу подається на відцентровий дисковий розпилювач, встановлений у верхній частині сушильної камери 5.

За допомогою розпилювача продукт розпилюється (диспергується) в об'ємі сушильної камери 5 на рідкі частки діаметром 10...50 мкм і утворює факел розпилу. Повітря з приміщення очищається в повітряному фільтрі, подається нагнітальним вентилятором 4 у газовий теплогенератор 3 і далі в повіторозподільний пристрій сушильної камери.

У результаті взаємодії потоків нагрітого повітря і розпиленого продукту в сушильній камері відбувається процес зневоднювання капелі продукту й утворення твердих сухих часток.

Висушений продукт разом з відпрацьованим повітрям по повітропроводам надходить у систему циклонів 8, де відбувається їхнє розділення. Очищене від порошку повітря відсмоктувальним вентилятором подається в атмосферу, а сухий порошок через роторні затвори надходить у систему охолодження і транспортування.

Охолодження порошку до заданої температури відбувається в режимі його пневмотранспортування охолодженим повітрям. Повітря охолоджується і частково осушується в охолоджувачі повітря, попередньо очищуючись в фільтрах. Порошок продукту відокремлюється від холодного повітря в циклоні пневмотранспорту і надходить через роторний затвор і просіювач у бункер 9. Очищене повітря вентилятором пневмотранспорту повертається на доочищення в систему відсмоктування відпрацьованого повітря. Охолоджений порошок з бункера надходить на дозувально-пакувальний агрегат.

Видалення порошку, що осів на стінках і днищі сушильної камери, здійснюється за допомогою системи пневмоочистки, що складається з пневмокоруа, який обертається по осі сушильної камери.

Для більш ефективного захисту сушильної камери від відкладень порошку призначена система імпульсно-динамічного очищення, виконавчі механізми якої встановлюються на сушильній камері (6 місць), а також у вузьких місцях установки (горловини циклонів) (5 місць).

Установка сушильна може працювати в двох режимах - ручному (дистанційному) і автоматичному. Регульованим параметром є температура повітря на вході та виході із сушильної камери.

Стабільність температури на виході, що визначає вологість сухого продукту, підтримується регулюванням подачі на відцентровий розпилювач згущеного молока. При збільшенні температури повітря на виході з камери за допомогою системи автоматичного регулювання відповідно збільшується подача згущеного молока, при зменшенні температури повітря відповідно зменшується подача продукту. Необхідна температура визначається видом

продукту, уточнюються при налагодженні установки і задається за допомогою приладу автоматичного регулювання (75...85 °С).

Установка має автоматичну систему подачі води в камеру при перевищенні допустимої температури. При перевищенні температури повітря в сушильній камері вище допустимої межі відкривається електромагнітний вентиль подачі в камеру холодної води, що розпоршується за допомогою душових насадок.

Для полегшення мийки установки при її санітарній обробці передбачена система мийки сушильної камери, що включає ємність для миючого розчину, відцентровий насос, шланг і гідропістолет для промивання важкодоступних частин.

Керування установкою централізоване і здійснюється за допомогою щита контролю і керування, щита тепло генератора в якій змонтовані прилади контролю й автоматичного регулювання, пускозахистна апаратура, органи керування (кнопки «пуск - стоп», перемикачі та ін.), засоби світлозвукової сигналізації.

Для зручності керування біля щита автоматики встановлюється комп'ютер, що дозволяє контролювати і регулювати всі необхідні параметри.

Розпилювальна сушарка призначена для здійснення процесу зневоднювання розпиленого рідкого продукту нагрітим повітрям і одержання сухого порошку (рис.5.2, рис.5.3). Вона складається з циліндричної сушильної камери 1 з дверима, кришкою 2 і днищем 3, відцентрового дискового розпилювача 5, пневмозбірника, відводу з приводним механізмом, огорожень і опорних стійок 4, виконавчих пристроїв системи імпульсно динамічного очищення стінок.

Корпус 2 сушарки представляє собою циліндричну ємність з привареним конічним днищем 3. У верхню кришку апарата 2 встановлено дисковий розпилювач 5. Сушіння відбувається за допомогою нагрітого в калорифері повітря. подача теплоносія здійснюється зверху. Опорами 4 для сушарки слугують підвісні лапи.

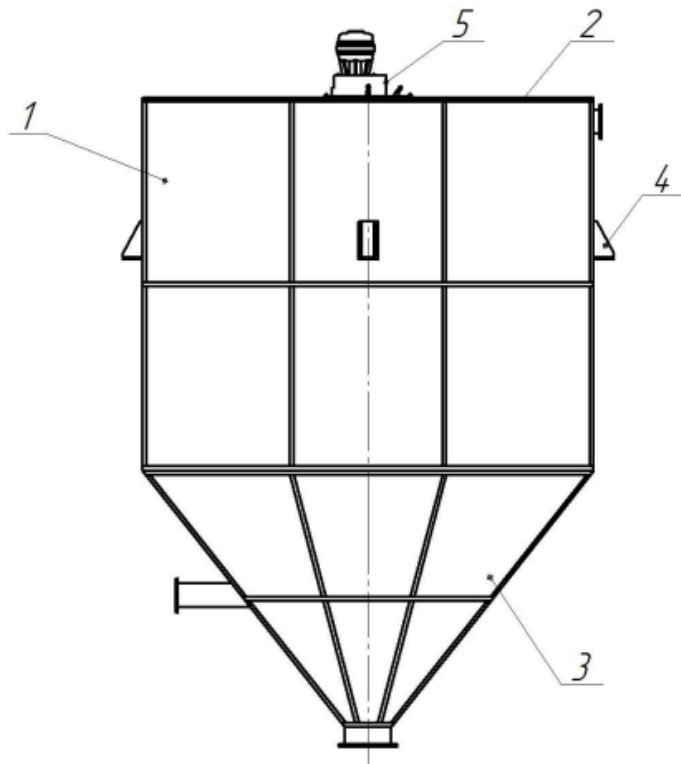


Рис.5.2 Схема сушильної камери розпилювальної сушарки:
 1 – корпус, 2 – кришка, 3 – днище, 4 – опори, 5 – розпилювач

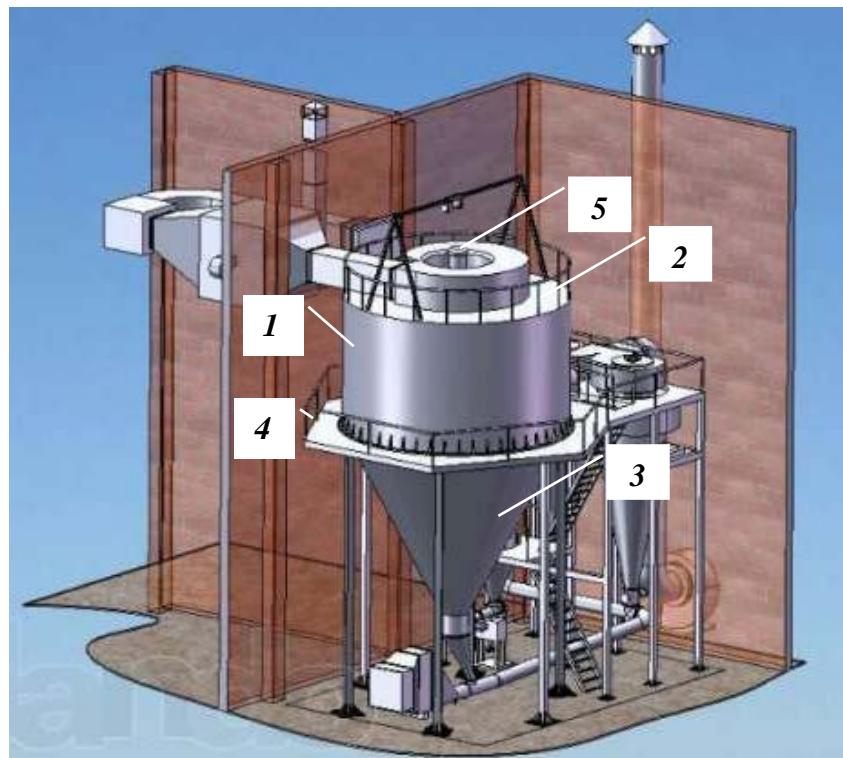


Рис.5.3 Розпилювальна сушильна установка А1-ОР2Ч:
 1 – корпус, 2 – кришка, 3 – днище, 4 – опори, 5 – розпилювач

Наявність оглядового вікна служить для спостереження за процесом та засобів контролю параметрів процесу. Поверхня апарату, трубопроводів теплоносіїв згідно з нормами техніки безпеки та для зменшення теплових витрат ізольована. Кришка сушильної камери складається з трьох частин: двох частин з вибуховими клапанами і центральної частини, виконаної як єдине ціле з розподільником повітря. В центрі розподільника повітря знаходиться опорний фланець для установки розпилювача.

Подаваний рідкий продукт розпилюється в об'ємі сушильної камери, а гаряче повітря, яке подається у повітророзподільник сушильної камери, кільцевим закрученим потоком направляється на факел продукту, який розпилюється. У результаті тепломасообміну потоків гарячого повітря і розпиленого продукту відбувається зневоднювання останнього з утворенням твердих часток. Частки продукту, осідаючи в об'ємі камери, несуться потоком відпрацьованого повітря через відвід днища камери в циклони, а частки, що осіли на дно камери, повертаються в потік повітря за допомогою пневмоприбиральника, а осіли на стінках камери частки відділяються системою імпульсно динамічного очищення стінок.

Повітророзподільник являє собою теплоізольований канал, що переходить у равлика, і конус з лопатками, що закручують. У центрі повітророзподільника, внутрішнє обшивання частин даху виконано з листової корозійно-стійкої сталі, каркас - із швелера №16, зовнішні поверхні з листової рифленої вуглецевої сталі, внутрішні порожнини заповнені мінеральною теплоізоляцією. У центральній частині маються два люки підсвічування камери.

Циліндрична частина сушильної камери складається із шести секцій, що збираються встик за допомогою болтових з'єднань і з проваренням швів внутрішньої обшивки. Одна секція виконана з дверима й оглядовим люком. Внутрішня оббивка секцій виконана з листової корозійно-стійкої сталі, каркас

– зі швелерів №5 і косинців 50x50, зовнішнє обшивання - з листового дюралюмінію. Внутрішній простір секцій заповнений теплоізоляцією.

Дно сушильної камери має кут при вершині конуса близько 160 ° і центральний отвір із фланцем для з'єднання з відводом. Складається з двох секторів, конструкція яких аналогічна конструкції секцій обичайки.

У верхній частині камери встановлений кільцевий перфорований трубопровід системи подачі холодної води в камеру. Вхідний патрубок виведений через дах камери.

Відвід сушильної камери виконаний з листової корозійностійкої сталі, являє собою набір з'єднаних зварюванням секторних кілець внутрішнім діаметром 750 мм і радіусом повороту 1100 мм. По осі камери через відвід проходить труба, у якій змонтовані опори порожнинного вала, який проходить через неї. На валу в сушильній камері змонтовані конус і два короби пневмоприбиральника, з'єднаних з конусом шарнірно, і ролики, що спираються на дно камери. Пневмоприбиральник обертається навколо осі камери за допомогою приводу, установлюваного під відводом на підлозі цеху, що складається з черв'ячного редуктора і мотор - редуктора. У відводі встановлені 2 термоперетворювачі опору - один для реєструючого приладу, другий, з токовим виходом, для частотного перетворювача.

Сушильна камера встановлюється на фундамент підлоги цеху на шести опорах - стійках, виконаних із труб 203x16. По периметрі даху камери встановлене огородження, виконане з труб 28 x 2,5.

Сушарка розпилююча має у своєму складі два датчики температури повітря, встановлені на відводі, датчик тиску повітря, встановлений у середній частині камер кінцевий вимикач дверей, світильник безпеки над дверима.

Установка сушильна може працювати в двох режимах - ручному (дистанційному) і автоматичному. Регульованим параметром є температура повітря на виході з сушильної камери, температура вхідного повітря.

Стабільність температури на виході, яка визначає вологість сухого продукту, підтримується регулюванням подачі на відцентровий розпилювач вихідного продукту.

Необхідна температура визначається видом продукту, уточнюється при налагодженні установки і задається за допомогою приладу автоматичного регулювання.

Установка сушильна може працювати в двох режимах - ручному (дистанційному) і автоматичному. Регульованим параметром є температура повітря на виході з сушильної камери, температура вхідного повітря.

Стабільність температури на виході, яка визначає вологість сухого продукту, підтримується регулюванням подачі на відцентровий розпилювач вихідного продукту.

Необхідна температура визначається видом продукту, уточнюється при налагодженні установки і задається за допомогою приладу автоматичного регулювання.

Будова і робота складових частин установки.

Система подачі продукту призначена для створення запасу рідкого продукту перед сушінням, його нагрівання або охолодження, перемішування і дозованої подачі на механізм розпилення, який складається з двох ємностей з мішалками, ємності для води, насоса-дозатора, панелей управління і комплекту трубопроводів.

Насос-дозатор також призначений для здійснення безрозбірного миття трубопроводів по закінченні процесу сушіння шляхом циркуляції по системі миючих розчинів, а також мийки розпилюючого пристрою.

Ємність для концентрату забезпечується верхньою кришкою, зі змонтованими на ній датчиками рівня, термоперетворювачем температури і мішалкою з приводом.

Частота обертання електродвигуна, і відповідно, подача насосу регулюються за допомогою частотного перетворювача зміною частоти напруги. В автоматичному режимі частотний перетворювач регулює подачу, залежно від температури продукту на виході з сушильної камери.

Комплект продуктопроводів виконаний з корозійно-стійких труб.

Установка теплогенераторна призначена для нагріву попередньо очищеного від пилу повітря і подачі його в сушильну камеру.

Складається з повітряного фільтра, нагнітального вентилятора, теплогенератора, фільтра гарячого повітря, системи повітряпроводів із заслінкою, що має механічний привід, труби димової.

Установка працює таким чином:

Повітря з приміщення за допомогою вентилятора проходить через повітряний фільтр, де очищається від пилу і подається через дифузор в теплогенератор. Нагріте повітря з теплогенератора через фільтр гарячого повітря подається в повітрярозподільник сушильної камери і в камери змішувачів систем обдування дна киплячого шару і стін камери сушильної.

Регулювання кількості повітря проводиться повітряною заслінкою з механічним приводом, встановленої на повітряпроводі гарячого повітря.

Повітряний фільтр являє собою прямокутний корпус на підставі, в якому встановлюються кишенькові фільтра.

Камера сушильна призначена для здійснення процесу зневоднення розпорошеного рідкого продукту нагрітим повітрям та отримання сухого порошку.

Складається з циліндрової сушильної камери з дверима, дахом і дном, відцентрового дискового розпилювача, огорож і опорних стійок і виконавчих пристроїв установки магнітно-імпульсної, забезпечена соплами для подачі гарячого повітря всередину камери.

Рідкий продукт, що подається, розпорошується в обсязі сушильної камери, гаряче повітря, що подається в повітрярозподільник сушильної камери, кільцевим закрученим потоком спрямовується на факел

розпорошуємого продукту. У результаті тепломасообміну потоків гарячого повітря і розпорошеного продукту відбувається зневоднення останнього з утворенням твердих частинок. Частинки продукту, осідаючи в об'ємі камери, в нижній частині отримують додатковий тангенціальний імпульс від гарячого повітря, що подається з сопел. Далі частина порошку несеться потоком відпрацьованого повітря в циклон, а частинки, що осіли на флюїдне дно камери досушуються в псевдозрідженому шарі.

Порошок, рухаючись по колу, осідає на флюїдне дно, і досягнувши певної висоти шару, - висипається в віброохолоджувач.

Дах камери складається з трьох частин, виконаних як єдине ціле з повітрярозподільником. Повітрярозподільник являє собою теплоізолюваний канал. У центральній частині є два люки підсвічування камери.

Циліндрична частина сушильної камери складається з шести секцій, зібраних встик за допомогою болтових з'єднань і з проваркою швів внутрішньої обшивки. Одна секція виконана з дверима і оглядовим люком. Внутрішня обшивка секцій виконана з листової корозійностійкої сталі, зовнішня обшивка - з нержавіючої сталі. Внутрішній простір секцій заповнений теплоізоляцією.

У верхній частині камери встановлений трубопровід системи подачі пари в камеру.

Відведення порошку - з дна сушильної камери.

Сушильна камера встановлюється на фундамент підлоги цеху на чотирьох опорах-стійках.

Камера сушильна забезпечена датчиками температури повітря, датчиком тиску повітря в камері, кінцевим вимикачем двері, світильником безпеки над дверима.

Система відсмоктування відпрацьованого повітря призначена для відводу відпрацьованого повітря і висушеного продукту з сушильної камери і віброохолоджувача, поділу їх в циклонах і подачі очищеного повітря в

атмосферу, складається з системи повітряпроводів, циклонів і установки відсмоктувального вентилятора.

Повітря з сушильної камери і віброохолоджувача, що містить сухий продукт в підвішеному стані, по повітряпроводам подається в циклони, де відбувається їх поділ. Сухий продукт з циклонів через живильник поступає в пневмотранспорт, очищене повітря пиловідвідним вентилятором подається в атмосферу. Повітряна магістраль, через яку здійснюється відвід повітря з віброохолоджувача, забезпечена шибером з приводом для регулювання ступеня розрідження в останньому.

Циклони виконані з листової корозійностійкої сталі, в нижній частині яких встановлюються виконавчі пристрої магнітно-імпульсної установки.

Повітряпроводи системи до циклону виконані з листової корозійностійкої сталі, з'єднання їх виконані швидкорозбірними, на струбцинах, що відкидаються.

Для автоматичного безрозбірного миття циклони та повітряпроводи можуть бути обладнані форсунками.

Віброохолоджувач призначений для досушування та охолодження порошку при транспортуванні його в умовах віброкиплячого шару.

Являє собою закриту камеру на пружній підвісці, встановлену на рамі. Камера виконана у вигляді короба, вздовж якого змонтована решітка, знизу якої подається повітря, а зверху порошок. Для зручності обслуговування камера забезпечена люками і оглядовими вікнами.

У поздовжньому відношенні камера поділена на два відділення - для порошку і для підведення повітря. Під камерою змонтований електровібратор, що створює зусилля для вібрації. У процесі роботи віброохолоджувача камера вібрує, порошок у зваженому положенні рухається через холодні зони, досушуючись і охолоджуючись. Інтегроване флюїдне дно виготовлене з перфорованого листа. Переріз отворів розрахований для кількості повітря, що забезпечує кипіння продукту.

Система обдування.

Система обдування камери сушильної і дна киплячого шару призначена для подачі повітря із заданою температурою в нижню частину сушильної камери і дно киплячого шару, з метою їх обдування.

Складається з вентилятора, забірного фільтра, воздуховода з вбудованими механічним і ручними шиберами, камери змішувальної і гнучких воздуховодов. Потік гарячого повітря з теплогенератора регулюється заслінкою з приводом, управляється системою, автоматично підтримує задану температуру на виході з вентилятора. Тиск повітря регулюється ручним шибером.

Система обдування віброохолоджувача призначена для подачі підігрітого, звичайного і охолодженого повітря під тиском, в зону охолодження віброохолоджувача.

Складається з повітряного фільтру, охолоджувача (системи нагріву), вентиляторів і системи повітряпроводів. Фільтр повітря призначений для очищення повітря і поділу повітряного потоку на дві магістралі. Охолоджувач призначений для охолодження і осушення повітря, що подається в зону охолодження віброохолоджувача.

Система нагріву призначена для підігріву повітря, що подається в зону досушки, в першу щабель віброохолоджувача.

Фільтри виконані знімними і змонтовані в корпусі. На бічній поверхні охолоджувача виведені патрубки калорифера для подачі і відведення крижаної води.

Краплевідділювач призначений для уловлювання крапель води, що утворюються при конденсації парів повітря на пластинах калорифера, і являє собою набір вертикальних зигзагоподібних пластин, встановлених перед підігрівачем.

6. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

6.1 Технологічний розрахунок сушильної башти

Приймаємо параметри сушильного процесу:

$\omega_1 = 50\%$ - вологість молока;

$W_1 = 500$ кг/год. - кількість видаленої вологи;

$t_1 = 190^\circ\text{C}$ - температура повітря при вході в сушильну камеру;

$t_2 = 90^\circ\text{C}$ - температура повітря при виході з сушильної башти;

$t_0 = 20^\circ\text{C}$ - температура повітря в приміщенні;

$\omega_2 = 8\%$ - кінцева вологість молока .

Знаходимо масу молока, яка надходить на сушку:

$$m = \frac{W}{1 - \frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2}}, \text{кг} / \text{год} \quad (6.1)$$

Тоді:

$$m = \frac{500}{1 - \frac{100 - 50}{100 - 8}} = 1080 \text{кг} / \text{год}$$

Знаючи продуктивність сушильної установки по сирому молоці та вологості ω_1 і ω_2 , знаходимо продуктивність сушильної установки по висушеному матеріалу:

$$G = m \cdot \left(\frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2} \right) = 1080 \cdot \left(\frac{100 - 50}{100 - 8} \right) = 580 \text{кг} / \text{год} \quad (6.2)$$

Кількість видаленої вологи при цьому буде:

$$W_2 = m - G = 1080 - 580 = 500 \text{кг} / \text{год} \quad (6.3)$$

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Корнєнко ЛВ.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Розпоч ОВ.	Назва, додаткова назва Розрахункова частина	201993.KP.02.006ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук МВ.		Інд.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/22

З урахуванням ККД установки який може бути в межах 80 – 85%, приймаємо ККД – 84%, перераховуємо продуктивність установки з урахуванням ККД:

$$G_{\text{прод}} = G \cdot 0,83 = 580 \cdot 0,83 = 480 \text{ кг/год} \quad (6.4)$$

Знаходимо діаметр сушильної камери:

$$D = 1,05 \cdot \sqrt[3]{\frac{W_1}{q}} \quad (6.5)$$

де: W_1 - годинна продуктивність по випареній волозі;

q - допустима напруга об'єму камери, $q = 4.5$.

Тоді:

$$D = 1.05 \cdot \sqrt[3]{\frac{500}{4.5}} = 5.04 \text{ м}$$

Приймаємо $D = 5$ м

Приймаємо висоту камери:

$$H = 1.2 \cdot D = 1.2 \cdot 5 = 6 \text{ м} \quad (6.6)$$

Знаходимо об'єм сушильної камери з рівняння:

$$V_k = \frac{W}{A} \quad (6.7)$$

де: $A = 5 \text{ кг/м}^3 \cdot \text{г}$ - величина, яка залежить від властивостей матеріалу, температурного режиму сушіння і конструктивних особливостей сушарки.

Тоді:

$$V_k = \frac{580}{5} = 116 \text{ м}^3$$

6.2 Тепловий розрахунок сушильної башти.

Вихідні дані для розрахунку:

продуктивність сушильної установки по випареній волозі кг/год - 580;

температура повітря в цеху – 20°C; температура гарячого повітря, що поступає в сушильну камеру – 190; °C температура гарячого повітря, що виходить з сушильної камери – 90°C; початкова вологість знежиреного

молока -50%; кінцева вологість сухого знежиреного молока - 8%.

Кількість теплоти, затраченої на сушіння знаходимо по кількості теплоти Q , необхідної для нагрівання повітря в калорифері:

$$Q = G_{II}(I_1 - I_0) \quad (6.8)$$

де I_0, I_1 - ентальпія повітря калорифера на вході і на виході з нього, кДж/кг;

G_{II} - кількість повітря для висушування, кг;

Кількість повітря знаходимо за формулою:

$$G_{II} = \frac{1000 \cdot W}{(d_2 - d_0)} \quad (6.9)$$

де W - кількість випареної вологи в сушильній камері;

d_2, d_1 - вологість повітря, що виходить з сушильної камери і що входить в неї, г вологи на 1 кг сухого повітря.

Для знаходження ентальпії і вологовмісту повітря необхідно побудувати процес сушки в $I - d$ діаграмі, для цього спочатку знаходимо два основних параметра повітря, яке забирається для сушки.

По температурі та відносній вологості повітря знаходимо точку, що характеризує основні параметри повітря перед забором його в калорифер сушильної установки. При температурі повітря 20°C і відносній вологості $\varphi=70\%$, на перетині цих двох ліній отримуємо точку А, по якій знаходимо вологовміст $d_0=10$ г/кг сухого повітря і ентальпію $I_0=45$ кДж/кг. Далі повітря поступає в калорифер, де нагрівається при постійному вологовмісті до 190°C . В результаті перетину лінії $d_0=10$ г/кг сухого повітря з ізотермою $t=190^\circ\text{C}$ отримуємо точку В, що характеризує параметри повітря на виході з калорифера і вході в сушильну камеру ($d_1=10$ г/кг сухого повітря, $I_1=220$ кДж/кг сухого повітря).

При теоретичному процесі сушки повітря, що поступає в сушильну камеру, віддає тепло на випаровування вологи з матеріалу і сприймає його назад разом з

випареною вологою, тому в процесі сушки ентальпія повітря залишається

незмінною. Знаючи кінцеву температуру повітря, що виходить з сушильної камери, можна отримати на перетині лінії $I=220$ кДж/кг сухого повітря і лінії $t_2=90^\circ\text{C}$ точку С, що характеризує параметри повітря на виході з сушки ($d_2=49$ г/кг сухого повітря, $I_2=220$ кДж/кг).

Таким чином, отримані основні дані для знаходження теоретичної витрати повітря і теплоти на нагрівання повітря. Але процес сушки супроводжується втратами теплоти, з урахуванням яких визначають дійсне положення точки С на $I - d$ діаграмі. Цю точку можна знайти, відкладаючи на діаграмі втрати теплоти, розраховані аналітично. Розрахунок втрат показує, що дійсні витрати тепла на 15 – 20% більші від теоретичного.

Кількість повітря для сушіння:

$$G_{\Pi} = \frac{1000 \cdot 500}{(49 - 10)} = 12820 \text{ кг}$$

Кількість теплоти, затраченої на сушіння:

$$Q = 12820 \cdot (220 - 45) = 2,2 \cdot 10^6 \text{ кДж}$$

Витрати пари D на нагрівання повітря розраховуємо за формулою:

$$D = \frac{Q}{[(i_v - i_c) \cdot \eta]} \quad (6.10)$$

де i_n, i_k - ентальпія гріючої пари і конденсату, кДж/кг;

$\eta = 0,95$ - ККД калорифера;

За температурою конденсату $t_k = 146^\circ\text{C}$ і його теплоємністю $c = 4,2$ кДж/кг знаходимо ентальпію конденсату:

$$i_{\text{кон}} = 146 \cdot 4,2 = 613,2 \text{ кДж / кг};$$

За температурою гріючої пари $t_{г.п.} = 247^\circ\text{C}$ і її теплоємністю $c = 5,5$ кДж/кг знаходимо ентальпію гріючої пари:

$$i_{г.п.} = 247 \cdot 5,5 = 1358,5 \text{ кДж / кг};$$

тоді витрати пари:

$$D = \frac{2,2 \cdot 10^6}{[(1358,5 - 613,2) \cdot 0,95]} = 960,5 \text{ кг} / \text{год};$$

Термічний коефіцієнт розпилювальної сушильної установки знаходимо за формулою:

$$\tau = \frac{(t_{\text{вих.к.}} - t_{\text{вих.с.б.}})}{(t_{\text{вих.к.}} - t_{\text{вх.к.}})} \quad (6.11)$$

де $t_{\text{вих.к.}}$, $t_{\text{вх.к.}}$, $t_{\text{вих.с.б.}}$ - відповідно температура повітря, що виходить з калорифера; що входить у калорифер, а також температура повітря, яка виходить з сушильної башти, °C

$$\tau = \frac{(190 - 90)}{(190 - 20)} = 0,588$$

Важливими показниками процесу сушіння є кількість вологи, що видалається з продукту $B_{\text{вид.}}$ і розраховується за формулою:

$$B_{\text{вид.}} = B_1 - B_p \quad (6.12)$$

де B_1 - початкова вологість молока %, $B_1 = 50\%$,

B_p - рівноважна вологість сухого молока

$$\lg B_p = 0,01445 \cdot \varphi_i + \lg(1,423 + 0,00543 \cdot t) \quad (6.13)$$

де φ_n - відносна вологість повітря, %;

t - температура повітря, °C;

$$\lg B_p = 0,01445 \cdot 70 + \lg(1,423 + 0,00543 \cdot 20) = 1,2$$

Тоді:

$$B_{\text{вид.}} = 50 - 1,2 = 48,8\%$$

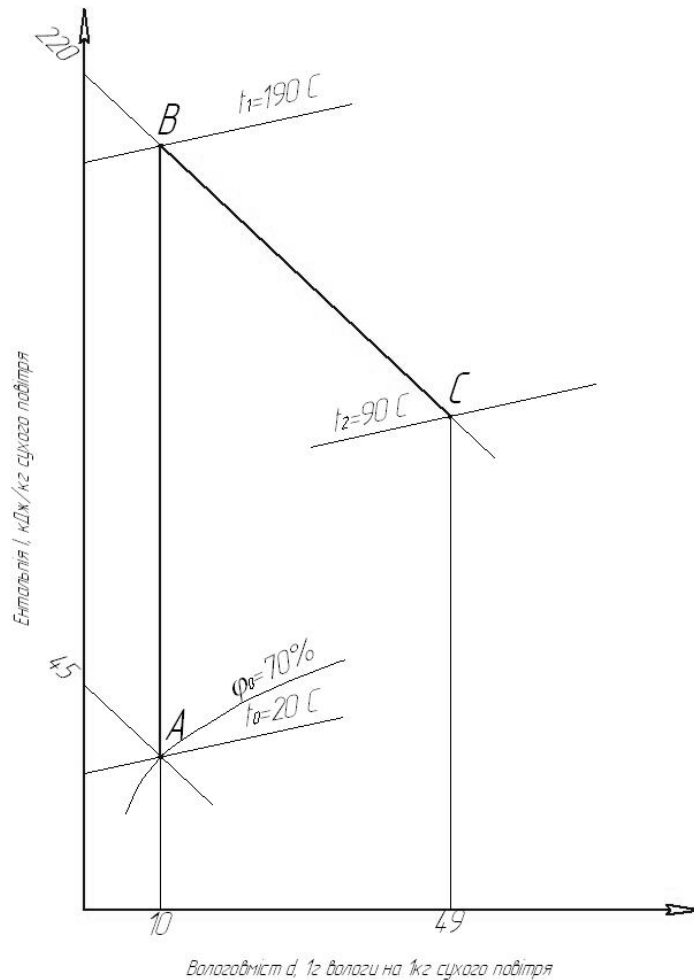


Рис.6.1. I-d діаграма вологого повітря

6.3 Розрахунок розпилювального диску

Діаметр розпилювача знаходимо за формулою:

$$D = \frac{\omega}{\pi \cdot n} \quad (6.14)$$

де: n – кількість обертів диску об/хв.

Тоді:

$$D = \frac{60 \cdot 150}{3.14 \cdot 12000} \approx 0.25 \text{ м} = 250 \text{ мм.}$$

Існує ряд формул, що дозволяють знайти діаметр або радіус факела розпилу, одним з яких є вираз:

$$R_{\phi} = \frac{21.7 \cdot d \cdot \rho_m^{cp}}{C \rho_n} \cdot \lg \frac{\omega_n}{\omega_k} \quad (6.15)$$

де: ω_n - початкова швидкість польоту краплі м/с, $\omega_n = 150$ м/с;

ω_k - кінцева швидкість падіння краплі; $\omega_k = 0,5$ м/с;

ρ_m^{cp} - середня густина розпилюємого молока, кг /м³

$$\rho_m^{cp} = \frac{\rho_m^g + \rho_m^k}{2}; \quad (6.16)$$

ρ_m^g, ρ_m^k - густина молока на початку та в кінці процесу, кг/м³.

$\rho_m^g = 1080$ кг/м³, $\rho_m^k = 800$ кг/м³.

Тоді:

$$\rho_m^{cp} = \frac{1080 + 800}{2} = 940 \text{ кг} / \text{м}^3$$

C - коефіцієнт; C = 1,3;

ρ_n - густина повітря; $\rho_n = 1,27$ кг/м³; ω - початкова швидкість польоту краплі;

$\omega = 150$ м/с. d - діаметр краплі, м;

Діаметр краплі при дисковому розпиленні знаходять за формулою:

$$d = \frac{98,5}{n} \cdot \sqrt{\frac{\sigma}{\rho_m \cdot R_{\delta} \cdot g}}, \quad (6.17)$$

де: σ - поверхневий натяг, Н/м;

R_{δ} - радіус диска;

Тоді:

$$d = \frac{98,5}{12000} \cdot \sqrt{\frac{0,042}{1080 \cdot 0,125 \cdot 9,81}} = 0,000046 = 46$$

Якщо врахувати діаметр краплі 46 мкм, тоді довжина польоту краплі буде:

$$R_{\phi} = \frac{21,7 \cdot 46 \cdot 10^{-6} \cdot 940}{1,3 \cdot 1,27} \cdot \lg \frac{150}{0,5} = 1,4 \text{ м}$$

Бачимо, що середня відстань польоту краплі менше радіусу камери 3м.

Діаметр каналу сопел знаходимо за формулою:

$$d_c = 18.8 \sqrt{\frac{m}{i \cdot \rho_i \cdot \omega}}; \quad (6.18)$$

де i - кількість сопел; $i=6$;

Тоді:

$$d_c = 18.8 \sqrt{\frac{1900}{6 \cdot 1080 \cdot 150 \cdot 3600}} = 0.014 \text{ м} = 14 \text{ мм};$$

Тоді діаметр каналу сопел знаходимо за формулою:

$$d_c = 18.8 \sqrt{\frac{m}{i \cdot \rho_i \cdot \omega}}; \quad (6.19)$$

звідки:

$$d_c = 18.8 \sqrt{\frac{2090}{8 \cdot 1080 \cdot 150 \cdot 3600}} = 0.012 \text{ м} = 12 \text{ мм};$$

6.4 Розрахунок приводу розпилювача

Знаходимо потрібну потужність на валу розпилювача:

$$N = \frac{(k_0 \cdot D^2 \cdot \omega + 0,37) \cdot 10^{-4} \cdot \omega}{\eta_m}, \quad (6.20)$$

де k_0 - дослідний коефіцієнт, рівний 35...55;

D - діаметр диску, м;

ω - колова швидкість диску, м/с;

η_m - механічний ККД.

Тоді:

$$N = \frac{(35 \cdot 0,25^2 \cdot 150 + 0,37) 10^{-4} \cdot 150}{0,83} = 19,9 \text{ кВт};$$

Потужність затрачену на опір сопел знаходимо з дослідних даних проведених МТІХП, при швидкості обертання 12000об/хв та довжиною сопла 0,075м, потужність на одне сопло становить 100Вт, знайдемо повну потужність:

$$N_p = N + 8 \cdot N_{\text{сопла}} = 19,9 + 8 \cdot 0,1 = 20,7 \text{ кВт}$$

Знаходимо крутний момент на валу розпилювача:

$$T_p = 9550 \frac{N_p}{n_p} = 9550 \frac{20.7}{12000} = 16.47 \text{ Нм}$$

Знаходимо потужність на валу електродвигуна:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_p}{\eta_1 \cdot \eta_2} \quad (6.21)$$

де: $\eta_1=0,99$ – ККД пари підшипників;

$\eta_2=0,96$ – ККД пасової передачі;

Тоді:

$$N_{\text{дв}} = \frac{20,7}{0,99 \cdot 0,96} = 21,7 \text{ кВт}$$

Знаходимо крутний момент на валу електродвигуна:

$$T_{\text{дв}} = 9550 \frac{N_{\text{дв}}}{n_{\text{дв}}}, \quad (6.22)$$

$$T_{\text{дв}} = 9550 \frac{22}{2945} = 74.33 \text{ Н}$$

Вибираємо електродвигун 4А 180S2УЗ; потужністю $N_{\text{дв}}=22$ кВт, частотою обертання $n_{\text{дв}}=2945$ об/хв, ККД двигуна $\eta=88,5\%$.

6.5 Розрахунок плоскопасової передачі розпилювача

Вихідні дані для розрахунку

потужність, яку передає передача $N_1=22$ кВт; кутова швидкість ведучого шківів $\omega_1=308$ рад/с; кутова швидкість веденого шківів $\omega_2=1256$ рад/с; передача працює одну зміну при незначних коливаннях навантаження.

Для даної передачі беремо плоский гумотканинний пас із бельтінга 820 за ГОСТ 23831-79 з числом прокладок $i_{\text{п}}=5$, завтовшки $\delta=7,5$ мм (табл.21.4) [13].

Передаточне число передачі $i = \omega_2 / \omega_1 = 1256 / 308 = 4,07$

Визначимо діаметр більшого ведучого шківів:

$$= (520 \dots 610) \cdot \sqrt[3]{\frac{N_1}{\omega_1}} = (520 \dots 610) \cdot \sqrt[3]{\frac{22}{308}} = (216 \dots 253) \text{ мм}$$

Згідно зі стандартом беремо $d_1 = 250$ мм.

Відношення $d_1/\delta = 250/7,5 = 33,3$, що відповідає рекомендаціям 21.5[13].

Визначимо швидкість паса:

$$v = \omega_1 \cdot d_1 / 2 = 308 \cdot 250 / 2 = 38500 \text{ мм/с} = 38,5 \text{ м/с},$$

що допускається для гумотканинних плоских пасів.

Визначимо діаметр веденого шківів:

$$d_2 = d_1 / i = 250 / 4,07 = 61,4 \text{ мм.}$$

За стандартом $d_2 = 63$ мм.

Фактичне передаточне число передачі

$$I = d_1 / d_2 = 250 / 63 = 3,97.$$

Визначаємо міжосьову відстань передачі:

$$a = 2 (d_1 + d_2) = 2 (250 + 63) = 626 \text{ мм.}$$

Кут обхвату більшого шківів:

$$\alpha_1 = 180 + 57 (d_1 - d_2) / a = 180 + 57 (250 - 63) / 626 = 197^\circ.$$

Кут обхвату меншого шківів:

$$\alpha_2 = 180 - 57 (d_1 - d_2) / a = 180 - 57 (250 - 63) / 626 = 163^\circ.$$

Розрахункова довжина паса:

$$l = 2a + \pi(d_1 + d_2) / 2 + (d_1 - d_2)^2 / 4a = 2 \cdot 626 + 3,14 (250 + 63) / 2 + (250 - 63)^2 / (4 \cdot 626) = 1758 \text{ мм.}$$

Розрахункове корисне навантаження, яке передає передача.

$$F_t = N_1 / v = 22000 / 38,5 = 571,5 \text{ Н}$$

Для розрахунку вибраного паса на тягову здатність беремо оптимальне питоме корисне навантаження, що може передаватись одиницею ширини паса, $i_{\text{пфто}} = 14$ Н/мм при питомій силі попереднього натягу віток паса, яка припадає на одиницю товщини однієї прокладки, $f_o = 2,25$ Н/мм.

Допустиме питоме корисне навантаження:

$$[i_{\text{пфто}}] = i_{\text{пфто}} \cdot C_\gamma \cdot C_\alpha \cdot C_\nu \cdot C_p = 14 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,949 \cdot 0,4471 \cdot 1 = 5,94 \text{ Н/мм.}$$

Тут вибрані такі значення розрахункових коефіцієнтів:

$$C_\gamma=1; C_\alpha=1 - 0.003(180 - \alpha_2) = 1 - 0.003(180 - 163) = 0.949; C_\nu=1.04 - 0.0004 \cdot 38.5^2 = 0.4471; C_p=1.$$

Потрібна ширина паса:

$$b = F_v / [i_{\text{н}} f_{i\sigma}] = 571.5 / 5.94 = 96.21 \text{ мм.}$$

Вибираємо стандартну ширину паса $b = 100 \text{ мм}$.

Площа поперечного перерізу паса:

$$A = b \cdot \delta = 100 \cdot 7.5 = 750 \text{ мм}^2.$$

Потрібна сила попереднього натягу віток паса:

$$F_o = f_o \cdot i_{\text{п}} \cdot b = 2.25 \cdot 5 \cdot 100 = 1125 \text{ Н.}$$

Визначаємо навантаження на вали пасової передачі:

$$R = 2F_o \cdot \sin(\alpha_1/2) = 2 \cdot 1125 \cdot \sin(163/2) = 2225.3 \text{ Н.}$$

Для визначення строку служби паса визначимо складові максимального напруження, яке виникає у пасі під час роботи передачі:

напруження попереднього натягу

$$\sigma_o = F_o / A = 1125 / 750 = 1.5 \text{ МПа};$$

напруження від корисного навантаження

$$\sigma_t = F_v / A = 571.5 / 750 = 0.762 \text{ МПа};$$

напруження від дії відцентрової сили

$$\sigma_\nu = 10^{-6} \cdot \rho \cdot v^2 = 10^{-6} \cdot 1.15 \cdot 10^3 \cdot 38.5^2 = 1.704 \text{ МПа};$$

напруження згину у пасі

$$\sigma_{\text{зг}} = E \cdot \delta / d_2 = 200 \cdot 63 = 23.8 \text{ МПа.}$$

Значення $\rho = 1.15 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ та $E = 200 \text{ МПа}$ вибрані з табл.

Визначаємо максимальне напруження у пасі

$$\sigma_{\text{max}} = \sigma_o + 0.5 \cdot \sigma_t + \sigma_\nu + \sigma_{\text{зг}} = 1.5 + 0.5 \cdot 0.762 + 1.704 + 23.8 = 27.385 \text{ МПа.}$$

При обмеженій границі витривалості $\sigma_N = 7 \text{ МПа}$, показнику степеня кривої

втоми $m = 6$ (табл. 21.3) [13], числі шківів $n = 2$ та $\nu = 0.5$ визначаємо строк служби паса:

$$h = 10^7 (\sigma_N / \sigma_{\text{max}})^m / (3600 \nu \cdot n \cdot \nu) = 10^7 \cdot (7 / 27.385)^6 / (3600 \cdot 21.89 \cdot 2 \cdot 0.5) =$$

=1274.3 год.

6.6. Перевірочний розрахунок нагнітаючого вентилятора для сушильної башти

Вихідні дані для розрахунку:

витрата повітря $G_{\text{п}}=12820/1,27=10100\text{м}^3/\text{год}$; тиск – $2,5\text{кПа}=230\text{кг}/\text{м}^2$;
встановлено вентилятори відцентрового типу Ц 7-40 №6.

Знаючи повний тиск, що розвивається вентилятором, знайдемо динамічний та статистичний тиск.

Величина динамічного тиску – приймаємо 15-40% від повного:

$$P_{\text{дин}} = \frac{250 \cdot 15}{100} = 37,5 \text{ кг} / \text{м}^2;$$

Величина статистичного тиску буде дорівнювати:

$$P_{\text{ст}} = 250 - 37,5 = 212,5 \text{ кг} / \text{м}^2;$$

Знаходимо швидкість повітря в нагнітаючому вентиляторі:

$$C = \sqrt{\frac{2g \cdot P_{\text{дин}}}{\gamma}}; \quad (6.25)$$

де $\gamma = 1,27 \text{ кг}/\text{м}^3$ – питома вага 1м^3 повітря при температурі 20°C .

Тоді:

$$C = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 37,5}{1,27}} = 24 \text{ м} / \text{с};$$

Знайдемо переріз вихідного штуцера:

$$F = \frac{G_n}{C} = \frac{10100}{3600 \cdot 24} = 0,12 \text{ м}^2; \quad (6.26)$$

Колова швидкість ротора, необхідна для створення тиску $250\text{кг}/\text{м}^2$, знаходиться за формулою:

$$P = \varphi \frac{g_p^2}{g} \gamma \quad (6.27)$$

де φ – коефіцієнт, що залежить від форми лопатей; у вентиляторів Ц 7-40 лопаті радіальні, тому $\varphi = 0,7-0,9$, тоді швидкість буде дорівнювати:

$$g_2 = \sqrt{\frac{gP}{\varphi\gamma}} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot 250}{0,7 \cdot 1,27}} = 52,5 \text{ м/с};$$

Знаходимо частоту обертання ротора і його діаметр, використовуючи співвідношення, так як:

$$g_2 = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n}{60} = 52,5 \text{ м/с}, \text{ то}$$

$$D_2 n = 60 \cdot 52,5 / 3,14 = 1003,2; \quad D_2 = D_1 / m;$$

де D_2 - зовнішній діаметр ротора, м;

D_1 - діаметр внутрішнього кола ротора, м;

m - коефіцієнт, що залежить від величини тиску. Для вентиляторів середнього тиску $m=0,5-0,85$.

Тоді:

$$D_2 n = \frac{D_1 n}{m}, \quad (6.28)$$

звідки

$$D_1 = A \sqrt[3]{\frac{G}{n}}, \text{ де } A=3,24 - 4$$

Вирішуємо систему рівнянь:

$$D_1 n = D_2 n \cdot m = 1003,2 \cdot 0,85 = 853$$

$$D_1 = 3,24 \cdot \sqrt[3]{\frac{10100}{3600 \cdot n}}; \quad n = \frac{853}{D_1}; \Rightarrow n = 853 / m = 853 / 0,85 = 1003,5;$$

звідси маємо

$$D_1 = 3,24 \cdot \sqrt[3]{\frac{10100}{3600 \cdot 1003,5}} = 0,46 \text{ м}$$

$$D_2 = \frac{D_1}{m} = \frac{0,46}{0,85} = 0,54 \text{ м};$$

Приймаємо $D_2=600$ мм, що відповідає діаметру колеса вентилятора Ц 7-40.

Перерахуємо частоту n і діаметр D_1 :

$$n = \frac{D_1 n}{D_1} = \frac{853}{0,46} = 1854,3 \text{ хв}^{-1},$$

де $D_1 = D_2 \cdot m = 0,54 \cdot 0,85 = 0,46 \text{ м};$

Висота лопаті в зігнутому вигляді:

$$Z = \frac{D_2 - D_1}{2} = \frac{0,54 - 0,46}{2} = 0,04 \text{ м.}$$

Число лопатей:

$$n_1 = \frac{\pi \cdot D_2^2}{k} = \frac{3,14 \cdot 0,54^2}{0,15} = 6,1$$

Приймаємо 8 лопатей.

Характеристика відцентрового вентилятора Ц 7-40 №6:

$$G = 10100 \text{ м}^3 / \text{год} \quad \eta = 0,55$$

$$H = 250 \text{ кг} / \text{м}^2 \quad N = 14 \text{ кВт}$$

$$n = 1860 \text{ хв}^{-1} \quad D_2 = 540 \text{ мм}$$

Для приводу даного вентилятора підходить двигун 4A160S4Y3 потужністю $N=15 \text{ кВт}$, $n=1465 \text{ хв}^{-1}$.

6.7. Технологічний розрахунок вібраційної сушки

Вихідні дані:

продуктивність установки по вологому продукту $G_1=500 \text{ кг/год}$;

початкова вологість продукту - $W_1=8 \%$;

кінцева вологість продукту - $W_2=3 \%$;

температура сушильного агента – $t_1=120 \text{ }^\circ\text{C}$;

максимально допустима температура нагріву продукту – $t_m=100 \text{ }^\circ\text{C}$;

швидкість сушильного агента – $v=1,7 \text{ м/с}$;

початкова температура продукту – $t_n=90 \text{ }^\circ\text{C}$;

температура навколишнього середовища – $t_3=20 \text{ }^\circ\text{C}$;

товщина шару продукту – $h=25 \text{ мм}$;

швидкість холодного повітря – $v_{ox}=1,7 \text{ м/с}$.

1. Визначаємо швидкість сушки продукту в зоні нагріву:

$$N^C = \left[0.46 \cdot (t_1 - 60)^{0.7} + k \cdot (\omega_1 - 25) + 8 \right] \cdot \sqrt{v \cdot \rho_g} \cdot \left(\frac{G_1}{F_p} \right)^{-0.6} =$$

$$= \left[0.46 \cdot (120 - 60)^{0.7} + 0.48 \cdot (8 - 25) + 8 \right] \cdot \sqrt{1.7 \cdot 0.9} \cdot (9.5)^{-0.6} = 2.538 \% / \text{хв}$$

Значення $k=0,48$ приймаємо з графіка.

Величину початкового питомого навантаження продукту на решітку розраховуємо по товщині шару продукту та питомій насинній вазі.

$$\frac{G_1}{F_p} = \rho_{\text{нас}} \cdot h = 0.025 \cdot 380 = 9.5 \text{ кг} / \text{м}^2$$

2. Визначаємо тривалість циклу нагріву продукту до максимально допустимої

температури без врахувань втрат в навколишнє середовище:

$$\tau_1 = \frac{C'_3 \cdot (100 + \omega_1)}{N} \cdot \left[1 - \left(\frac{A - B \cdot t_n}{A - B \cdot t_m} \right)^{\frac{N^C}{B \cdot (100 + \omega_1)}} \right] =$$

$$\frac{0.417 \cdot (100 + 8)}{2.538} \cdot \left[1 - \left(\frac{4.58 - 0.04 \cdot 100}{4.58 - 0.04 \cdot 90} \right)^{\frac{2.538}{0.04 \cdot (100 + 8)}} \right] = 113.5 \text{ сек}$$

$$A = \left(\frac{v \cdot \rho_2 \cdot c_p}{\rho_{\text{нас}} \cdot h} - \frac{0.05515 \cdot N^C}{(100 + w_1)} \right) \cdot t_1 - \frac{627.1 \cdot N^C}{(100 + w_1)} =$$

$$= \left(\frac{1.7 \cdot 0.9 \cdot 0.25}{9.5} - \frac{0.05515 \cdot 2.538}{(100 + 8)} \right) \cdot 120 - \frac{627.1 \cdot 2.538}{(100 + 8)} = 4.58$$

$$A = \left(\frac{v \cdot \rho_2 \cdot c_p}{\rho_{\text{нас}} \cdot h} - \frac{0.61515 \cdot N^C}{(100 + w_1)} \right) = \left(\frac{1.7 \cdot 0.9 \cdot 0.25}{9.5} - \frac{0.61515 \cdot 2.538}{(100 + 8)} \right) = 0.4$$

$$C'_3 = \frac{100 \cdot c_{c.\text{печ}} + w_1}{(100 + w_1)} = \frac{100 \cdot 0.37 + 8}{(100 + 8)} = 0.417$$

Визначаємо зниження вологості при виході з зони нагріву

$$\Delta W^C = N^C \cdot \tau_1 = \frac{2.538 \cdot 113.5}{60} = 5.1\%$$

Вологість продукту на виході з зони нагріву

$$W_2 = W_1 \cdot \Delta W^C = 8 - 5.1 = 2.9\%$$

Кількість води випареної в зоні нагріву

$$W = \frac{W_1 - W_2}{100 + W_1} \cdot G_1 = \frac{8 - 2.9}{100 + 8} \cdot 500 = 23.667 \text{ кг/год}$$

Потрібна площа решітки для зони нагріву

$$F_p = \frac{G_1 \cdot \tau}{\rho_{\text{нас}} \cdot h} = \frac{500 \cdot 113.5}{380 \cdot 0.025 \cdot 3600} = 1.593 \text{ м}^2$$

Розміри робочої камери:

ширину прийемо конструктивно: $A=1000$ мм.

$$B = \frac{F_p}{1} = \frac{1.593}{1} = 1.593 \text{ м}$$

Довжину прийемо $B=1600$ мм.

Потрібна кількість сушильного агента

$$V = v \cdot F_p \cdot 3600 = 1.7 \cdot 1.593 \cdot 3600 = 9749.16 \text{ м}^3$$

З конструктивних міркувань приймаємо розміри зони охолодження такими ж що нагріву.

Потрібна кількість повітря для охолодження

$$V_{ox} = v_{ox} \cdot F_p \cdot 3600 = 1.5 \cdot 1.593 \cdot 3600 = 8602.2 \text{ м}^3$$

Витрати тепла на 1 кг випареної води

$$q = \frac{V}{V_o} (I_1 - I_0) = \frac{2800}{1.15} \frac{(30.8 - 1.37)}{22.6} = 3171 \text{ Дж/кг випар.води}$$

де: I_1 = ентальпія сушильного агента при вході в зону нагріву; I_0 = ентальпія зовнішнього повітря; V_0 = об'єм вологого повітря в $\text{м}^3/\text{кг}$ сухого повітря при початкових параметрах сушильного агента.

Визначаємо потужність, потрібну для електродвигунів вентиляторів :
для зони нагріву

$$N_{\epsilon} = \frac{V \cdot H}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_{\epsilon} \cdot \eta_m \cdot \eta_n} = \frac{9749.16 \cdot 220}{3600 \cdot 102 \cdot 0.6 \cdot 0.96 \cdot 0.95} = 10.67 \text{ кВт}$$

де : H= загальний опір киплячого шару та газового тракту;

η_v = ККД вентилятора: $\eta_v=0,6$;

η_m = механічний ККД вентилятора: $\eta_m=0,96$;

η_n = ККД передачі від електродвигуна до вентилятора: $\eta_n=0,95$;

для зони охолодження

$$N_{\epsilon} = \frac{V \cdot H}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_{\epsilon} \cdot \eta_m \cdot \eta_n} = \frac{8602.02 \cdot 220}{3600 \cdot 102 \cdot 0.6 \cdot 0.96 \cdot 0.95} = 9.4 \text{ кВт}$$

6.8. Розрахунок нагнітаючого вентилятора для другої стадії сушіння

Вихідні дані для розрахунку:

витрата повітря $G_{\text{п}}=9749,16 \text{ м}^3/\text{год}$; тиск – $2,5 \text{ кПа}=230 \text{ кг}/\text{м}^2$.

Знаючи повний тиск, що розвивається вентилятором, знайдемо динамічний та статистичний тиск.

Величина динамічного тиску – приймаємо 15-40% від повного:

$$P_{\text{дин}} = \frac{250 \cdot 15}{100} = 37,5 \text{ кг}/\text{м}^2;$$

Величина статистичного тиску буде дорівнювати:

$$P_{\text{ст}} = 250 - 37,5 = 212,5 \text{ кг}/\text{м}^2;$$

Знаходимо швидкість повітря в нагнітаючому вентиляторі:

$$C = \sqrt{\frac{2g \cdot P_{\text{дин}}}{\gamma}}; \quad (6.29)$$

де $\gamma = 1,27 \text{ кг}/\text{м}^3$ – питома вага 1 м^3 повітря при температурі 20°C .

Тоді:

$$C = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 37,5}{1,27}} = 24 \text{ м}/\text{с};$$

Знайдемо переріз вихідного штуцера:

$$F = \frac{G_n}{C} = \frac{9749,16}{3600 \cdot 24} = 0,112 \text{ м}^2;$$

Колова швидкість ротора, необхідна для створення тиску 250 кг/м^2 , знаходиться за формулою:

$$P = \varphi \frac{g_p^2}{g} \gamma \quad (6.30)$$

де φ – коефіцієнт, що залежить від форми лопатей; у вентиляторів Ц 7-40 лопаті радіальні, тому $\varphi = 0,7-0,9$, тоді швидкість буде дорівнювати:

$$g_2 = \sqrt{\frac{gP}{\varphi\gamma}} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot 250}{0,7 \cdot 1,27}} = 52,5 \text{ м/с};$$

Знаходимо частоту обертання ротора і його діаметр, використовуючи співвідношення, так як:

$$g_2 = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n}{60} = 52,5 \text{ м/с}, \text{ то}$$

$$D_2 n = 60 \cdot 52,5 / 3,14 = 1003,2; \quad D_2 = D_1 / m;$$

де D_2 - зовнішній діаметр ротора, м;

D_1 - діаметр внутрішнього кола ротора, м;

m - коефіцієнт, що залежить від величини тиску. Для вентиляторів середнього тиску $m=0,5-0,85$.

Тоді:

$$D_2 n = \frac{D_1 n}{m}, \text{ звідки}$$

$$D_1 = A \sqrt[3]{\frac{G}{n}}, \text{ де } A=3,24 - 4$$

Вирішуємо систему рівнянь:

$$D_1 n = D_2 n \cdot m = 1003,2 \cdot 0,85 = 853$$

$$D_1 = 3,24 \cdot \sqrt[3]{\frac{9749,16}{3600 \cdot n}}; \quad n = \frac{853}{D_1}; \Rightarrow n = 853/m = 853/0,85 = 1003,5;$$

звідси маємо

$$D_1 = 3,24 \cdot \sqrt[3]{\frac{9749,16}{3600 \cdot 1003,5}} = 0,451 \text{ м}$$

$$D_2 = \frac{D_1}{m} = \frac{0,451}{0,85} = 0,53 \text{ м};$$

Приймаємо $D_2=600\text{мм}$, що відповідає діаметру колеса вентилятора Ц5-45-8В1.01.У2.

Перерахуємо частоту n і діаметр D_1 :

$$n = \frac{D_1 n}{D_1} = \frac{853}{0,46} = 1854,3 \text{ хв}^{-1}, \quad \text{де } D_1 = D_2 \cdot m = 0,54 \cdot 0,85 = 0,46 \text{ м};$$

Висота лопаті в зігнутому вигляді:

$$Z = \frac{D_2 - D_1}{2} = \frac{0,54 - 0,46}{2} = 0,04 \text{ м}.$$

Число лопатей:

$$n_1 = \frac{\pi \cdot D_2}{k} = \frac{3,14 \cdot 0,54^2}{0,15} = 5,1$$

Приймаємо 6 лопатей.

Характеристика відцентрового вентилятора Ц5-45-8В1.01.У2. :

$$G=10100 \text{ м}^3 / \text{год} \quad \eta = 0,55$$

$$H=240 \text{ кг} / \text{м}^2 \quad N = 11,4 \text{ кВт}$$

$$n=1860 \text{ хв}^{-1} \quad D_2 = 540 \text{ мм}$$

Для приводу даного вентилятора підходить двигун 4А134М4 потужністю $N=12 \text{ кВт}$, $n=1465 \text{ хв}^{-1}$.

6.9. Перевірочний розрахунок калорифера для підігрівання повітря, яке подається в сушильну камеру

Вихідні дані для розрахунку:

кількість повітря, що подається в сушильну камеру, $G_{\text{п}}=10100 \text{ м}^3/\text{год}$;

початкова температура повітря $t_n = 20^{\circ}\text{C}$; кінцева температура повітря $t_k = 190^{\circ}\text{C}$; теплоносій – пар з температурою $t = 247^{\circ}\text{C}$ і тиском $P = 1,1\text{МПа}$; витрата тепла на нагрівання повітря $Q = 4,9 \cdot 10^6 \text{кДж/год}$.

Знаходимо секундну витрату тепла на нагрівання повітря:

$$Q' = \frac{Q}{3600} = \frac{2,2 \cdot 10^6}{3600} = 610 \text{кДж/с}$$

Необхідний переріз в калорифері для проходження повітря:

$$f = \frac{G \cdot \rho_n}{V}$$

де V - вагова швидкість повітря $\text{кг/м}^2\text{с}$. Приймаємо за економічними міркуваннями в границях $7-12 \text{кг/м}^2\text{с}$, тоді:

$$f = \frac{10100 \cdot 1,27}{3600 \cdot 12} = 0,3 \text{м}^2;$$

По отриманому живому перерізу вибираємо калорифер КФБ №11:
поверхня нагріву – $34,8 \text{м}^2$;
живий переріз повітря - $0,35 \text{м}^2$;
живий переріз по теплоносію - $0,09 \text{м}^2$;
кількість пластин - 1025;
кількість трубок - 36.

Знаючи дійсний живий переріз f_0 калорифера, уточнюємо вагову швидкість повітря:

$$V = \frac{10100 \cdot 1,27}{3600 \cdot 0,7} = 5,1 \text{кг/м}^2\text{с}$$

Знаходимо площу гріючої поверхні необхідну для нагрівання повітря від 20 до 190°C :

$$F' = \frac{Q'}{K(t_{cp,m} - t_{cp,n})},$$

де $t_{cp,n}$ - середня температура повітря, $^{\circ}\text{C}$

$$t_{cp.n} = \frac{t_n + t_k}{2} = \frac{20 + 190}{2} = 105^\circ C,$$

$t_{cp.m} = 247^\circ C$ - середня температура теплоносія;

K - коефіцієнт теплопередачі, для калорифера з теплоносієм - пар знаходимо за формулою:

$$K = 14,1(V)^{0,366} = 14,1 \cdot 5,1^{0,366} = 25,6 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{ К} = 0,0256 \text{ кВт} / \text{м}^2 \text{ К};$$

Тоді:

$$F' = \frac{610}{0,0256 \cdot (247 - 105)} = 167,8 \text{ м}^2;$$

Так як необхідна грійоша поверхня більша грійочої поверхні калорифера КФБ №11, то необхідно встановити декілька таких калориферів послідовно.

Визначимо число калориферів, встановлених послідовно:

$$n = \frac{F'}{F} = \frac{167,8}{34,8} = 4,8$$

Приймаємо 5 калориферів.

Визначимо установчу поверхню:

$$F' = 5 \cdot 34,8 = 174 \text{ м}^2; \text{ запас } 24\%.$$

6.10. Розрахунок теплової ізоляції

Теплова ізоляція – один із основних факторів зменшення втрат теплоти та економії палива. З точки зору охорони праці і ТБ термоізоляція слугує ефективним засобом для зниження температури в приміщеннях і застереження обслуговуючого персоналу від опіків.

Теплоізоляція – її товщина повинна бути такою, щоб температура на її поверхні була не більше $50^\circ C$.

Визначення товщини ізоляційного шару по гранично допустимих або по заданих теплових витратах для апаратів з діаметром більше 3м здійснюють за формулою:

$$\delta = \frac{\lambda \cdot (t_1 - t)}{q_n}, \quad (6.31)$$

де t_1 – температура під ізоляцією, переважно приймається рівною температурі теплоносія, $t_1=190^\circ\text{C}$;

t – температура на поверхні ізоляції, $t=20^\circ\text{C}$;

q_n – задані або гранично допустимі втрати з 1m^2 поверхні ізоляції, $q_n = 162\text{Вт/м}^2\cdot\text{К}$, при $t_1=190^\circ\text{C}$;

λ – коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати, $\lambda = 0,095\text{Вт/м}^2\cdot\text{К}$.

Тоді:

$$\delta = \frac{0,095 \cdot (190 - 20)}{162} = 0,0996\text{м} = 99,6\text{мм}.$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару 100мм.

7. ПІДБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Особливості процесів виробництва продуктів харчування:

Технологія виробництва харчових продуктів істотно відрізняється від інших хіміко-технологічних виробництв. Жодна інша галузь промисловості не висуває такі ж високі вимоги до процесів виробництва, як галузі харчової промисловості. Для всіх процесів виробництва продуктів харчування, починаючи від отримання та обробки сировини до транспортування та викладання готової продукції на полицях магазинів, розроблені суворі нормативи та директиви, обов'язкові до виконання.

Важливою особливістю технологічних процесів харчових виробництв є необхідність дотримання санітарно-гігієнічних вимог, пов'язаних із охороною здоров'я потенційних споживачів.

Специфічні умови харчового виробництва, такі як: наявність корозійно-активних харчових середовищ; регулярне використання миючих та дезінфікуючих розчинів; підвищені температури та суттєві перепади тиску визначає особливі вимоги до підбору матеріалів для використання у конструкції технологічного обладнання.

Вимоги до харчового обладнання:

Промислове харчове обладнання, з огляду на специфіку застосування, має відповідати ряду технологічних вимог: бути стійким до хімічного, фізичного та термічного впливу, у зв'язку з чим, для його виробництва застосовуються, як правило, допущені до застосування у харчовій промисловості матеріали.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнєнко Л.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Розпач О.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Підбір конструкційних матеріалів		201993.KP.02.007 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.			<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3

До компонентів індустріального харчового обладнання пред'являються досить жорсткі вимоги, закріплені на законодавчому рівні та зумовлені такими факторами, як: гігієна виробництва та безпека здоров'я потенційних споживачів, запобігання активності бактерій та часті профілактичні роботи.

Деталі та компоненти харчових машин та апаратів повинні:

- мати поліровану, гладку, безпористу внутрішню поверхню;
- не містити шкідливі речовини, які можуть проникати в продукт;
- не служити живильним середовищем для патогенних мікроорганізмів;
- не погіршувати органолептичні властивості готової харчової продукції;
- забезпечувати безпеку біологічної цінності товарів;
- легко піддаватися плановому миттю, чищення та дезінфекції;
- не вступати в реакцію з різними видами лугів та кислот.

Також, харчове обладнання має забезпечувати захист харчових продуктів, у процесі обробки, від забруднень із довкілля. При цьому воно має бути функціональним, зручним та ефективним.

Матеріали для харчового обладнання:

Розглядаючи процес взаємодії сировини та харчових продуктів з матеріалами з яких виробляють харчове обладнання, враховуються три важливі фактори: нейтральність матеріалу по відношенню до оброблюваного харчового продукту (відсутність впливу харчового продукту на матеріал); нейтральність продукту до впливу на нього матеріалу; працездатність матеріалу з погляду виконання вимог технологічного процесу.

Матеріали, що використовуються в технологічному обладнанні харчових виробництв, можна умовно поділити на чотири основні групи:

- конструкційні матеріали для деталей харчового обладнання, які не мають прямих контактів із харчовою сировиною або продуктом;

- матеріали для деталей обладнання, що мають безпосередній контакт з сировиною, що переробляється, або харчовим продуктом;
- зовнішні захисні покриття для деталей, що мають контакт із сировиною, харчовим продуктом, миючими або дезінфікуючими засобами;
- пакувальні матеріали для споживчої та транспортної тари.

Матеріали, з яких виготовляють будь-яке харчове обладнання для індустріального виробництва продуктів харчування, повинні, обов'язково, бути нешкідливими для здоров'я споживачів готової продукції, відповідати вимогам виробничої гігієни та бути допущеними для використання на підприємствах харчової промисловості.

Корозійностійкі сталі:

Так склалося, що найбільш поширеним матеріалом, який найчастіше застосовують виробники харчових машин та апаратів, є легована корозійностійка, так звана, "нержавіюча" сталь.

Сучасною наукою створено безліч видів нержавіючих сталей, придатних до використання як конструкційні матеріали для створення харчового обладнання. Вибір конкретної марки сталі залежить від корозійних властивостей продуктів або хімічних засобів, що контактуються з даним матеріалом. Найбільш поширеними марками нержавіючих сталей є аустенітні сталі: AISI-304, AISI-316 та AISI-316L. Дані сорти корозійностійких сталей мають високі гігієнічні, механічні та технологічні властивості, до того ж вони мають привабливий зовнішній вигляд.

Завдяки цим властивостям нержавіючі сталі є матеріалом, який схвалений як сировина для виготовлення обладнання для виробництва, зберігання та транспортування харчової продукції.

Комплексна оцінка взаємодії харчових продуктів та різних матеріалів проводиться органами МОЗ та суворо регламентується, з точки зору охорони здоров'я потенційного споживача.

8. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

8.1 Розроблення технологічного процесу виготовлення шлюзового затвору

Для розроблення схеми та маршруту було вибрано шлюзовий затвор який зображено на рис. 8.1

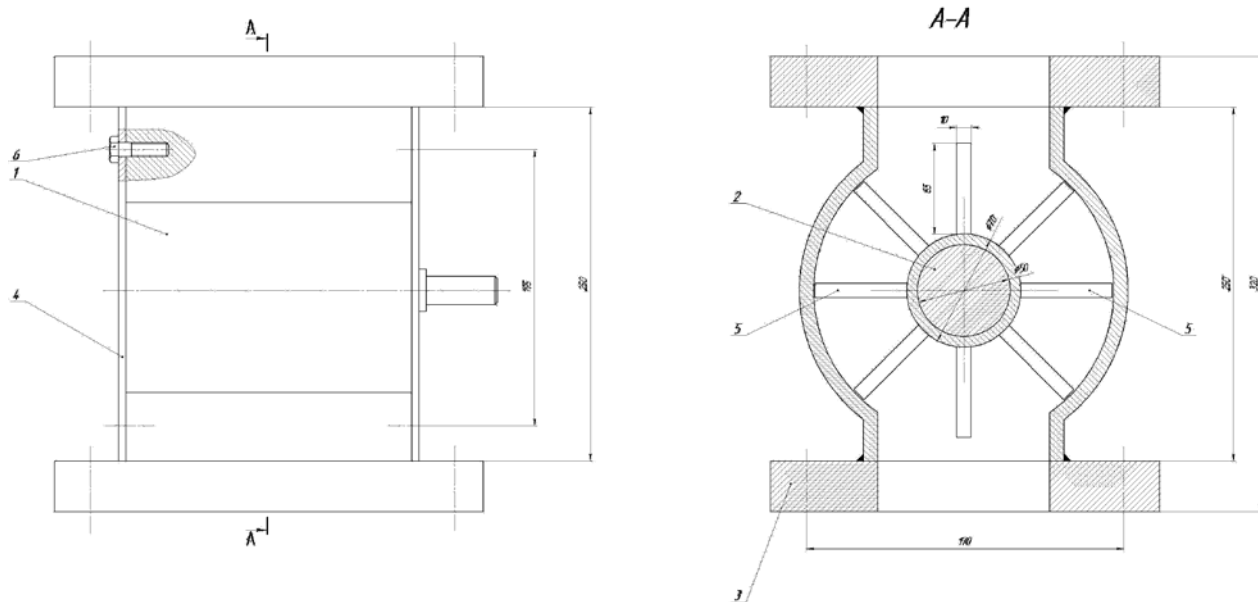


Рис.8.1. Шлюзовий затвор

Шлюзовий затвор (шлюз, клапан що обертається, затвор що обертається, зірчастий клапан) пристрій, який має призначення переміщати частинки, раніше вловлені циклоном під час очищення газоповітряних сумішей. причому це переміщення відбувається з одночасною герметизацією по повітрю. простіше кажучи, за допомогою шлюзового затвора відбувається переміщення частинок, але повітря в процесі цього не пропускається. шлюзові затвори можуть бути завантажувальними і розвантажувальними. розвантажувальними шз використовуються для розвантаження бункерів і циклонів, що перебувають під тиском, відмінним від атмосферного.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнєнко ЛВ.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Розпоч О.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Технологія машинобудування	201993.KP.02.008 ПЗ		
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA
					<i>Аркуш</i> 1/10

комплектація у вигляді подетального складу шлюзового затвору подана у табл.8.1.

<i>Ном. позиц.</i>	<i>Назва деталі</i>	<i>Кількість деталей</i>
1	Корпус	1
2	Вал	1
3	Фланець 272х300	2
4	Бічна стінка	2
5	Лопаті	1
6	Болт М10х35.5.8. ГОСТ 7798-70	12
7	Підшипник	2
8	Прокладка	2
9	Шпонка	1

З аналізу конструкції опори (рис.8.1.) необхідно виділити складальні одиниці 1-го порядку, а саме: ск.1 – корпус, ск.2 – бічна стінка(ліва), ск.3 – вал, ск.4 – бічна стінка(права) а також окремі стандартні деталі – болт 6, підшипника 7 та прокладки 8, шпонки 9.

Схема складання шлюзового затвору представлена на рис.8.2.

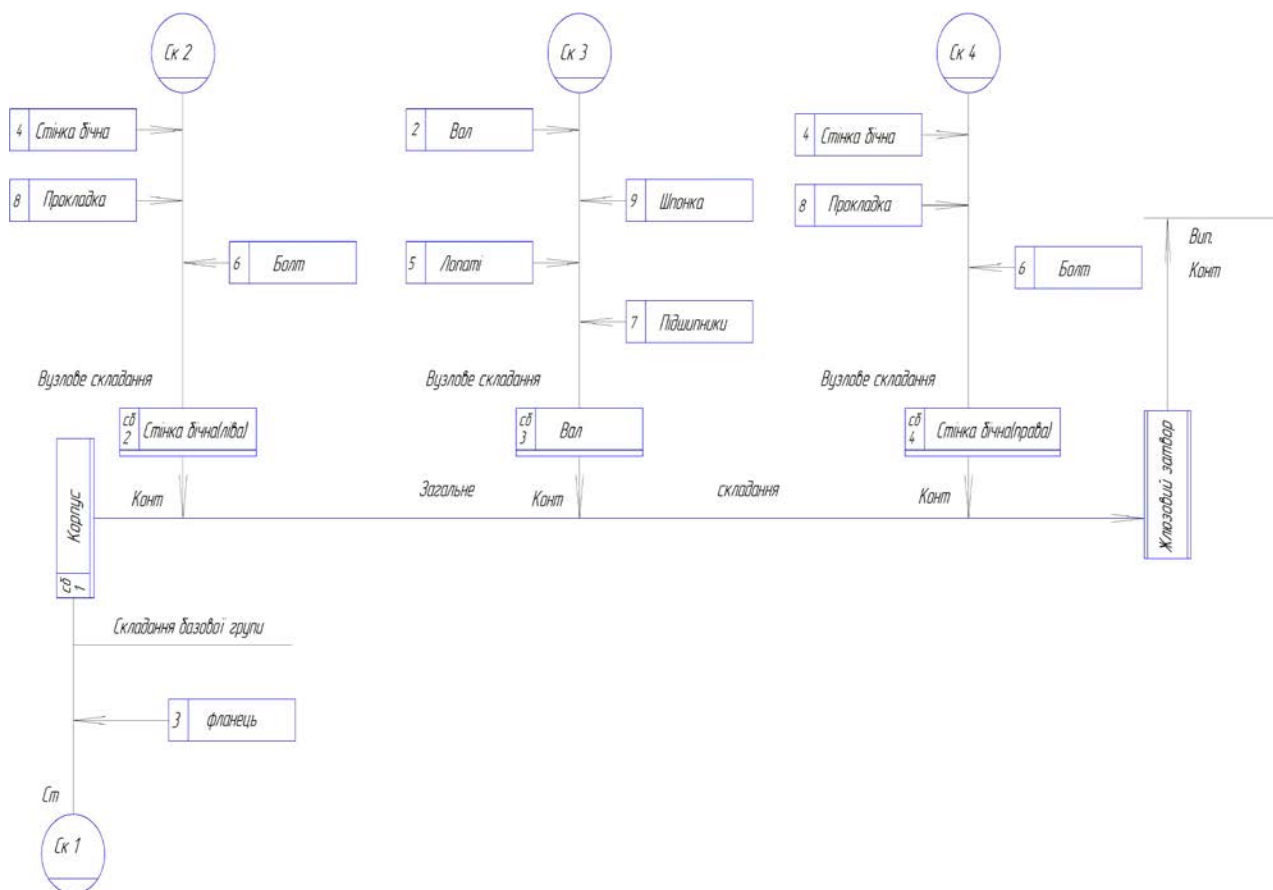


Рис. 8.2. Технологічна схема складання шлюзового затвору.

Вертикальні лінії зі стрілками показують послідовність складання окремих складальних одиниць, а горизонтальні лінії в центрі схеми – послідовність з'єднання складальних одиниць 1 – го порядку за допомогою стандартних виробів. у прямокутниках розміщені найменування деталей і номери їхніх позицій на кресленні, а в прямокутниках з двома потовщеними лініями подано найменування складальної одиниці 1 – го порядку. застосовані також такі умовні позначення, що містять технологічні вказівки: ст – складання на стенді; конт – контроль.

Технологічний маршрут складання затвору полягає у описанні короткого змісту операцій з переходами (табл. 8.2).

<i>Номер операції</i>	<i>Номер переходу, зміст переходу</i>
<i>10. Складання корпусу (Ск.1)</i>	<i>10.1 Встановити корпус на складальний стенд і закріпити його 10.2. Очистити різьбові отвори від стружки.</i>
<i>20. Складання Стінки бічної (ліва) (Ск.2)</i>	<i>20.1 Встановити кришку на складальний стенд і закріпити її. 20.2 Очистити отвори від стружки 20.3 Одіти прокладку 20.4 Встановити складальний вузол Ск2 в Ск1 закріпити болти.</i>
<i>30. Складання валу Ск.3</i>	<i>30.1 Встановити вал на складальний стенд і закріпити його 30.2. Встановити підшипник 30.3 Встановити шпонку 30.4 Встановити Оберткові лопаті 30.5. Встановити підшипник 30.6 Встановити складальний вузол Ск3 в Ск1</i>
<i>40. Складання Стінки бічної (права) (Ск.4)</i>	<i>40.1 Встановити кришку на складальний стенд і закріпити її. 40.2 Очистити отвори від стружки 40.3 Одіти прокладку 40.4 Встановити складальний вузол Ск4 в Ск1 закріпити болти.</i>
<i>50. Контрольна</i>	<i>50.1 Проконтролювати правильність зборки</i>
<i>60. Консервація</i>	<i>60.1 Нанести захистне покриття</i>

8.2 Розрахунок розмірного ланцюга при складанні підшипникового вузла

При складанні окремих вузлів машин, як правило, має місце похибка розміру замикаючої ланки відповідної складальної одиниці. це обумовлено похибками у розмірах складових деталей та їх розташуванням у складальній одиниці. дійсні значення складових ланок розмірних ланцюгів утворюються тільки в процесі складання машини . вони виявляються в момент здійснення контакту деталей, що з'єднуються. при великій кількості ланок розмірного ланцюга і малого допуску замикаючої ланки (зазору або натягу), що необхідна для повної взаємозамінності, точність виготовлення деталей може в значній мірі ускладнити виробництво й перевищити економічно доцільну точність. у таких випадках доводиться або відмовитися від повної взаємозамінності, допускаючи підгонку деталей по місцю, або вводити в конструкцію складальної одиниці компенсатори, які дозволяють регулювати допуск замикаючої ланки.

Компенсатор - це набір регулювальних шайб (прокладок) заданої товщини. за допомогою компенсаторів витримуються встановлені межі точності в розмірному ланцюзі. встановлення того чи іншого компенсатора залежить від комплектації вузла деталями з їх дійсними розмірами.

розглянемо вузол, що має компенсатор у вигляді прокладки (рис.8.3.).

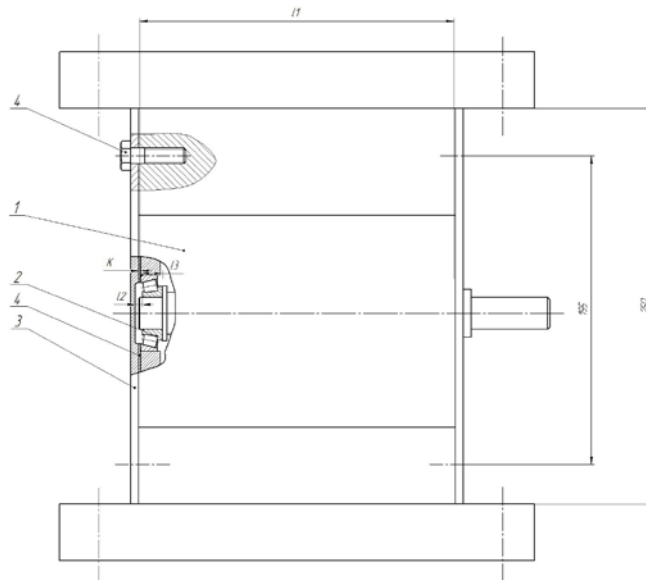


Рис.8.3. Схема складання вузла

В корпусі встановлено радіально – упорний підшипники кочення 2 в якому обертається вал . підшипник з однієї сторони упирається в буртик валу. для більшої надійності та виключення переміщення підшипника, його також з обох сторін підпирають кришка 1. в свою чергу між кришкою 1 та корпусом підшипника 3 встановлюється гумова прокладка.

Для забезпечення нормальної роботи вузла та уникнення переміщення підшипника зазор між прокладкою то корпусом підшипника повинен бути мінімальним, тому приймаємо його в межах $\delta = 0.1 \dots 0.3$ мм.

Для розрахунку приймаємо його $\delta_{\delta} = 0.2$ мм.

з урахуванням допусків на розміри деталей, що входять в розмірний ланцюг:

$\delta_{l_1} = +0.22; \delta_{l_2} = +0.54; \delta_{l_3} = -0.19; \delta_{l_{зам}} = +0.54.$, визначимо тепер розміри всіх деталей:

$$l_1 = 70^{+0.22}, l_2 = 12^{+0.54}, l_3 = 30_{-0.19}, l_{зам} = 2^{+0.54}.$$

Розмір компенсатора необхідно скорегувати на величину значення компенсації, яке визначається за формулою:

$$\delta_k = \left[\sum_{i=1}^{m-1} \delta_i \right] - \delta_{\Delta}$$

де δ_i – величина допуску i – ої складової ланки; m – кількість ланок розмірного ланцюга, враховуючи замикаючий ланцюг (зазор); δ_δ – розмір замикаючої ланки.

Тоді максимальна величина значення компенсації визначається:

$$\delta_k = (\delta_{l1} + \delta_{l2} + \delta_{l3} + \delta_{l_{за}}) - \delta_\Delta = (0.22 + 0.54 - 0.19 + 0.54) - 0.2 = 1.11 \text{ мм}$$

У межах визначеної величини $\delta_k = 1.11$ мм знаходимо кількість та розміри комплекту компенсаторів, що необхідні для забезпечення нормальної експлуатації вузла.

$$n = \frac{\delta_k}{\delta_\Delta} + 1 = \frac{1.11}{0.2} + 1 \approx 6$$

8.3. розрахунок надійності деталі при експлуатації

Визначимо ймовірність безвідмовної роботи вала та проаналізуємо надійність його роботи.

Обираємо критичний переріз вала, який має шпонковий паз та другий переріз який має концентрація напружень внутрішнього кільця підшипника. (рис.8.4.)

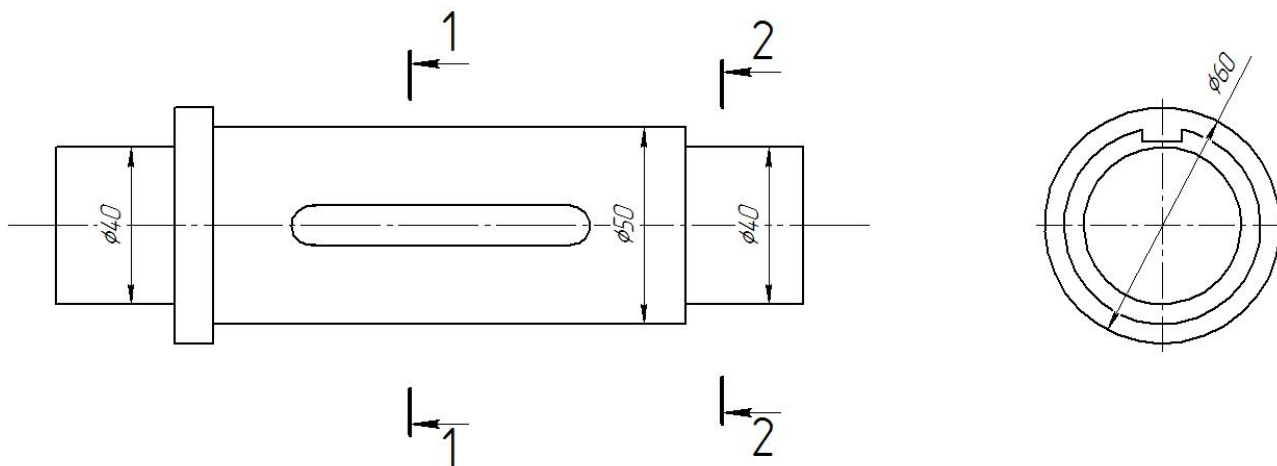


Рис. 8.4. Критичні перерізи валу

З робочим кресленням вала знаходимо геометричні розміри та з довідникової літератури знаходимо механічні характеристики матеріалу з якого виготовлюється дана деталь:

- $d_1 = 50$ мм;

- $d_2 = 40 \text{ мм}$;

З довідника знаходимо для сталі 40х знаходимо:

- $\sigma_s = 1000 \text{ МПа}$; $\sigma_T = 800 \text{ МПа}$; $\tau_T = 480 \text{ МПа}$; $\sigma_{-1} = 450 \text{ МПа}$; $\tau_{-1} = 480 \text{ МПа}$;
 $\psi_\sigma = 0.15$; $\psi_\tau = 0.1$.

Приймаємо, що згинаючий момент і крутний момент в перерізі і-і та іі-іі буде однаковим:

$$M_{зг} = 160 \text{ н}\cdot\text{м};$$

$$m_{кр} = 250 \text{ н}\cdot\text{м}.$$

1. спочатку, перевіряємо запас міцності в перерізі і-і. концентрація напружень при згині та крученні обумовлені шпонковим пазом.

Для вала виготовленого зі сталі 40х з діаметром 50 мм з таблиці знаходимо ефективні коефіцієнти концентрації напружень $K_{\sigma D} = 2,25$; $K_{\tau D} = 2.15$, масштабний коефіцієнт $\varepsilon_\sigma = 0.82$; $\varepsilon_\tau = 0.7$

Визначаємо запас міцності для нормальних напружень:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} \sigma_a + \psi_\sigma \sigma_m} = \frac{450}{2.25 \cdot 15.7} = 8.3$$

де амплітуда номінальних напружень згину

$$\sigma_a = \sigma = \frac{M_{зг}}{W_0} = \frac{160 \cdot 10^3}{0.1 \cdot d_1^3} = 17.7 \text{ МПа}$$

знаходимо запас міцності для дотичних напружень.

$$\tau = \frac{T}{W_p} = \frac{250 \cdot 10^3}{0.2 \cdot d_1^3} = 10 \text{ МПа}$$

амплітуда та середнє значення номінальних напружень кручення

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ МПа}$$

запас міцності для дотичних напружень

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} \tau_a + \psi_\tau \tau_m} = \frac{480}{2.15 \cdot 5 + 0.1 \cdot 5} = 12.4$$

визначаємо запас міцності в перерізі і-і.

$$n = \frac{n_\sigma \cdot n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 + n_\tau^2}} = \frac{8.3 \cdot 12.4}{\sqrt{8.3^2 + 12.4^2}} = 3.8 > [n] = 1.8$$

визначаємо середнє квадратичне відхилення амплітуди напружень:

$$S_a = \frac{A \cdot \sigma_{32}}{3} = \frac{1.56 \cdot 17.7}{3} = 9.2 \text{ МПа}$$

де $A = \frac{M_{kp}}{M_{32}} = \frac{250}{160} = 1.56$

коефіцієнт варіації амплітуди

$$\nu_a = \frac{S_a}{\sigma_{32}} = \frac{9.2}{17.7} = 0.52$$

враховуючи співвідношення між ймовірностями безвідмовної роботи і відмов, ймовірність безвідмовної роботи вала становить:

$$p(t) = 1 - f(t) = 100 - 0.04 = 99.96$$

2. перевіряємо переріз іі-іі.

знаходимо ефективні коефіцієнти концентрації напружень визвана посадкою внутрішнього кільця підшипника. для нашого валу $K_\sigma = 1.46, K_\tau = 2.4$ масштабний коефіцієнт $\varepsilon_\sigma = 0.83; \varepsilon_\tau = 0.71$ коефіцієнт стану поверхні при шорсткості $r_a = 2.5$ мк. $K_\sigma'' = K_\tau'' = 1.2$. ефективні коефіцієнти концентрації напружень для даного перерізу при згині та крученні в разі відсутності технологічного зміцнення:

$$K_{\sigma d} = \frac{K_\sigma + K_\sigma'' - 1}{\varepsilon_\tau} = \frac{1.46 + 1.2 - 1}{0.83} = 2.3$$

$$K_{\tau d} = \frac{K_\tau + K_\tau'' - 1}{\varepsilon_\tau} = \frac{2.4 + 1.2 - 1}{0.71} = 4.1$$

визначаємо ефективні коефіцієнти концентрації напружень визвана посадкою внутрішнього кільця підшипника в нашому випадку $K_{\sigma d} = 2.25, K_{\tau d} = 2.15$.

Визначаємо запас міцності для нормальних напружень:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} \sigma_a + \psi_{\sigma} \sigma_m} = \frac{450}{2.25 \cdot 17.7} = 7.9$$

де амплітуда номінальних напружень згину

$$\sigma_a = \sigma = \frac{M_{\text{зг}}}{W_0} = \frac{160 \cdot 10^3}{0.1 \cdot d_1^3} = 17.7 \text{ МПа}$$

знаходимо запас міцності для дотичних напружень.

$$\tau = \frac{T}{W_P} = \frac{250 \cdot 10^3}{0.2 \cdot d_1^3} = 10 \text{ МПа}$$

амплітуда та середнє значення номінальних напружень кручення

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ МПа}$$

запас міцності для дотичних напружень

$$n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} \tau_a + \psi_{\tau} \tau_m} = \frac{250}{2.15 \cdot 5 + 0.1 \cdot 5} = 11.7$$

визначаємо запас міцності в перерізі і-і.

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}} = \frac{7.9 \cdot 11.4}{\sqrt{7.9^2 + 11.4^2}} = 3.6 > [n] = 1.8$$

Визначаємо середнє квадратичне відхилення амплітуди напружень:

$$S_a = \frac{A \cdot \sigma_{\text{зг}}}{3} = \frac{1.56 \cdot 17.7}{3} = 9.2 \text{ МПа}$$

де $A = \frac{M_{\text{кр}}}{M_{\text{зг}}} = \frac{250}{160} = 1.56$

коефіцієнт варіації амплітуди

$$\nu_a = \frac{S_a}{\sigma_{\text{зг}}} = \frac{9.2}{17.7} = 0.52$$

Враховуючи співвідношення між ймовірностями безвідмовної роботи і відмов, ймовірність безвідмовної роботи вала становить:

$$p(t) = 1 - f(t) = 100 - 0.04 = 99.96$$

9. ПРАВИЛА МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ ОБЛАДНАННЯ

9.1. Монтаж розпилювальної сушки.

Монтаж сушарок різних типів проводиться як спеціальними організаціями, так і господарським способом. При монтажі використовують механізми, засоби механізації і інше устаткування: автомобільні крани, автонавантажувачі, електролебідки, електро- і газозварне устаткування, талі, пересувні монтажні майстерні, всілякі прилади і пристосування.

Підвищена заводська готовність сушарок до монтажу передбачає виготовлення допоміжного устаткування, металоконструкцій і комплектуючих деталей на спеціальних заводах. До цього устаткування відносяться деталі повітропроводів, газоходів, станини транспортерів, бункерів, вентиляторів, огорожі і тому подібне. При заводському виготовленні допоміжного устаткування скорочуються терміни монтажу, зменшуються трудові витрати і знижується вартість робіт.[9]

Налагоджувальні роботи полягають в перевірці устаткування з наступним введенням його в дію, регулюванням і доведенням продуктивності сушарки до проектної потужності з допустимими нормами витрати електроенергії.

До робіт, що виконуються в підготовчому періоді, відносять такі, які можуть бути проведені і поза сушаркою, що будується. Підготовчі роботи прискорюють виконання основних монтажних робіт і закінчення будівництва сушарки. Їх проводять в підсобних приміщеннях, на відкритих майданчиках, в майстернях і на складах, де зберігають технологічне і енергетичне устаткування.

Перед проведенням монтажних робіт необхідно:

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнєнко Л.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Розпач О.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання	201993.KP.02.009 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/9

- вивчити проектну документацію;
- отримати монтажні матеріали згідно специфікації;
- перевірити відповідність кресленням будівельних приміщень і приймання їх під монтаж, а також провести огляд, приймання і попередню перевірку устаткування, металоконструкцій, комплектуючих деталей; передбачити збірку укрупнених частин на спеціальному майданчику. До початку монтажних робіт розчищають майданчик, проводять розмічальні роботи, розраховують монтажні отвори, готують підмости і інше оснащення, встановлюють устаткування такелажу.

Основні монтажні роботи: доставка устаткування, огляд, очищення, промивка частин і вузлів, а потім установка їх на призначене за проектом місце з необхідною перевіркою устаткування по рівню і схилу, а також закріплення цього устаткування.

Перевіряють від руки правильність, плавність і легкість руху робочих органів, механізмів і машин. Якщо все відповідає технічним вимогам, то готують устаткування до комплексного випробування під навантаженням, тобто встановлюють приводні паси, додатково змазують поверхні, що труться. Під час наладки визначають частоту обертання двигунів, продуктивність, витрату електроенергії і палива, вимірюють тиск і витрату повітря, пари і тому подібне.

При виконанні монтажних робіт пред'являються наступні вимоги: всі зварні шви мають бути хорошої якості. Якість цих швів перевіряють, оглядаючи і вимірюючи перетини. Всі люки і заглушки в закритому стані мають бути герметичними. Деталі сушарки, дотичні з харчовими продуктами, виготовляють з матеріалів для харчових продуктів. Повітроводи роблять з листової сталі зварними.

Монтаж розпилювальних сушарок

Перед установкою сушарки розбивають монтажні осі. Визначають положення контрольної точки - вертикальної осі сушильної вежі, до якої прив'язані стовпчики фундаментів під стійки каркасу вежі і циклонів.

При монтажі сушарки такелажні, зварювальні та монтажні-складальні роботи проводять на різних висотних відмітках. При вивірці розпилювача, частота обертання розпилювача якого 12 000-12 200 хв⁻¹, потрібна особлива точність, що ускладнює монтаж і викликає необхідність використання монтажників високої кваліфікації. Тому монтаж та налагодження сушарок рекомендується здійснювати під керівництвом шефперсоналу.

Відповідно до виробленої розбивки споруджують стовпчастий фундамент під каркас сушильної вежі та циклони. Спочатку на стовпчики встановлюють стійки каркасу вежі, вивіряють їх на вертикальність, а потім монтують майданчик обслуговування та сходи з поручнями.

Циліндричну частину вежі збирають на болтах із окремих заготовок, які подають на позначку майданчика автокраном.

Стики листів нержавіючої сталі у вежі зварюють арго – нодуговим зварюванням. Шви зачищають кількома наждачними колами і полірують повстятим, а потім матер'яним кругом. У разі на коло наносять пасту ГОИ. Доведення роблять спеціальним крейдовим порошком. Для зварювання стиків циліндричної частини у вежі споруджують спеціальні підмостки, які можуть перемішатися у вертикальному напрямку за допомогою лебідки. Нижню конічну частину башти також збирають із окремих елементів. При цьому в отвір одного з них вставляють коліно повітря, що відсмоктує. На циліндричній частині вежі монтують перекриття, яке збирають із трьох секторів. На перекритті розміщують повітророзподільну спіраль («равлик»),

До окремого майданчика, встановленого на стійках, кріплять батарею циклонів та розвантажувальний циклон, які з'єднують із вежею повітропроводами. До нижнього торця конуса вежі кріплять раму та

електромагнітний живильник (вібратор), а до нижньої кінчної частини циклонів - шлюзові затвори, до яких приєднують трійники відсмоктуючого повітропроводу. До всмоктуючої магістралі підключають повітряний фільтр та вихідний патрубок живильника.

Транспортний вентилятор встановлюють на підлозі цеху під вежею і з'єднують із циклонами через повітропроводи. Витяжний (головний) вентилятор монтують на перекритті башти; всмоктувальний патрубок вентилятора з'єднують повітропроводом з вихідними патрубками циклонів. До патрубка нагнітального вентилятора підключають повітропровід, який виводять в атмосферу.

На підлозі виробничого приміщення встановлюють фільтр для повітря, вентилятор нагнітальний і нагрівач повітря. До нагрівача підключають лінію для підведення пари та відведення конденсату з конденсатовідвідником та обвідною лінією. При цьому повинні бути забезпечені необхідний ухил конденсатопроводу та вільний доступ до конденсатовідвідника для його обслуговування. Між нагрівачем та повітророзподільною спіраллю монтують ізольований повітропровід для гарячого повітря. Вентилятор кріплять до рами на гумових амортизаторах; нагрівач повітря встановлюють на підкладках.

З'єднання ущільнюють за допомогою прокладок: з пароніту – для трубопроводів пари та конденсату, з незгоряного картону або синтетичного волокна – для трубопроводів гарячого повітря.

Потім на майданчику перекриття вежі монтують монорейку, на якій встановлюють таль 26 для демонтажу розпилувача при необхідності його чищення та миття. Крім того, на перекритті вежі монтують лебідку для пересування в вежі візка, який використовують при чищенні та миття вежі.

На підлозі цеху розміщують зрівняльний бак для молока, що згущує, і насос з регульованою подачею продукту в сушарку. Потім через перекриття вежі за допомогою талі встановлюють розпилювач та монтують трубопровід для молока від насоса на диск.

На закінчення на нульовій позначці встановлюють пульт управління, монтують електропроводку, контрольно-вимірювальні прилади та проводять випробування сушарки.

9.2. Наладка розпилювальної сушарки.

Після закінчення монтажних робіт проводять налагоджувальні роботи і перевіряють:[2]

- правильність підключення електродвигунів і напрям їх вращения;
 - правильність підключення датчиків і приладів;
 - ланцюги управління і сигналізації, наявність і справність сигнальних ламп і звукового сигналу;
 - правильність з'єднання пневмосистеми і випробують роботу пневмоударників;
 - герметичність всіх трубопроводів, повітропроводів, лючков і кришок.
- Виявлена нещільність усуває. Особливу увагу приділяють наладці шлюзових затворів. Зазор між коробом пневмосборщика і днищем сушильної камери встановлюють мінімально можливим шляхом переміщення опорного ролика.

Проводять обкатку і наладку розпилювачів, змащують частини, що все труться, не контактують з продуктом; всі редуктори приводів заливають свіжим маслом відповідно до паспортів.

Встановлюють захисні огорожі, проводять прогрівання парових калориферів до робочих параметрів.

Після всього цього запускають установку, при цьому проводять кінцеву відладку автоматики в ручному і автоматичному режимах і перевіряють дію пожежогасінні. Установку обкатують протягом декількох годинників.

9.3. Експлуатація розпилювальної сушарки.

9.3.1. Підготовка установки до пуску і пуск.

До початку роботи апаратник повинен переконатися в наявності трубопроводу пари потрібного тиску, в справності всіх елементів сушарки: герметичності трубопроводів для молока, наявності змащення у вузлах тертя.

Перед пуском необхідно продути всі повітропроводи і прогріти башту.

Для цього включають на 2-3 хв. головний витяжний вентилятор. Після зупинки вентилятора очищують поле башти від підгорівши частин молока, які надійшли із повітропровідних каналів. Після чого прогрівають башту до 140-150°C гарячим повітрям. Для цього зачиняють двері в сушильній башті, забезпечуючи цим щільність. Закривають вентилялі на лінії конденсатовідведення, вмикають нагнітаючий вентилятор і нагрівають сушильну башту.

Після підігріву башти вмикають привід розпилюючого диска і насос для подачі молока в диск. При роботі сушарки спостерігають за ступенем висушування молока. Про неповне висушування молока свідчать краплі молока на стінках башти.

9.3.2. Робота установки.

За роботою сушарки спостерігають по приладам, які містяться на пульті управління і через дверне вікно сушильної башти. Молоко, яке розпилюється, не повинно досягати баштових стінок. При нормальному розпилюванні та падінні частинок на дно башти вмикають витяжний і транспортний вентилятори. При роботі сушарки контролюють тиск пари в калорифері, роботу розпилюючого агрегату, температуру повітря, що виходить із калорифера і сушильної башти, та його вологість, температуру молока, яке надходить в сушку та якість сухого молока.

9.3.3. Зупинка сушарки.

По нормам - робота розпилюючої сушарки складає 20 год на добу, тобто не менше 2,5 зміни, після чого сушарку зупиняють. При цьому дають сигнал в котельню для зупинки подачі пари, припиняють подачу молока на розпилюючи диск, для чого висмикають насос і привід розпилюючого диска; закривають подачу пари на калорифер, відкривають двері сушильної башти і охолоджують її, пропускаючи через неї повітря з цеху за допомогою витяжного вентилятора, потім стінки башти обмітають спеціальними щітками обмотаними простерилізованою марлею. Особливо ретельно очищують повітророзподілюючу головку від молочного порошку, бо на ній осідає багато порошку. Промивають трубопровід для згущеного молока, насос подачі і танк. Диск періодично знімають, очищують від порошку, ретельно промивають і висушують.

9.4. Ремонт розпилювальної сушки.

У комплекс організаційно-технічних заходів входить і система планово-запобіжного ремонту (ПЗР).

Системою планово-запобіжного ремонту на підприємствах вирішуються такі наступні завдання:

підтримка устаткування в робочому стані;

збільшення продуктивності устаткування після модернізації, яка проводиться в період ремонту;

запобігання випадкам аварійного виходу устаткування з ладу;

зниження витрат на ремонт обладнання в результаті підвищення продуктивності праці, економії матеріалів, застосування передових методів ремонтних робіт.

У систему планово-запобіжного ремонту (ПЗР) входять такі види робіт: періодичне виконання планових ремонтних робіт і міжремонтне обслуговування.

Міжремонтне обслуговування включає огляд і контроль устаткування, його окремих агрегатів і вузлів, регулювання вузлів і машин, усунення дрібних несправностей. Особливе значення міжремонтному обслуговуванню має правильна експлуатація устаткування. Міжремонтне обслуговування повинен проводити не тільки ремонтний, але і експлуатаційний персонал.

Періодичне виконання планових ремонтних робіт складається з огляду, поточного і капітального ремонтів і проводиться по розроблених графіках.

Огляди проводить комісія у складі чергового слюсаря, електрика і робочого який обслуговуючого відповідну машину.

Результати огляду заносять в журнал, по цих записах надалі визначають об'єм і тривалість ремонту. Для більш точного визначення об'єму ремонту і його тривалості в журнал детально заноситься стан деталі, яка оглядається, ступінь її зносу і так далі. Несправності і дефекти, які можуть привести до погіршення роботи устаткування, усувають негайно.

Поточний ремонт проводять для підтримки устаткування в робочому стані до чергового капітального ремонту.

При проведенні поточного ремонту ремонтують і замінюють дрібні деталі і вузли, регулюють нескладні механізми, проводять статичне балансування деталей, що обертаються, очищають і ремонтують комунікації, ремонтують і заправляють змащувальні системи.

Так, при поточному ремонті вентилятора зачищають шийки валу, промивають підшипники і змащують їх, замінюють або заварюють одиничні лопаті, виправляють або заварюють окремі місця кожуха, балансують крильчатку на її підшипниках, підфарбовують кожух.

Об'єм робіт при поточному ремонті визначають по класифікаторові. Потрібно враховувати, що при виконанні поточного ремонту ремонтують або замінюють тільки ті деталі, термін служби яких закінчився або їх міцність і точність менше допустимих меж.

Поточний ремонт виконують ремонтні бригади, чергові слюсарі і обслуговуючий персонал під керівництвом головного механіка або механіка. Всі роботи по поточному ремонту устаткування заносять в картку або журнал поточного ремонту.

Ефективність системи ПЗР може бути забезпечена при виконанні наступних основних заходів:

правильне ведення паспорта кожної одиниці устаткування;

організаційний облік роботи устаткування, дотримання міжремонтних періодів, визначення для кожного виду устаткування структури ремонтного циклу;

оснащення ремонтних майстерень відповідним устаткуванням, забезпечення їх необхідним резервом запасних частин і вузлів, кресленнями, технічними умовами, нормативами і технологічною документацією для проведення робіт.

Якість і собівартість різних видів ремонту залежать від того, який метод ремонту застосовують: бригадний, вузловий або лотковий.

Потоковий метод ремонту застосовують на ремонтних підприємствах або в кущових майстернях, де є велика програма ремонту однотипних машин, вузлів, деталей.

10. АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ ПРОЕКТУВАННЯ

Автоматичне регулювання процесу сушіння основане на підтриманні постійної вихідної температури з сушильної камери за рахунок регулювання подачі вихідного продукту насосом-дозатором.

Система збору та відображення інформації з виведенням всіх параметрів на монітор комп'ютера дозволяє здійснити контроль за роботою установки і зберігати архів показників роботи сушильної установки, а саме: температури вхідного і вихідного повітря, температури вихідного і сухого продукту, рівень продукту в ємностях, навантаження на двигунах установки, у тому числі на розпилювачі та інші показники роботи установки. Всі дії, необхідні для управління процесом з оптимальною ефективністю, виконуються системою управління у відповідності з інструкціями, закладеними в програму.

Безпека забезпечується тим, що система управління діє безперервно і відстежує процеси в режимі реального часу;

Процес виконується аналогічним чином – кінцевий продукт буде відрізнятися незмінно високою якістю, оскільки виключаються будь-які відхилення від заданого процесу.

За рахунок точного управління процесом втрати продукції та витрата сервісних середовищ і енергії мінімальні.

Програмне забезпечення дозволяє зберігати і обробляти інформацію по роботі сушильної установки.

10.1. Обґрунтування доцільності автоматизації виробничого процесу

Для зменшення кількості енергетичних ресурсів в сучасному розвитку

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнєнко Л.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Розпач О.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування		201993.KP.02.010 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.			<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/4

промислових виробництв, підвищення їх вартості, збільшення вимог якості промислової продукції, використання автоматизації виробничого процесу дозволяє вести його безперервно та з мінімальним втручання людського фактору. При цьому економічність процесу зростає. Автоматизація стає доцільною, що можливо зробити одночасно і більш точно, а також краще витримувати санітарно-гігієнічні вимоги виробництва харчових продуктів.

Отже, автоматизація виробничого процесу є головним напрямом технічного прогресу в харчових виробництвах, в тому числі і в молочній промисловості.

Діючі в молочній промисловості для ведення технологічних процесів апарати, машини, установки або цілі лінії можуть бути автоматизовані з більшим чи меншим ступенем автоматизації в залежності від поставлених цілей. Наприклад, в молочній промисловості використовується багато різних теплотехнічних процесів, які можуть бути автоматизовані повністю або частково.

Автоматика забезпечує візуалізацію:

струмів навантаження двигунів: відсмоктуємого вентилятора, нагнітального вентилятора,

розпилювача, вентилятора пневмотранспорту;

температури: повітря на вході в сушильну вежу і на виході з неї,

вихідного продукту, повітря охолоджувача, готового продукту;

оберти двигуна насоса-дозатора;

наявність продукту в системі;

розрідження та надлишковий тиск в башті;

рівні продукту в приймальних ємностях сушильної установки;

та інші показники роботи.

10.2. Характеристика технологічного процесу.

На розпилювальній сушарці продуктивністю 1000 кг/годину (по

випареній волозі) для отримання сухого молока для підтримання технологічного процесу в заданих режимах, автоматизуємо регулювання наступних параметрів:

- рівень в резервуарі зберігання молока;
- температуру повітря, що входить в сушильну башту;
- тиск пари в калорифері;
- температуру повітря, що виходить з сушильної башти;
- температуру повітря, що виходить зі скрубера.

В зв'язку з тим, що процес отримання сухого молока є пожежо та вибухонебезпечним, то слід прийняти найбільш безпечні для життя та здоров'я людей системи регулювання і керування, в тому числі і пневматичні системи.

Для уникнення самозагоряння сухого молока в сушильній башті передбачено блокування подачі в башту гарячого повітря і молока. Після впровадження вказаних параметрів по автоматизації виробничого процесу підвищується якість кінцевого продукту, так як технологічний процес буде проходити більш плавно.

Під постійним тиском буде подаватися в сушильну башту нагрівна пара, температура повітря, що входить в башту, не буде піддаватися різким коливанням, що надзвичайно важливо для діючої установки.

Автоматизація установки буде підлягати найбвльш раціональному використанню енергетичних ресурсів, а також витрат пари. Блокування подачі продукту і гарячого повітря в сушильну башту пвдвищує безпечність роботи обслуговуючого персоналу.

10.3. Опис схеми автоматизації

Згущене молоко подається з вакуум-випарної установки в резервуар його зберігання. Верхнє і нижнє значення рівня продукту визначається ємнісним рівнем, електричний сигнал поступає на автоматичний

потенціометр. Температура згущеного молока контролюється в резервуарі термометром опору. Температура повітря, що надходить в сушильну башту здійснюємо вимірюється і регулюється. На вході повітропровода в башту встановлюється манометричний термометр.

Пневматичний сигнал потрапляє на вторинний показуючий самопишучий прилад, і звідти направляється на пневморегулюючу систему, що надсилає регулюючий сигнал на регулюючий орган витрати пари в калорифері.

Температура вторинного повітря на виході із сушильної камери вимірюється манометричним термометром. Пневматичний сигнал поступає на вторинний показуючий прилад на щиті керування.

11. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

11.1. Техніка безпеки

1. До обслуговування установки допускається персонал, який пройшов інструктаж з охорони праці та техніки безпеки.
2. Електропроводи зовнішніх підключень повинні бути укладені в металеві труби та у місцях входу та виходу повинні мати ізолюючі втулки, що оберігають від пошкоджень ізоляцію.
3. Короткі ділянки зовнішньої електропроводки мають бути укладені в гнучкі металорукави.
4. Усі електродвигуни установки та пульт керування повинні бути заземлені.
5. Затягування болтів, регулювання механізмів проводити тільки при повній зупинці машини.

11.2. Інструктажі

На даному підприємстві є декілька видів інструктажу.

Ввідний інструктаж кожного, хто наймається на підприємство проводить інженер з охорони праці для ознайомлення з характером виробництва, джерелами небезпеки і шкідливостями. Інструктаж на робочому місці проводить майстер дільниці з кожним робітником для ознайомлення з будовою обладнання, безпечною організацією робочого місця, змістом інструкцій з техніки безпеки при роботі з даним обладнанням.

11.3. Загальні вимоги

1. До роботи в якості оператора баштово-розпилювальної сушарки (оператор технологічного обладнання) допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли вступний та первинний інструктаж, навчені безпечним

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнєнко Л.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Розпоч О.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Заходи з охорони праці		201993.KP.02.011 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.			<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/6

методам та прийомам роботи.

2. Оператор баштово-розпилювальної сушарки повинен дотримуватись правил внутрішнього розпорядку, прийнятих на підприємстві, виконувати вимоги безпеки, викладені в цій інструкції.

3. За невиконання вимог цієї інструкції оператор розпилювальної сушарки відповідає за чинним законодавством.

Вимоги безпеки перед початком роботи

До початку роботи оператор розпилювальної сушарки зобов'язаний:

1. Одягти спецодяг.

2. Отримати завдання виконання роботи у майстра чи керівника і пройти інструктаж на робочому місці з урахуванням специфіки виконуваних робіт.

3. Після отримання завдання у майстра або керівника робіт оператор розпилювальної сушарки повинен:

підготувати необхідні засоби індивідуального захисту;

перевірити робоче місце та підходи до нього на відповідність вимогам безпеки;

перевірити наявність та справність огорож, блокування, звукових сигналів;

перевірити роботу вимикачів;

переконатися у достатньому висвітленні робочого місця.

Вимоги безпеки під час роботи.

1. При виконанні робіт оператор баштово-розпилювальної сушарки зобов'язаний:

дотримуватись вимог технологічної інструкції;

використовувати при роботі справний інструмент та пристрої;

не допускати перебування на робочому майданчику сторонніх осіб та не перепоручати їм свою роботу;

під час роботи користуватися засобами індивідуального захисту;

пристрої безпеки підтримувати в робочому стані, ні в якому разі не можна їх знімати, відключати або виводити з ладу;

дверцята силової шафи управління атомізатора обов'язково повинні бути закриті;

чищення та змащування деталей проводити при відключеному обладнанні;

будь-який витік мастильних матеріалів негайно усувати та очищати сліди витоку;

не торкатися руками приводів та проводів під напругою;

не залишати на тривалий термін своє робоче місце без нагляду;

не знімати ґрати та огороження з рухомих та обертових частин обладнання;

під час роботи атомізатора не наближатися до обладнання. Машина може залишатися гарячою протягом тривалого часу після зупинки.

Вимоги безпеки під час роботи

1. При експлуатації пальників оператор розпилувальної сушарки повинен:

використовувати пальники виключно для цілей, для яких вони сконструйовані;

не торкатися гарячих частин пальника. Вони, як правило, розташовані поблизу факела, нагріваються в процесі роботи і можуть залишатися гарячими після відключення пальника;

при необхідності відключення обладнання відключити основний вимикач на шафі управління сушарки, перекрити ввідний кран газопроводу, що підводить;

при зупинці сушарки на тривалий термін встановити заглушку на газопровід, що підводить;

знати, що навпроти пальника не повинно бути жодних сторонніх предметів, її не можна змочувати струменем води або іншими рідинами;

перевіряти надійність кріплення деталей, перш ніж приводити в дію форсунку, щоб уникнути витoku та утворення відкладень у сушильній камері;

при появі запаху газу не користуватися електричними вимикачами та будь-якими іншими пристроями, здатними призвести до утворення іскор, відкрити двері та вікна для провітрювання приміщення, перекрити ручний клапан на газопроводі та викликати чергового слюсаря аварійно-відновлювальних робіт у газовому господарстві;

при подачі газу на БРС після тривалої її зупинки необхідно провести продування ділянки газопроводу, що подає, через свічки.

При роботі конвеєра оператор розпилювальної сушарки повинен:

подати звуковий сигнал та переконатися у безпеці пуску для працюючих;

стежити за рівнем насипання порошку на стрічку;

стежити за правильністю ходу стрічки, за натягом стрічки;

остерігатися зворотного ходу стрічки;

при пробуксуванні стрічки відключити конвеєр і викликати чергового слюсаря.

Під час роботи стрічкового конвеєра оператору баштovo-розпилювальної сушарки забороняється:

проводити прибирання просипу порошку;

утримувати стрічку від зісковзування з барабана будь-якими предметами (брусками, дошками тощо);

проводити ремонт та підтягування стрічки;

транспортувати по стрічці важкі предмети (деталі, вироби);

у разі захоплення частини одягу працюючих необхідно негайно відключити конвеєр аварійним вимикачем.

Вимоги безпеки в аварійній ситуації

У випадках:

- раптового відключення електроенергії;
- виходу з ладу обладнання, блокувань, захисних пристроїв;
- виявлення напруги на металевих частинах;
- появи на робочому місці запаху газу, гару чи диму.

Оператор баштово-розпилювальної сушарки зобов'язаний:

- негайно вимкнути обладнання;
- перекрити кран на подачі газу та викликати чергового слюсаря аварійно-відновлювальних робіт;
- повідомити про те, що сталося майстру зміни;
- вивісити на пусковому пристрої знак безпеки з написом "Не включати!

Працюють люди";

якщо несподівано вийшов з ладу двигун установки негайно зупинити насос, що подає, і відключити нагрівачі.

При отриманні травми оператор баштово-розпилювальної сушарки зобов'язаний повідомити майстра і звернутися в здравпункт. Якщо травму отримав хтось інший необхідно надати першу допомогу і доставити його в здравпункт, про те, що сталося повідомити майстра. При можливості слід зберегти всю обстановку, при якій стався нещасний випадок, якщо це не є небезпечним для інших.

При виявленні пожежі або ознак горіння (задимлення, запаху гару, підвищення температури тощо) оператор баштово-розпилювальної сушарки зобов'язаний:

негайно повідомити про це телефоном, при цьому необхідно назвати адресу підприємства, місце загоряння пожежі, а також своє прізвище;

повідомити про пожежу майстра зміни;

вжити по можливості заходи щодо евакуації людей, гасіння пожежі (первинними засобами пожежогасіння) та збереження матеріальних цінностей.

12. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

Виробництво молока, як та іншої молочної сировини на підприємствах молочної промисловості істотно впливає на стан навколишнього середовища: забруднює атмосферне повітря промисловими викидами, забруднює басейни річок та озер стічними водами, дає велику кількість промислових відходів.

Стоки на молочних заводах утворюються в основному в результаті миття обладнання, прибирання виробничих цехів та приміщень. У них потрапляють відходи виробництва, залишки (втрати) молочних продуктів і молока, реагенти, що використовуються в процесі миття обладнання, різні домішки, змиваються з поверхонь транспорту, підлог та ін.

Кількість та склад стічних вод залежить від профілю виробництва, використовуваних технологій та становить від 1,0 до 7,0 л на 1 л переробленого молока.

Спільним для стоків всіх молочних заводів є: відносно висока температура 16-33 °С, можливість різких коливань кислотності (рН=6,2-10,5), великий вміст органічних домішок, складові основну частину завислих речовин (до 90%). Концентрація завислих речовин коливається в широких межах і залежить, в основному, від асортименту продукції, технології виробництва та застосовуваного обладнання. Максимальна концентрація завислих частинок міститься у стічних водах підприємства, яке виробляє морозиво (до 1741 мг/дм³). Значна кількість зважених речовин присутні також у стічних водах підприємств, що виробляють сухі та згущені концентрати, сири та сир - до 250-300 мг/дм³.

Стічні води підприємств з переробки молока характеризуються високою добовою нерівномірністю їх якісного складу та витрат, коливаннями значень водневого показника рН. Зміна значення рН пов'язана з режимом роботи підприємства та видом миючих засобів реагентів.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнєнко Л.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Розпач О.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Охорона довкілля		201993.KP.02.012 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.			<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3

При централізованому миття обладнання в каналізацію скидаються промивні стічні води і періодично, раз на 3-5 днів, відпрацьовані миючі розчини кислот і лугів. рН промивних вод змінюється від 7,8 до 10,2; лужність від 1,9 до 4 мг-екв/л. рН відпрацьованих лужних розчинів коливається від 10 до 12; лужність від 30 до 50 мг-екв/л.

Для видалення з води розчинених органічних речовин найчастіше застосовують біохімічне їх окислення у природних чи штучно створених умовах. У першому випадку для цього використовують ґрунти, проточні та замкнуті водойми, у другому – спеціально збудовані для очищення споруди (біофільтри, аеротенки та ін.).

Основними джерелами забруднень повітряного басейну у молочній промисловості є:

виробництво сухих молочних продуктів (сушарки, вогневі калорифери) та допоміжне жерстяно-баночне виробництво (лудіння, лакування, травлення, паяння).

Виробництво сухих молочних продуктів є одним із основних джерел забруднень повітряного басейну у молочній промисловості. При експлуатації сушильних установок об'єм повітря (Використовується як вторинний теплоносій) становить від 2 до 100 тис.м³/год. Температура на виході становить 70-80 °С, концентрація сухого молока у несуть з установки коливається від 4 до 1000 мг/м³.

В даний час для очищення відпрацьованого в розпилювальних сушарках повітря застосовуються в здебільшого циклони. Однак ефективність очищення в них є недостатньою і у повітрі, що відводиться залишається кілька продуктів.

Так при сушінні знежиреного молока на сушарках продуктивністю 1000 кг/год втрати продукту з повітрям можуть досягти 23 кг/год, а відпрацьоване повітря містить від 40 до 170 мг продукту 1 м³. При сушіння

молочної сироватки повітря, що відводиться, може містити до 800 мг/м³ продукту, при цьому загальні втрати сягають вже 30-50 т на рік.

Незначні викиди забруднюючих речовин у повітря виникають і під час роботи жерстянобанкових цехів. Проте останнім часом багато консервних підприємств молочної промисловості переходять на альтернативні варіанти упаковки.

Утворення твердих органічних відходів на підприємствах із переробки молока головним чином пов'язані з характером технологічних процесів.

При сепаруванні молока, виробництві вершкового масла одержують побічні продукти: знежирене молоко, пахту та молочну сироватку. Знежирене молоко, пахта та молочна сироватка відносяться до вторинних ресурсів молочного підкомплексу.

Окрім отримання вторинних продуктів, переробка молока пов'язана з неминучими виробничими втратами сировини (наприклад, протоки молока).

Також до відходів відносяться аполоски від миття молочного обладнання, покидьки (сепараційна слиз), опади, що утворюються в результаті роботи центрифуг-сепараторів та у процесі очищення стічних вод. Крім того, відходи утворюються внаслідок упаковки продукції, її зберігання та реалізації.

За деякими видами відходів визначено питомі нормативи. Наприклад, бій скла при розливі молочних продуктів у скляні пляшки має становити не більше 2,1 %

Таким чином, підприємства молочної промисловості мають значний негативний вплив на довкілля. Захист довкілля та мінімізація збитків від діяльності підприємств молочної промисловості є важливими для сталого розвитку економіки.

Для зниження антропогенної дії підприємствам необхідно розробляти природоохоронні заходи, спрямовані на вдосконалення та модернізацію існуючого технологічного обладнання.

ВИСНОВКИ

1. Встановлення додаткового контура подачі теплоносія дозволяє уникнути повернення часточок висушеного продукту в зону сушіння, що сприяє підвищенню якості вихідного продукту.

2. Упорядкований коловий рух теплоносія запобігає налипанню недосушених крапель молока на стінки сушильної башти, що полегшує їх очищення.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнєнко Л.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Розпоч О.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Висновки	201993.KP.02.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості: підруч. для студентів ВНЗ / Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. та ін. Вінниця : Нова книга, 2007. 648с.
2. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: навч. посіб. / Мирончук В.Г., Орлов Л.О., Пушанко М.М. та ін. Вінниця: Нова книга, 2004. 288с.
3. Монтаж та технічний сервіс обладнання. Практикум: навч. посіб. / за ред. В.Г. Мирончука. К : НУХТ, 2017. 162с.
4. Заплетніков І.М., Мирончук В.Г., Кудрявцев В.М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв : навч. посіб. Київ : «Кафедра», «Центр учбової літератури», 2012. 344 с.
5. Чепелюк О.О., Єщенко О.А., Доломакін Ю.Ю. Гігієнічні вимоги до проектування обладнання харчових виробництв: підруч. Київ : НУХТ, 2017. 311 с.
6. Сухенко Ю.Г., Литвиненко О.А., Сухенко В.Ю. Надійність і довговічність устаткування харчових і переробних виробництв : підруч. для студентів ВНЗ Київ : НУХТ, 2010. 547 с.
7. Загальні технології харчових виробництв: підручник / В.А.Домарецький, П.Л.Шиян, М.М.Калакура, Л.Ф. Романенко; Київ : НУХТ, 2010. 814 с.
8. Справочник механика пищевой промышленности / А.И. Соколенко иа ін. ; Арт Эк. Київ, 2004. 304 с.
9. Ткаченко С. Й., Співак О. Ю. Сушильні процеси та установки: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2007. 76 с.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнєнко ЛВ.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Розпач ОВ.	<i>Назва, додаткова назва</i> Список використаних джерел		201993.KP.02.000073			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук МВ.			<i>Інд.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/3

10. Чагин О. В., Кокина Н. Р., Пастин В. В. Оборудование для сушки пищевых продуктов. Иваново : Иван. хим.-технол. ун-т; 2007. 138 с.

11. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва: навч. посібник / П.С.Берник, З.А.Стоцько, І.П.Паламарчук, В.В.Яськов. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2004. – 336 с.

12. Антипов С.Т. Машины и аппараты пищевых производств: учебник для вузов : в 2-х кн. / под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. Москва : Высшая школа, 2001. 1383 с.

13. Огляд методів сушки плодоовочевої сировини / В. С.Калина та ін. *Праці ТДАТУ*. 2019. Випуск VI. С.68с.

14. Ванін В.В., Перевертун В.В., Надкернична Т.М. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AutoCAD. Київ : Каравелла, 2006. 334 с.

15. Інтенсифікація тепло- масообмінних процесів в харчових технологіях / А.І.Соколенко та ін. ; Фенікс. Київ, 2011. 536 с.

16. Валентас К.Дж., Ротштейн Є., Сингх Р.П. Пищевая инженерия : справочник с примерами расчетов. Москва : ДеЛи принт, 2004. 848 с.

17. Теплообмінні процеси та обладнання переробного та харчового виробництва: навчальний посібник / І.П.Паламарчук та ін. ; Бескид Біт. Львів, 2006. 368 с.

18. Ганин, Н. Проектирование в системе КОМПАС–3D. Санкт-Петербург: Питер, 2008. 448 с.

19. Хомяков А. П. Процессы и аппаратное оформление производств для получения порошкообразных химических веществ : автореф. дис. ...канд. техн. наук : 05.17.08. Екатеринбург, 2007. 49 с.

21. Остриков А.Н., Абрамов О.В. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств: учебник Санкт-Петербург : ГИОРД, 2003. 352 с.

22. Обладнання для харчової промисловості. Вимоги щодо безпеки і гігієни. Частина 2. Вимоги щодо гігієни: ДСТУ EN 1672–2–2001. [Чинний від 2003–01– 01]. Київ : Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. 32 с. (Національний стандарт України).

23. EHEDG Document No.8, Second Edition. Hygienic equipment design criteria. / G. Hauser, G.J. Curiel, H.-W. Bellin at al. 2004. 14 p.

24. Система управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги : ДСТУ 4161 – 2003. – [Чинний від 2003-07-01.]. Київ : PELTA.ORG, 2003. 13 с. (Національний стандарт України)

25. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга : ДСТУ ISO 22000:2007. – [Чинний від 2007–08–01.]. Київ : PELTA.ORG, 2007. 30 с. (Національний стандарт України).

26. Кодекс Алиментариус. Гигиена пищевых продуктов [Пер. с англ.]. Москва : Весь Мир, 2007. 123 с.

27. Hygiene in food processing / H.L.M. Lelieveld, M.A. Mostert, J. Holah, V.White at al. Boston: CRC Press, 2003. 389 p.

28. Оформлення бібліографічних посилань у наукових роботах : методичний poradnik / автори-укладачі: І. Костина, В. Каленська, О. Олабоді ; ред. Н. Левченко. – Київ : Науково-технічна бібліотека Національного університету харчових технологій, 2017. – 31 с.

29. Методичні рекомендації до виконання магістерської кваліфікаційної роботи для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізації «Обладнання переробних і харчових виробництв» ден. та заоч. форм навчання [Електронний ресурс] / Уклад. В.Г. Мирончук, С.Ю.Лементар, О.А.Єщенко – К.: НУХТ, 2018. – 41 с.

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть.	Примітка
				<i>Документація</i>		
A1				<i>Складальне креслення</i>		
				<i>Складальні одиниці</i>		
		1	102253.MP.08.002.01	<i>Сушильна башта</i>	1	
		2	102253.MP.08.002.02	<i>Повітрерозподілювач</i>	1	
		3	102253.MP.08.002.03	<i>Розпилювальна станція</i>	1	
		4	102253.MP.08.002.04	<i>Оглядове вікно</i>	3	
		5	102253.MP.08.002.05	<i>Трубопровід для відсмоктування відпрацьованого повітря</i>	2	
		6	102253.MP.08.002.06	<i>Патрубок для вводу гарячого повітря</i>	2	
		7	102253.MP.08.002.07	<i>Опора</i>	1	
		8	102253.MP.08.002.08	<i>Шлюзовий затвор для виввнтаження продукту</i>	1	
		9	102253.MP.08.002.09	<i>Конвективна сушарка</i>	1	
		10	102253.MP.08.002.010	<i>Патрубок для вводу холодного повітря</i>	1	
		11	102253.MP.08.002.011	<i>Сушарка киплячого шару</i>	1	
		12	102253.MP.08.002.012	<i>Контур подачі повітря</i>	1	

Відповідальна організація <i>НУХТ</i>	Технічне узгодження <i>Карнієнко Л.В.</i>	Розробник документа <i>Розлач О.В.</i>	Документ затверджено <i>Якимчук М.В.</i>	Масштаб 1:1	
Власник документа <i>НУХТ</i>		Вид документа <i>Специфікація</i>	Статус документа		
		Назва, додаткова назва <i>Сушильна башта</i>	<i>201993.KP.02.002.SP</i>		
		Інд. змін	Дата видання	Мова	Аркуш
				<i>ua</i>	<i>1/1</i>

