

Вінницький національний технічний університет
Факультет комп'ютерних систем та автоматики
Кафедра метрології та промислової автоматики

Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи

магістр

(освітній ступень)

на тему: Методика оцінювання якості виробництва сухого молока

Виконав: студент 1 курсу, групи ІЯП-18м
спеціальності

152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна
техніка (освітня програма: інженерія якості
продукції)

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Войцицький В. М.

Керівник: к. т. н., доц.

Севастьянов В. М.

(прізвище та ініціали)

" _____ " _____ 2019 р.

Рецензент: к. т. н., проф. каф. ЛОТ

Лисенко Г. Л.

(прізвище та ініціали)

" _____ " _____ 2019 р.

Вінниця 2019 року

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет комп'ютерних систем і автоматики

Кафедра метрології та промислової автоматики

Освітній ступень магістр

Спеціальність: 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(освітня програма інженерія якості продукції)

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МПА

_____ д.т.н., проф. Кучерук В. Ю.

“ _____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Войцицькому Владиславу Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методика оцінювання якості виробництва сухого молока

керівник роботи Севастьянов Володимир Миколайович к.т.н., доц.,

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

затвердені наказом вищого навчального закладу від “02” 10 2019 року
№ 254

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи: дослідження показників якості сухого молока для встановлення відповідності та дослідження процесу сушіння харчових продуктів у псевдозрідженому шарі. Технічні дані: органолептичні показники; фізико-хімічні показники; методи сушіння.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) провести огляд технологій сушіння молока; проаналізувати особливості технологічного процесу виробництва сухого молока на прикладі сушарок різного типу; визначити вимоги до якості сухого молока, які сформульовані в нормативних документах; визначити критичні контрольні точки спираючись на техпроцес; провести порівняльний аналіз

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Додаток А. (Обов'язковий) Технічне завдання. Додаток Б (довідковий) Стадії технологічного процесу сушіння на розпилювальних установках. Додаток В. (довідковий) Органолептичні показники якості молока сухого незбираного. Додаток Г. (довідковий) Фізико-хімічні та мікробіологічні показники якості молока сухого незбираного. Додаток Д. (довідковий) Органолептичні показники якості молока сухого знежиреного. Додаток Е. (довідковий) Фізико-хімічні та мікробіологічні показники якості молока сухого знежиреного. Додаток Ж (довідковий) Лабораторна сушарка з псевдозрідженим шаром. Додаток И (довідковий) Показники процесу сушіння рідкого молока Додаток (К) Схема технологічного напрямку переробки сировини

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
2	Севастьянов В. М., к.т.н., доц.		
3	Севастьянов В. М., к.т.н., доц.		
1,4	Ратушняк О. Г., к.т.н., доц.		

7. Дата видачі завдання 02 вересня 2019

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Основні тенденції розвитку виробництва сухого молока завдяки сушаркам різного типу	02.09.2019 13.09.2019	
2	Характеристика сучасних технологій сушіння молока	13.09.2019 27.09.2016	
3	Об'єкт, методи та результати досліджень	27.09.2019 07.11.2019	
4	Основні параметри якості, техпроцес, критичні точки	07.11.2019 18.11.2019	
5	Розрахунок економічної доцільності	18.11.2019 06.12.2019	

Студент _____ Войцицький В. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ к.т.н., доц. Севастьянов В. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Реферат	5
Abstract	6
ВСТУП	7
1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АУДИТ РОЗРОБКИ.....	10
1.1 Оцінювання комерційного потенціалу нового виробу	10
1.2 Висновки до розділу 1	17
2 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА СУХОГО МОЛОКА	18
2.1 Випарювання	19
2.2 Розпорошувальна сушка.....	26
2.3 Одноступінчата сушка.....	48
2.4 Двоступінчата сушка	50
2.5 Висновки до розділу 2	53
3 МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ СУХОГО МОЛОКА	54
3.1 Визначення фізико-хімічних параметрів для оцінки якості	54
3.2 Визначення органолептичних параметрів для оцінки якості	59
3.3 Визначення мікробіологічних параметрів для оцінки якості.....	60
3.4 Контроль якості та визначення критичних контрольних точок.....	60
3.5 Порівняльний аналіз готової продукції	64
3.6 Висновки до розділу 3	66
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	67
4.1 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи.....	67
4.2 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	72
4.3 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності	74
4.4 Висновки до розділу 4	76
ВИСНОВКИ.....	77
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	78
Додатки.....	81
Додаток А (обов'язковий) Методика оцінювання якості виробництва сухого молока. Технічне завдання.....	82
Додаток Б (довідковий) Методика оцінювання якості виробництва сухого молока. Стадії технологічного процесу сушіння на розпилювальних установках.....	85
Додаток В (довідковий) Методика оцінювання якості виробництва сухого молока. Органолептичні показники якості молока сухого незбираного	86

Додаток Г (довідковий) Методика оцінювання якості виробництва сухого молока. Фізико-хімічні та мікробіологічні показники якості молока сухого знежиреного	87
Додаток Д (довідковий) Методика оцінювання якості виробництва сухого молока. Показники процесу сушіння рідкого молока	88
Додаток Е (довідковий) Методика оцінювання якості виробництва сухого молока. Схема напрямку переробки сировини	89

Реферат

В магістерській кваліфікаційній роботі виконується дослідження нормативно-методичних основ системи управління якості виробництва сухого молока.

В першому розділі оцінюється комерційний потенціал нової розробки.

В другому розділі проводиться огляд особливостей технологічного процесу отримання сухого молока, визначаються основні параметри для оцінки якості готової продукції.

В третьому розділі проводиться аналіз характеристик готової продукції за якими визначається якість. За схемою техпроцесу запропонований набір критичних контрольних точок. Проведений порівняльний аналіз.

В четвертому розділі підтверджується економічна доцільність проведеними економічними розрахунками.

Abstract

In the master's qualification work is carried out the study of regulatory and methodological foundations of the system of quality control of milk powder production.

The first section assesses the commercial potential of the new development.

The second section reviews the features of the process of obtaining milk powder, defines the main parameters for assessing the quality of finished products.

The third section analyzes the characteristics of the finished product by which quality is determined. The set of critical control points is proposed according to the scheme of the technical process. The comparative analysis is carried out.

The fourth section confirms the economic feasibility of the economic calculations.

ВСТУП

В сучасних умовах зростаючого асортименту харчових продуктів особливо актуальною є перевірка якості продуктів харчування, що виробляються на усьому протязі технологи-ческого процесу виробництва, починаючи від сировини і завершуючи готовою продукцією. Застосовуючи сучасні методики дослідження, можна не лише контролювати якість продукції, але і своєчасно вносити корективи в технологічний процес з метою запобігання наднормованих втрат на виробництві. Уміння застосовувати сучасні методи дослідження дозволить у тому числі визначати фальсифікацію сировини, що поставляється на підприємство-виготівник, а отже, підвищити якість продукції, що виробляється. Від правильності вибору методу дослідження і постановки мети дослідження зрештою залежатиме якість готової продукції, що поступає споживачеві.

За даними аналітичного відділу Асоціації виробників молока України динаміка виробництва молока в млн. тон в рік скорочується. Так в 2013 році виготовлялось порядку 11,5 млн. тонн молока в рік, а на сьогодні цей показник скоротився до 10,4 млн. тонн. Поголів'я великої рогатії худоби також стрімко скорочується. Проте якість молока, що здається на переробку практично не змінилось за зазначений період.

Такий стан речей зумовлений в першу чергу неспроможністю якісної переробки молочної сировини для забезпечення всіх потреб споживачів на внутрішньому ринку. Більшість підприємств хоча і впроваджують у виробництво сучасне обладнання, проте не здатні контролювати якість готової продукції в процесі виробництва, зменшуючи тим рівень якості готової продукції вцілому. Тому робота присвячена вдосконаленню методики оцінювання якості виробництва сухого молока є **актуальною**.

Метою дослідження є удосконалення нормативно-методичних основ системи управління якістю на молокопереробних підприємствах. Для досягнення поставленої мети сформульовані наступні задачі:

- провести огляд технологій сушіння молока;
- проаналізувати особливості технологічного процесу виробництва сухого молока на прикладі сушарок різного типу;
- визначити вимоги до якості сухого молока, які сформульовані в нормативних документах;
- визначити критичні контрольні точки спираючись на техпроцес;
- провести порівняльний аналіз, розробити рекомендації до нормативно-методичних основ системи управління якістю виробництва сухого молока.

Об'єктом роботи є процес отримання якісного сухого молока.

Предмет дослідження є шляхи покращення нормативно-методичних основ системи оцінювання якості процесу виробництва сухого молока.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених в роботі задач використовувались методи наукового пошуку, пошуку інформації в мережі Internet. В ході експериментальних досліджень використовувались методи планування експерименту та чисельні методи.

Наукова новизна полягає у тому, що для удосконалення якості системи виробництва сухого молока запропоновано замінити метод оцінки мікробіологічного показника на кількісний, що дасть змогу скоротити в 1,5 рази тривалість технологічного процесу оскільки швидкість виявлення анаеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів збільшиться.

Практична цінність полягає у тому, що визначено ранжування критичних точок технологічного процесу.

Апробація результатів роботи. Основні положення та попередні результати роботи були представлені на XLVII Науково-технічній конференції факультету комп'ютерних систем і автоматики [29] та п'ятій науково-технічній конференції «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС-2019)» [30].

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати магістерської кваліфікаційної роботи отримані автором самостійно.

Структура та обсяг магістерської кваліфікаційної роботи. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків по роботі, переліку використаних джерел (30 бібліографічних посилань на 3 сторінках), та додатків (8 сторінок). Повний обсяг магістерської кваліфікаційної роботи – 89 сторінки.

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АУДИТ РОЗРОБКИ

1.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки методики оцінювання якості процесу виробництва сухого молока.

Для проведення технологічного аудиту було залучено 3-х незалежних експертів Вінницького національного технічного університету, кафедри метрології та промислової автоматики: Овчинников К. В., доцент, Дудатьєв І.А. к.т.н., старший викладач, Маньковська В.С. к.т.н., доцент. За допомогою таблиці 1.1 за п'ятибальною шкалою використовуючи 12 критеріїв оцінки комерційного потенціалу розробки експерти надали свої оцінки.

Таблиця 1.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів

Продовження табл. 1.1

5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію

великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	виробництво та реалізацію продукту	продукту
---	---	--	------------------------------------	----------

Таблиця 1.2 – Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів СБ, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0-10	Низький
11-20	Нижче середнього
21-30	Середній
31-40	Вище середнього
41-48	Високий

В таблиці 1.3 наведено результати оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки.

Таблиця 1.3 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Овчинников К. В.	Дудатьєв І. А.	Маньковська В.С.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	1
2	2	2	2
3	1	2	3
4	2	2	2
5	3	3	2
6	2	2	2
7	3	2	3
8	3	3	3
9	2	2	2
10	4	4	3
11	3	3	3
12	1	1	1
Сума балів	СБ ₁ =28	СБ ₂ =28	СБ ₃ =27
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_1^3 СБ_i}{3} = \frac{28 + 28 + 27}{3} = 27,6$		

Середньоарифметична сума балів, розрахована на основі висновків експертів склала 27, що згідно таблиці 1.2 вважається, що рівень комерційного потенціалу розробки є середнім.

Методика, яка розробляється в магістерській роботі призначена для визначення якості виробництва сухого молока. Реалізована буде на підприємствах з переробки молочної продукції. Користуватись будуть спеціалісти з контролю якості, метрології та сертифікації продукції.

Проведемо порівняння методики, що розробляється з аналогами, які існують на ринку. В якості аналога для розробки було обрано методику вимірювання масової концентрації сухого молока в пробах продуктів харчування методом імуноферментного аналізу за допомогою набору реагентів “сухое молоко ИФА” виробництва “Хема”.

Основними недоліками аналога є невідповідність процедурі застосування контролю якості у відповідності до програми НАССР. Також до недоліків можна віднести методика розповсюджується на окремий вид готової продукції.

У розробці дана проблема вирішується застосуванням програм НАССР, які чітко визначають ризики та критичні точки в процесі виробництва широкого спектру продукції об'єднаного назвою «сухе молоко».

Також система випереджає аналог за такими параметрами як відповідність сучасним вимогам європейських норм та правил, швидкодії прийняття рішення про якість готової продукції, впровадженні системи контролю якості на існуючому виробництві.

В таблиці 1.4 наведені основні техніко-економічні показники аналога і нової розробки.

Таблиця 1.4 – Основні технічні показники аналога і нової розробки

Показники	Аналог	Нова розробка	Відношення параметрів нової розробки до параметрів аналога
Відповідність сучасним	50 %	90 %	1,8

європейским правилам та нормам, %			
Охоплення параметрів якості продукції в процесі контролю, %	65 %	70 %	1,1
Похибка вимірювання основних параметрів продукту, %	2	1	0,5
Тривалість впровадження методики на виробництво, год	300	350	1,2

Аналіз значень показує, що нова методика оцінки якості виробництва сухого молока забезпечить більший рівень вірогідності в порівнянні з існуючими, при тому, що відповідність сучасним європейським стандартам досягне значення у 90%.

Проведемо оцінку якості продукції, яка є найефективнішим засобом забезпечення вимог споживачів та порівняємо її з аналогом.

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру за формулами (1.1) та (1.2) і занесемо їх у відповідну колонку табл. 1.5.

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}} \quad (1.1)$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}} \quad (1.2)$$

де P_{Hi} , P_{Bi} – числові значення i -го параметру відповідно нового і базового виробів.

Таблиця 1.5 – Основні параметри нової розробки та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)		
1	2	3	4	5
Відповідність сучасним європейским правилам та нормам, %	50	90	1,8	10%
Охоплення параметрів якості	65	70	1,1	25%

продукції в процесі контролю, %				
Похибка вимірювання основних параметрів продукту, %	2	1	2	40%
Тривалість впровадження методики на виробництво, год	300	350	1,2	25%

$$q_1 = \frac{90}{50} = 1,8;$$

$$q_2 = \frac{70}{65} = 1,1;$$

$$q_3 = \frac{2}{1} = 2;$$

$$q_4 = \frac{350}{300} = 1,2.$$

Відносний рівень якості нової розробки визначаємо за формулою:

$$K_{\text{я.в.}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (1.3)$$

$$K_{\text{я.в.}} = 1,8 \cdot 0,1 + 1,1 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,4 + 1,2 \cdot 0,25 = 1,56$$

Відносний коефіцієнт показника якості нової розробки більший одиниці, отже нова розробка якісніший базового товару-конкурента.

Наступним кроком є визначення конкурентоспроможності товару. Конкурентоспроможність товару є головною умовою конкурентоспроможності підприємства на ринку і важливою основою прибутковості його діяльності.

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками найчастіше вважають нормативні та технічні параметри, а також ціну придбання та вартість споживання товару.

Приблизна ціна нового товару складе 950 грн. Занесемо ці та інші показники (взяті з попередніх розрахунків) до табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Нормативні, технічні та економічні параметри інноваційного рішення і товару-виробника

Показники	Варіанти	
	Базовий (товар- конкурент)	Новий (інноваційне рішення)
1	2	3
1. Нормативно-технічні показники		
Відповідність сучасним європейським правилам та нормам, %	50	90
Охоплення параметрів якості продукції в процесі контролю, %	65	70
Похибка вимірювання основних параметрів продукту, %	2	1
Тривалість впровадження методики на виробництво, год	300	350
2. Економічні показники		
Ціна придбання, грн	1500	950

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення (K) з урахуванням вищезазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{m.n.}}{I_{e.n.}}, \quad (1.4)$$

де $I_{m.n.}$ – індекс технічних параметрів; $I_{e.n.}$ – індекс економічних параметрів.

Індекс технічних параметрів є відносним рівнем якості інноваційного рішення. Індекс економічних параметрів визначається за формулою (1.5)

$$I_{e.n.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Hei}}{\sum_{i=1}^n P_{Bei}}, \quad (1.5)$$

де P_{Hei} , P_{Bei} – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

$$I_{e.n.} = \frac{950}{1500} = 0,63;$$

$$K = \frac{1,56}{0,63} = 2,5.$$

Зважаючи на розрахунки, можна зробити висновок, що нова розробка буде конкурентоспроможніше, ніж конкурентний товар.

1.2 Висновки до розділу 1

Врахувавши цінову політику на ринку, а також конкуренцію можна зробити висновок про те, що постачати розробку необхідно за ціною яка буде на 20-30% нижче ринкової.

2 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА СУХОГО МОЛОКА

Для перетворення рідкого продукту на сухий порошок вимагається видалити практично усю воду, кількість якої часто перевершує кількість готового продукту [1]. При видаленні води з оброблюваного продукту в ньому відбуваються глибокі зміни фізичної структури і зовнішнього вигляду – від водянистої рідини до сухого порошку у кінці процесу. Отже, один єдиний метод видалення води не може бути оптимальним для усього процесу, тим більше що харчові продукти можуть сильно відрізнятися по складу. У харчовій і молочній промисловості для цієї мети застосовуються різні методи видалення вологи.

Випарювання. Концентрація молока від рідини, близької по в'язкості до води, до згущеного продукту.

Розпорошувальна сушка. Перетворення згущеного продукту на краплі і випар води з цих крапель для отримання порошку, що складається з сухих часток.

Сушка у віброкиплячому шарі. Розроблена для досушування і охолодження, щоб підвищити ефективність сушки і поліпшити якість порошку.

Розпорошувальна сушка зі вбудованим псевдозрідженим шаром. Робить сушку ще економічнішою і, до того ж, дозволяє обробляти продукти, що важко піддаються сушці.

Сушка зі вбудованим транспортером. Сушарка із стрічковим конвеєром в нижній частині сушарної камери використовується для переробки продуктів, що практично не подаються сушці в звичайній розпорошувальній сушарці.

Кожен метод вимагає пристосування до властивостей продукту, що переробляється, на кожній стадії процесу. Чим важче продукт для сушки, тим складніше має бути установка.

2.1 Випарювання

Процес випарювання молока відомий давно: ще в 1200 р. Марко Поло описував виробництво пастоподібного молочного концентрату в Монголії. Наступна згадка концентрованого молока зустрічається в літературі тільки через 600 років, але після цього технологія швидко розвивалася і на неї отримана безліч патентів. Простий випарний апарат є звичайним відкритим котлом, що нагрівається парою або безпосередньо газом. Випарювання відбувається з поверхні, а випаровувана рідина нагрівається до температури кипіння, що відповідає атмосферному тиску. На рівні моря вона дорівнює 100 °С, а на висоті близько 5000 м над рівнем моря – 85 °С.

Оскільки випаровування відбувається з поверхні, площа якої мала відносно об'єму котла, випарювання вимагає тривалого часу. Молоко піддається дії високої температури, що веде до ушкодження білку, хімічних реакцій, таких як реакція Мейларда [2] або навіть до коагуляції.

Розвиток технології концентрації привів до створення випарних апаратів з примусовою циркуляцією [3]. У цих апаратах молоко тече вгору по численних трубах – температура нагріву стала більше, але поверхня випару все ще обмежена, оскільки труби і канали між пластинами як і раніше наповнені продуктом, який тому перегрівається відносно температури кипіння. Тільки у верхній частині труб утворюється конденсована пара і температура продукту знижується. Для розділення рідини і пари бажано використати відцентрові сепаратори. У таких системах для необхідного згущування потрібна циркуляція продукту. Тому концентрація регулюється зміною кількості упареного розчину, вивантажуваного з установки. На рисунку 2.1 наведена схема випарного апарату з примусовою циркуляцією.

Більше 40 років тому випарні апарати з плівкою, що падає, практично витіснили апарати, що застосовувалися до того, з примусовою циркуляцією.

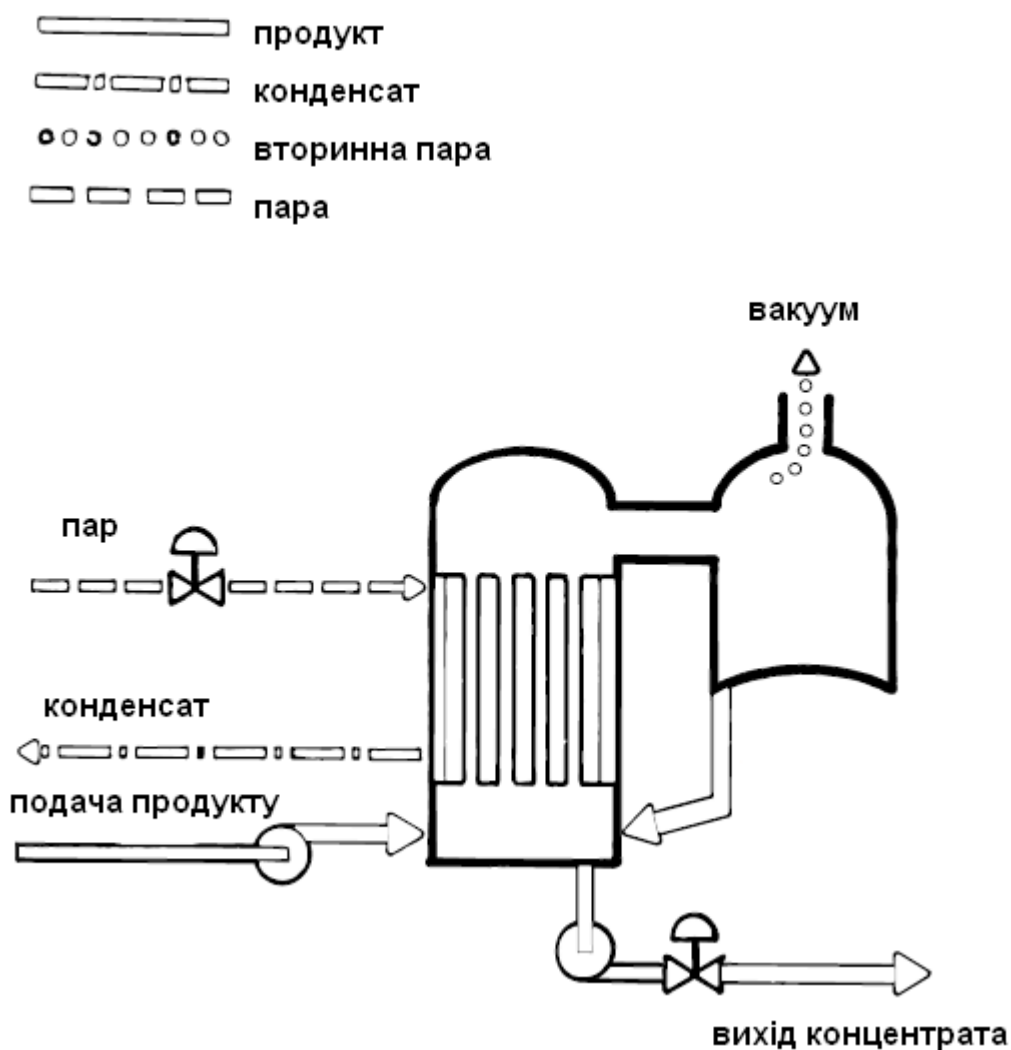


Рисунок 2.1 – Випарний агрегат з примусовою циркуляцією

Цей тип апаратів забезпечує кращу якість продукту [4], оскільки тут скорочений час витримки. Крім того, кількість продукту в апараті зменшилася, а поверхня випару збільшилася. На рисунку 2.2 наведена схема випарного апарату з плівкою, що падає.

Випаровувана рідина рівномірно розподіляється по внутрішній поверхні труби (рис 2.2). Рідина стікає, утворюючи тонку плівку, в якій відбувається кипіння і випар під дією теплоти гріючої пари (рис. 2.3). Конденсат гріючої пари стікає вниз по зовнішній поверхні труби. У апараті є багато паралельно встановлених труб. На обох кінцях труби закладені в трубні ґрати, а увесь пучок труб поміщений в кожух (рис. 2.4).

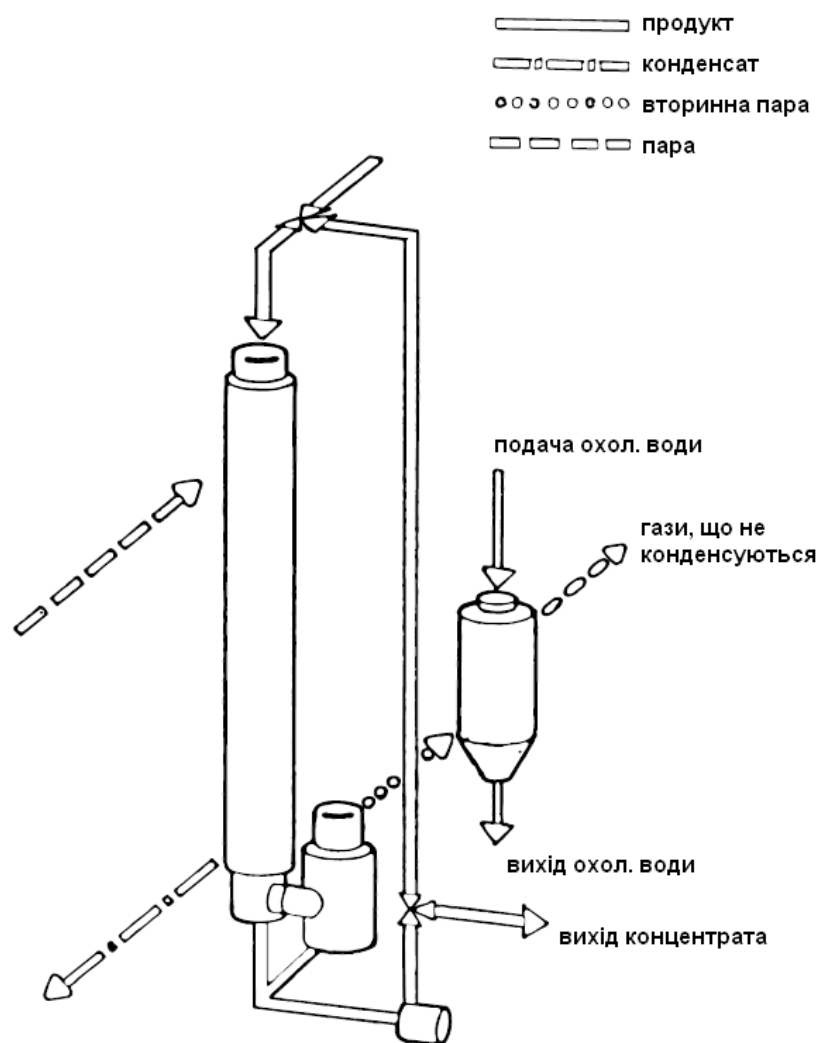


Рисунок 2.2 – Рециркуляційний апарат з падаючою плівкою

Пара подається всередину кожуха. Тому простір між трубами утворює секцію нагріву. Внутрішня поверхня труб називається секцією кипіння. Разом вони утворюють так звану випарну колону. Згущений продукт і вторинна пара виходять з нагрівальної секції знизу, і велика частина продукту вивантажується з апарату. Залишок продукту і вторинна пара тангенціально подаються в сепаратор.

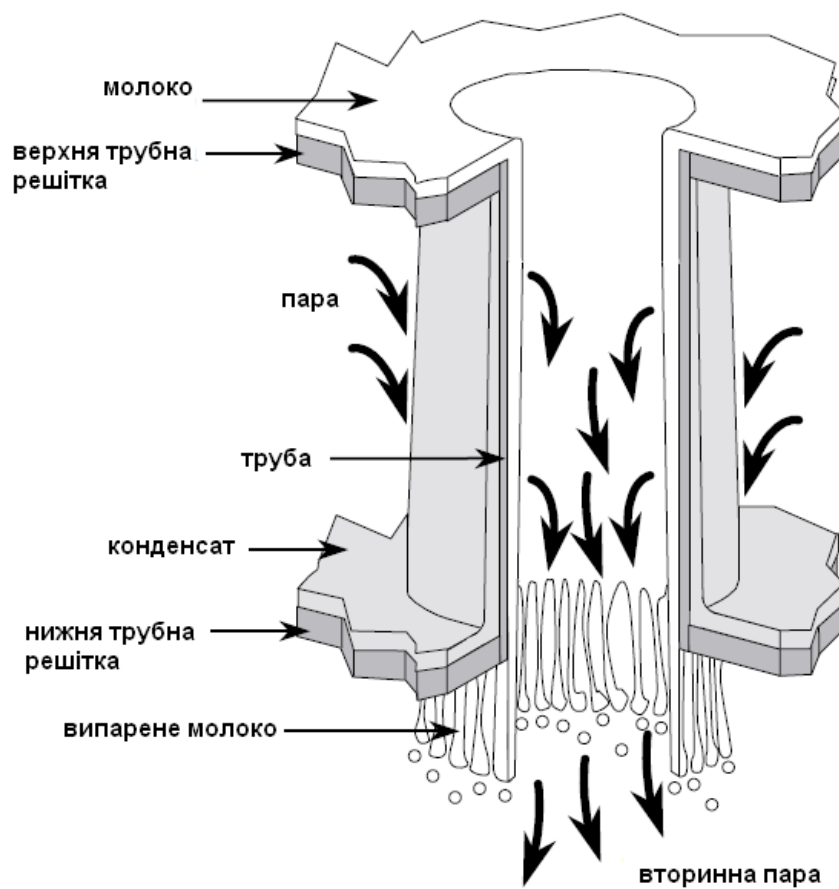


Рисунок 2.3 – Випарювання в трубі випарного апарату з падаючою плівкою

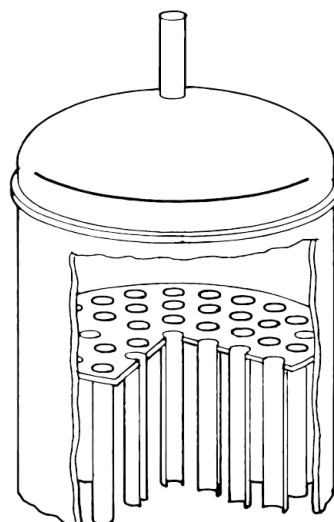


Рисунок 2.4 – Нагрівальна камера випарного апарату

Щоб розібратися в процесах тепло- і масообміну, що становлять основу випарювання, треба визначити деякі питомі величини. З цієї кількості початкового продукту (А) випаровується частина розчинника (В), в результаті залишається концентрат або згущений продукт (С). Таким чином $A = B + C$. На рисунку 2.5 наведені питомі величини та відповідна схема теплових потоків.

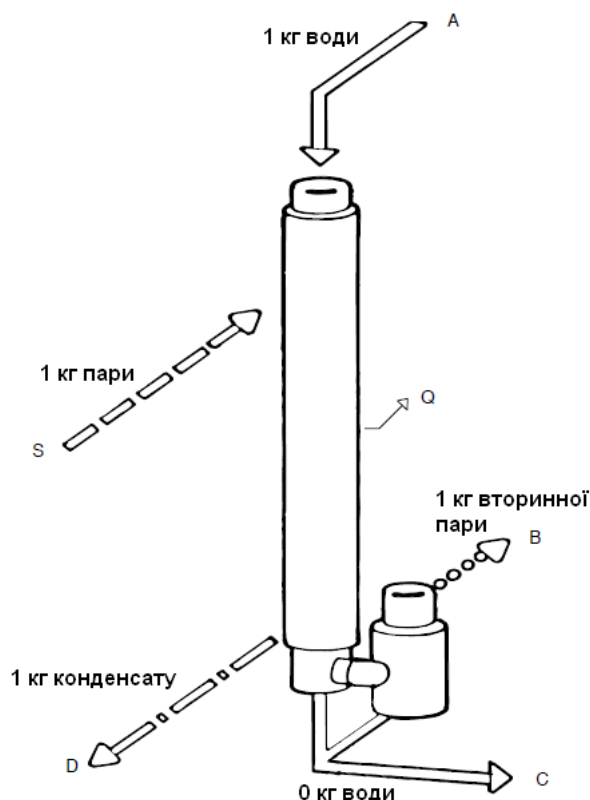


Рисунок 2.5 – Одноступеневий випарний апарат та визначення різних питомих величин і відповідна схема теплових потоків

Коефіцієнт концентрації (e) є мірою інтенсивності випарювання і може бути визначений як відношення початкового і згущеного продуктів або відношення сухої речовини в згущеному і початковому продуктах.

$$e = \frac{A}{C} = \frac{C - \text{Згущений}}{C - \text{Вихідний}} \quad (2.1)$$

Якщо концентрації або коефіцієнт концентрації відомі, то по одній з величин А, В або С можна розрахувати інші.

Таблиця 2.1 – Розрахункові формули

Дана кількість	Шукана	Формула
Вихідний продукт А	В	$B = A \times \frac{e-1}{e}$
	С	$C = A \times \frac{1}{e}$
Розріджувач В	А	$A = B \times \frac{e}{e-1}$
	С	$C = B \times \frac{1}{e-1}$
Концентрат С	А	$A = C \times e$
	В	$B = C \times (e-1)$
де А – вихідний продукт в кг/год; В – випаровувач в кг/год; С – концентрат в кг/год; Е – коефіцієнт концентрування.		

Оскільки молоко містить білки, воно є термолабільним продуктом, і випарювання при 100 °С приведе до такої міри денатурування цих білків, що кінцевий продукт можна вважати непридатним до вживання. Тому секція кипіння працює під вакуумом, тобто кипіння і випар відбуваються при нижчій температурі, ніж та, яка відповідає нормальному атмосферному тиску. Розрідження створюється вакуумним насосом перед пуском випарного апарату і підтримується за рахунок конденсації вторинної пари охолоджувальною водою. При цьому вакуумний насос або аналогічний пристрій використовується для видалення не конденсуються газів, що містяться в молоці.

При 100 °С ентальпія випарювання води складає 539 ккал/кг, а при 60 °С – 564 ккал/кг. Оскільки молоко вимагається нагрівати від температури, наприклад, з 6 °С до точки кипіння, а на підтримку вакууму, що відповідає

температурі кипіння 60 °С, вимагається близько 20 ккал/кг, отримуємо, якщо прийняти що теплові втрати складають 2 %, наступну оцінку споживання енергії (табл. 2.2), що відповідає приблизно 1,1 кг гріючої пари на 1 кг випареної води.

Таблиця 2.2 – Оцінка споживаної енергій при випарюванні

Температура кипіння	°С	100	60
Нагрів	ккал/кг	94	54
Випарювання	ккал/кг	539	564
Вакуум	ккал/кг	-	20
Споживання енергії	ккал/кг	633	638
Втрати тепла	ккал/кг	15	15
Загальні витрати енергії	ккал/кг	648	653

Для спрощення наступних прикладів приймемо витрату 1 кг гріючої пари на кг випарованої води. Оскільки майже уся витрачена енергія поміщена у вторинну пару, що утворилася при випарі молока (рис. 2.5), очевидно, що її можна використати для додаткового випару води за рахунок конденсації вторинної пари. Це досягається включенням у випарний апарат ще однієї нагрівальної камери. Ця друга нагрівальна камера – другий корпус апарату, де температура кипіння нижча, діє як конденсатор для вторинної пари з першого корпусу, і енергія цієї пари використовується при його конденсації.

Щоб забезпечити в другому корпусі різницю температур між продуктом і вторинною парюю, що поступає з першого корпусу, секція кипіння другого корпусу повинна працювати при більш високому вакуумі, що відповідає нижчій температурі кипіння.

Таблиця 2.3 – Відповідні значення параметрів технологічного процесу

Точка кипіння, °С	Розрідженість, м вод. ст.	Тиск, мм. рт. ст.	Висота над рівнем моря, м	Об'єм водяної пари, м ³ /кг
100	0	760	0	1,7
85	4,5	434	5200	2,8
70	7,2	233	10000	4,8
60	8,3	149	14000	7,7
50	9,1	92	18000	12,0
40	9,6	55	22000	19,6

Звичайно, можна додати третій корпус, що обігривається паром з другого, і так далі. Їх число обмежене максимально досяжним розрідженням, яке визначається кількістю і температурою води (зазвичай 20-30 °С), використуваної для конденсації вторинної пари в останньому корпусі. Застосування крижаної води або безпосереднього охолодження фреоном для зниження температури кипіння в останньому корпусі, звичайно, теоретично можливо, але інші чинники, такі як в'язкість продукту, об'єм пари і кристалізація лактози визначають доцільну межу – близько 45 °С. З рисунку 2.5 видно, що 1 кг пари дозволяє випарувати 2 кг, а при використанні трьох корпусів – 3 кг води.

2.2 Розпорошувальна сушка

За визначенням розпорошувальна сушка – це перетворення рідкої сировини на сухий продукт за допомогою того, що розпиляло сировини в гарячому сушарному агентіві [5-8]. Це безперервний одноступінчатий технологічний процес. Сировина може бути розчином, суспензією або пастою. Висушений продукт складається з окремих часток або агломератів - залежно від фізичних і хімічних властивостей сировини, конструкції сушарки і робочих умов. У останні три десятиліття розпорошувальна сушка інтенсивно

досліджувалася і розвивалася, так що сучасне устаткування дозволяє отримати продукт, що має задані замовником властивості.

У молочній промисловості розпорошувальна сушка застосовується з 1800 року, але у великих масштабах вона стала застосовуватися для сушки молока не раніше 1850 року. Проте процес вимагав додавання цукру, сірчаної кислоти або лугу, так що готовий продукт не можна було вважати чистим.

Один з перших патентів на розпорошувальну сушку був виданий в 1901 році німецькому винахідникові Штафу, який розпиляв молоко форсунками в камері з теплим повітрям. Перший справжній прорив, проте, стався в США в 1913 році, коли американець Грей і данець Йенсен розробили розпорошувальну сушарку форсунки і почали робити і продавати промислові сушарні установки.

Перший роторний розпилювач (атомайзер) був розроблений німецьким винахідником Краусом в 1912 році, але цей метод не застосовувався на практиці до 1933 року, коли датський інженер Нироп отримав на нього світовий патент. Після того, як ці першопроходці заклали основу сучасної індустрії сухого молока, техніка розвивалася швидко, і сучасне устаткування, як правило, відрізняється складним пристроєм і використанням витончених технологій.

Традиційна розпорошувальна сушарка працює наступним чином (рис. 2.6). Сировина перекачується з резервуару подання продукту в розпилювач, розташований разом з розподільником повітря у верхній частині сушарної камери. Сушарне повітря забирається подаючим вентилятором з атмосфери і спрямовується через фільтр і через нагрівач в розподільника повітря. Розпорошені краплі контактують з гарячим повітрям і випаровуються, повітря при цьому охолоджується. Велика частина висушеної розпорошеної сировини падає на дно камери і подається в систему пневмотранспорту і охолодження. "Дрібниця", тобто частки малого діаметру, відноситься повітрям, тому повітря вимагається пропускати через циклони для відділення дрібниці. Дрібниця, що збирається на дні циклонів, вивантажується через затвори в систему пневмотранспорту. Повітря з циклонів викидається в атмосферу за допомогою

втяжного вентилятора. Дві фракції порошку об'єднуються в системі пневмотранспорту і охолодження, потім розділяються в сепараторі і упаковуються в мішки. Контрольно-вимірвальні прилади та автоматизація сушарки включає прилади для виміру температури повітря на вході і виході, облаштування автоматичного регулювання температури на вході за допомогою зміни тиску пари або подання палива в повітряний нагрівач і облаштування автоматичного регулювання температури на виході за допомогою зміни подання сировини в розпилювач.

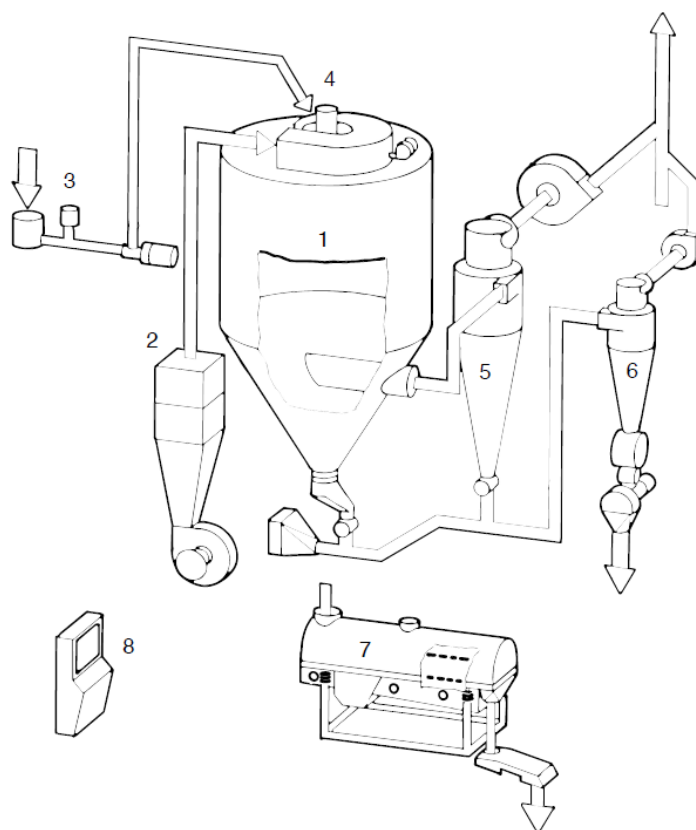


Рисунок 2.6 – Установа розпушувальної сушарки: 1 – сушільна камера; 2 – система нагріву і розподілення повітря; 3 – система подачі; 4 – розпилювач; 5 – система відділювання порошку; 6 – система охолодження; 7 – апарат з псевдоожиженим шаром для досушування; 8 – КВПіА.

Традиційна розпорозувальна сушарка складається з наступних основних компонентів:

- сушарна камера (1);
- система нагріву і розподілу повітря (2);
- система подачі (3);
- розпилювач (4);
- система відділення порошку (5);
- система пневмотранспорту і охолодження (6);
- установки киплячого шару після сушки/охолодження (7);
- Контрольно-вимірювальні прилади та автоматизація (8).

На ринку представлені сушарні камери різних конструкцій. Найбільш поширена циліндрична камера з конічним (40-60°) дном, з якої порошок вивантажується самопливно. Є також камери з плоским дном, в цьому випадку вивантаження порошку робиться із застосуванням скребкового або аспіраційного пристрою. Крім того, існують горизонтальні прямокутні сушарні камери, в яких також використовується примусове вивантаження порошку (скребок або шнек). Різні типи сушарних камер показані на рисунку 2.7.

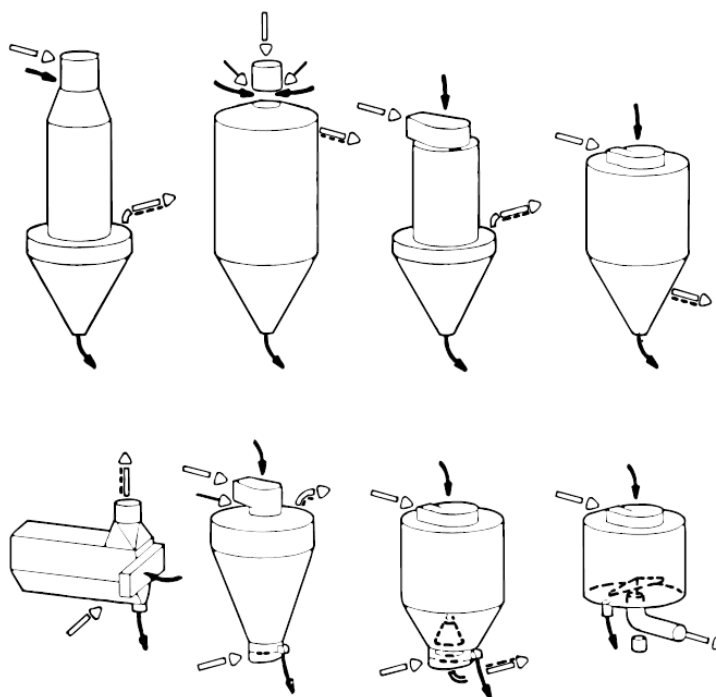


Рисунок 2.7 – Різні типи сушарних камер

Камери з конічним дном і гравітаційним вивантаженням порошку легше адаптувати до різних процесів сушки, таким як розпорошувальна сушка зі вбудованим псевдозрідженим шаром або транспортером, і тому відкривають ширші можливості для сушки різних продуктів. Нині сушарні камери, як правило, конструюють так, щоб виключити внутрішні перешкоди для потоків повітря, які призводять до відкладень порошку.

У сушарних камерах важ особлива увага приділяється ламінарності повітряного потоку, для цього систему відведення повітря проектують так, щоб діаметр конуса був більше діаметру циліндричної частини і між ними утворився кільцевий канал. Це знижує швидкість витяжного повітря і зменшує віднесення порошку в циклон. Така камера спеціально призначена для сушки продуктів дитячого харчування або білкових продуктів, сировина для яких містить мало сухих речовин.

Сушарна камера обов'язково обладналася оглядовими люками, освітлювальними приладами, запобіжними клапанами і іншими пристроями для забезпечення безпеки, такими як установки пожежогасіння, що подає в камеру воду або пару.

Сушарні камери зазвичай забезпечені теплоізоляцією у вигляді знімних порожнистих панелей, або 80-100 мм шару мінеральної вати, обшитого листами нержавіючої сталі або оцинкованої сталі з ПВХ покриттям. Перевага знімних панелей полягає в тому, що вони дозволяють оглядати стінки камери. Тріщини в камері приводять до того, що відволожується теплоізолюючого матеріалу і розвитку в ній бактерій або до появи холодних плям на стінці, де формуються відкладення.

Система нагріву і розподілення повітря. До недавнього часу не існувало спеціальних вимог відносно фільтрування робочого повітря для розпорошувальної сушки. Проте, зараз, вводяться вимоги [9, 10], які повинні забезпечити більш високий рівень чистоти. Класи фільтрів приведені на рисунку 2.8.

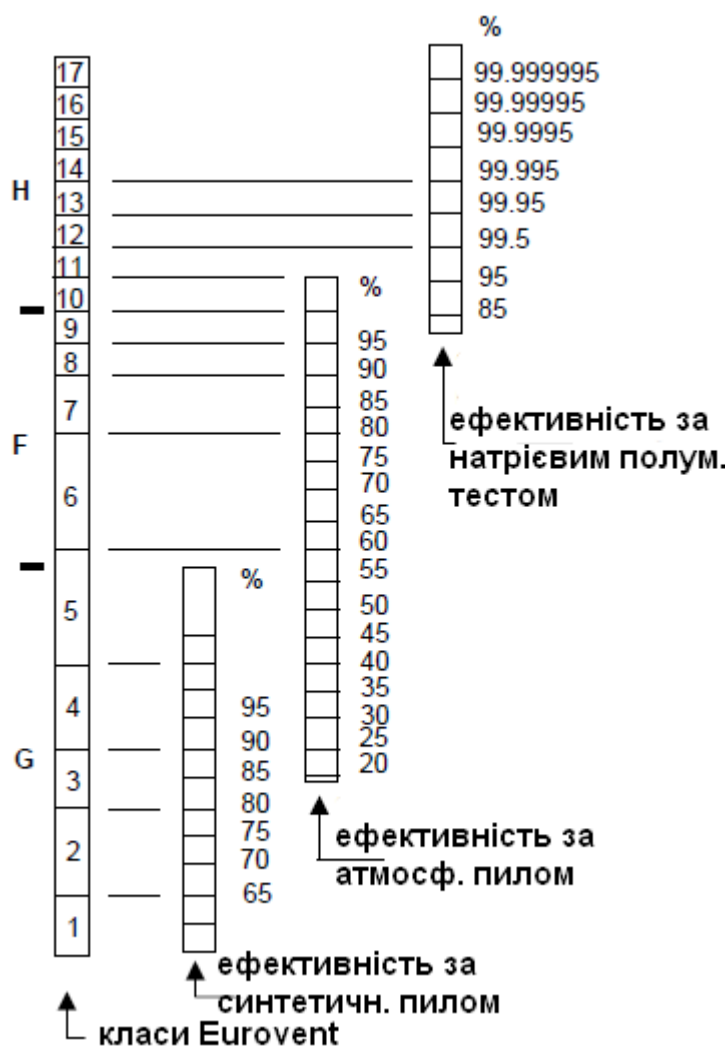


Рисунок 2.8 – Класи фільтрів

Повідомляючи % ефективність фільтрування, важливо вказати спосіб її виміру. Загальним для різних вимог до фільтрування повітря являється наступне:

- повітря повинне подаватися окремим вентилятором через фільтр грубого очищення в цех, де розміщуються вентилятор, фільтр і нагрівач. У цьому цеху повинен підтримуватися надмірний тиск, щоб в нього не проникало нефільтроване повітря;
- Вибір класу і розташування фільтру залежать від кінцевої температури робочого повітря таким чином:

а) для основного сушарного повітря, яке нагрівається вище 120 °С, потрібно тільки грубе фільтрування з ефективністю до 90 %. Фільтр повинен розташовуватися на стороні нагнітання вентилятора;

б) для вторинного повітря, яке нагрівається менш ніж до 120 °С або зовсім не нагрівається, ефективність фільтрування повинна складати 90-95 % і фільтр має бути встановлений після нагрівача (охолоджувача). У деяких країнах діють навіть строгіші вимоги - ефективність фільтрування повинна складати 99,995 %, що відповідає класу фільтру EU13/14 (чи H13/14).

Поточна практика така, що для молочних продуктів, що відповідають вимогам не нижче ніж 3А ефективність попередньої фільтрації повітря повинна складати не менше ніж 35%, а фільтрування основного повітря не нижче ніж на 90%.

Система нагріву повітря. Повітря можна нагрівати різними способами:

- в поверхневому теплообміннику – пором/мазутом/газом/ гарячою олією;
- в контактному теплообміннику – газом/електроенергією.

Поверхневий нагрів. Паровий нагрівач є простим калорифером. Температура, що досягається, залежить від наявного тиску пари. За нормальних умов можна нагрівати повітря до температури на 10 °С нижче, ніж відповідна температура насичення пари. Сучасні парові нагрівачі розділені на секції, так що холодне повітря спочатку потрапляє в секцію конденсату, потім в секцію пари низького тиску (яка зазвичай є найбільшою, оскільки повинна вміщувати якомога більше пари низького тиску) і, нарешті, в секцію пари високого тиску. Воздухонагреватель полягає з лав обрєбрених труб, поміщених в металевий кожух. Теплове навантаження розраховується по кількості і питомій теплоємності повітря. Розмір нагрівача залежить від особливостей теплопередачі через труби і ребра і зазвичай розраховується з коефіцієнта 50 ккал/°С × ч × м³ при швидкості повітря 5 м/с. Парові нагрівачі повітря, як правило, мають ккд 98-99 %. Паровий котел зазвичай встановлюється на деякій відстані від нагрівача, і він повинен забезпечувати додаткові 2-3 бар. надлишку

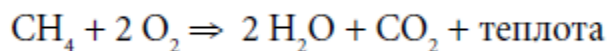
для компенсації втрат тиску в паропроводі і регулюючому клапані. Щоб уникнути корозії труб нагрівача повітря рекомендується виготовляти їх з нержавіючої сталі.

У поверхневих нагрівачах, що нагріваються мазутними або газовими пальниками, повітря і продукти горіння рухаються по різних каналах. Продукти горіння проходять через оцинковані труби, які передають тепло повітрю. Камера згорання виконується з теплостійкої сталі. Кришки нагрівача мають бути знімними для зручності чищення труб. Нагрівачі цього типу працюють в діапазоні температур 175-250 °С з ККД близько 85 %.

Масляні нагрівачі повітря використовуються або самостійно, або на додаток до парових нагрівачів, коли тиск пари не забезпечує достатньої температури повітря на вході. Система нагріву складається з двох теплообмінників, один з яких нагрівається газовим або мазутним пальником, а інший віддає теплоту повітрю. Між цими теплообмінниками з високою швидкістю циркулює спеціальна олія для застосування в харчовій промисловості або інший рідкий теплоносій, що не розкладається при високій температурі. Основна перевага масляних воздухонагрівачів полягає в тому, що це відкрита негерметична система.

Контактний нагрів. Контактні газові нагрівачі використовуються тільки в тих випадках, коли продукти згорання не можуть вступити в контакт з продуктом. Тому вони рідко застосовуються в харчовій або молочній промисловості. Контактні газові нагрівачі дешеві, мають високий ккд і забезпечують температуру до 2000 °С. Якщо установка обладнана воздухонагрівачем з безпосереднім нагрівом від пальника, необхідно врахувати водяну пару (44 мг/кг сухого повітря/°С), що утворюється при згоранні, яка збільшує вологість сухого повітря. Тому температуру на виході нагрівача треба збільшити для компенсації збільшення змісту вологи і підтримки необхідної відносної вологості.

Згорання природного газу (метану) протікає згідно з наступною стехіометричною формулою:



Потрібний для горіння кисень поступає з атмосферного повітря, яке містить 21% O_2 і 79% N_2 .

Тому при горінні утворюється невелика кількість оксидів азоту в результаті реакції азоту і кисню при підвищеній температурі. Суміш оксиду азоту NO і діоксиду азоту NO_2 , що утворюється, позначається NO_x .

Слід відмітити, що високі температури згоряння, висока інтенсивність теплопередачі, великий надлишок повітря і малий час перебування в камері згорання збільшують утворення NO_x [11]. Для порівняння в таблиці 2.4 приведені приблизні концентрації NO_x в різних умовах:

Таблиця 2.4 – Приблизні концентрації NO_x при різних умовах

Сигаретний дим	4000 ppm
Вихлопні гази автомобіля	2000 ppm
Перехрестя з інтенсивним рухом	900 ppm
Газова колонка	75 ppm
Граничне значення в дитячому харчуванні згідно ВОЗ	45 ppm
Камера розпушуючої сушарки	2-5 ppm
Звичайне свіже молоко	<1 ppm
Звичайна питна вода	0,1 ppm

Рівень NO_x в робочому повітрі після контактного нагріву в газовому пальнику залежить від багатьох змінних, проте при добре відрегульованому воздухонагрівателеві він не перевищить вказаної межі. Тільки близько 2 % NO_x , що утворився, абсорбується сухим молоком.

Зміст NO_x в сухому молоці залежить не лише від способу нагріву робочого повітря, але і від корму, який отримували корови, а також від добрив, що застосовувалися, і від ґрунту, на якому зростав корм.

Таблиця 2.5 – Рівень NO_x в сухому молоці при різних типах нагріву.

Поверхневий нагрів	0-2 ppm
Контактний нагрів	1-3,5 ppm

Система подачі (рис 2.9), сполучає випарний апарат з розпоршувальною сушаркою і включає наступне устаткування:

- резервуари подачі (1)
- резервуар для води (2)
- насос концентрату (3)
- система підігрівання (4)
- фільтр (5)
- гомогенізатор/насос високого тиску – подаюча лінія, включаючи
возратну лінію для безразборной миття (7).

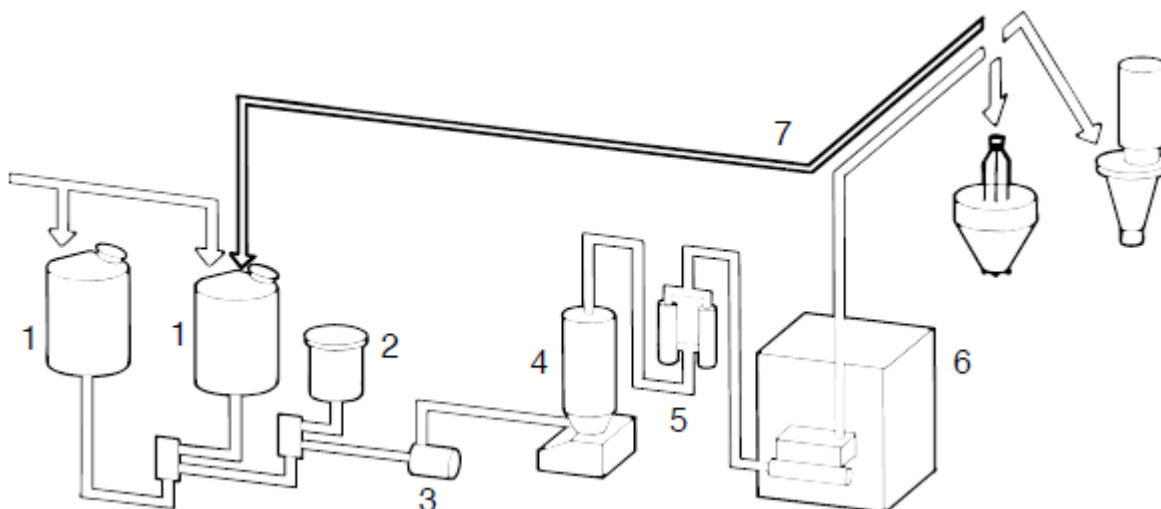


Рисунок 2.9 – Система подачі

В якості резервуарів подачі (1) рекомендується використати два резервуара подачі і перемикатися між ними не рідше чим кожних 4 години. Це пов'язано з небезпекою розмноження бактерій в продукті, що подається, який зазвичай має температуру 45-50 °С, тому, поки один резервуар експлуатується,

інший чиститься. Об'єм кожного резервуару повинен забезпечувати 15-30 хвилин роботи сушарки. Резервуари подачі облаштовуються датчиками рівня і форсунками. Іноді замість резервуарів подачі застосовується вакуумна камера, вбудована в останню нагрівальну камеру випарного апарату.

Резервуар для води (2) застосовується при пуску і зупинці установки, а також у тому випадку, якщо під час роботи сушарки виникне нестача концентрату. Резервуари подачі можуть бути обладнані датчиками рівня, і якщо до такого резервуару підводиться вода, перемикання на подачу води може виконуватися автоматично, що усуває необхідність в резервуарі для води.

У разі роторного розпилювача для подання концентрату найчастіше застосовується насос (3) об'ємного типу або відцентровий насос. Насос об'ємного типу споживає менше енергії і може подавати розчин більшої в'язкості, ніж відцентровий, але коштує дорожче.

Розпилення вимагає більш високої температури (меншій в'язкості) продукту, ніж на виході з випарного апарату. Підігрівання (4) сприяє також і роторному розпиленню. Тому рекомендується використати підігрівач концентрату, який може бути або поверхневим, або контактним. Можливі поверхневі підігрівачі:

- пластинчатий теплообмінник;
- теплообмінник "труба в трубі";
- скребковий теплообмінник.

Пластинчатий теплообмінник. Система з пластинчатим теплообмінником дешевша, але якщо концентрат вимагається підігрівати до 60-65 °С і вміст сухих речовин складає 45-46 %, а робочий період повинен тривати 20 годин, (треба використати два змінні теплообмінники, щоб чистити один з них, поки інший працює). Гріючим середовищем може служити пара, тепла вода або конденсат з першого корпусу випарного апарату.

Теплообмінник "труба в трубі". Дуже простий і невибагливий підігрівач упареного розчину, в якому гофровані труби створюють турбулентність, що покращує теплообмін і знижує забруднення теплообмінних поверхонь. Гріючим

середовищем зазвичай є гаряча вода, теплообмінник працює в протитечії, причому гріюче середовище тече по зовнішній і внутрішній трубам, а продукт – по середній трубі. Дуже низька різниця температур ($< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$) дозволяє працювати 20 годин без перерви на очистку.

Скребоквий теплообмінник. У скребковому теплообміннику скребок з синтетичного матеріалу, призначеного для харчової промисловості, що швидко обертається, постійно видаляє з поверхня теплопередачі налипаючий продукт, запобігаючи його пригоранню і зниженню теплопередачі. Скребокві теплообмінники особливо підходять для продуктів з високим вмістом сухих речовин. Вони можуть безперервно працювати впродовж 20 годин і очищаються разом з іншою системою подачі.

У систему подачі завжди вбудовується прохідний фільтр, щоб виключити попадання грудок і тому подібне в розпилювач.

Гомогенізатор/насос високого тиску. При виробництві незбираного сухого молока або інших жирних продуктів рекомендується вбудовувати в систему живлення гомогенізатор, щоб зменшити вміст вільного жиру в готовому порошку. Бажано використати двоступінчатий гомогенізатор. Перший ступінь працює при тиску 75-100 бар., а друга – при 25-50 бар. Зазвичай гомогенізатор і живлячий насос з'єднуються в один агрегат. При тому, що розпилюючий форсунці потрібний більш високий тиск (до 250 бар. для форсунок + 150 бар. для гомогенізації), тому для економії коштів використовується комбінований гомогенізатор/насос високого тиску. Бажано використати насос з регульованим приводом, щоб управляти витратою продукту і, таким чином, вихідною температурою, оскільки часткова циркуляція продукту веде до неконтрольованого часу витримки і, отже, проблемам з в'язкістю.

Подаюча лінія, звичайно, має бути виконана з нержавіючої сталі і розрахована на високий тиск, якщо розпилення робиться форсунками. Діаметр обирається так, щоб швидкість потоку складала приблизно 1,5 м/с. У систему подачі мають бути включені поворотна лінія і облаштування миття атомайзера,

включаючи диск, або форсунок, так щоб забезпечувалося ретельне миття всього устаткування.

Розпилювач концентрату служить для збільшення поверхні випару. Чим менше краплі, тим більше поверхні, тим легше йде випар і тим вище тепловий ККД сушарки. Ідеальним з точки зору сушки було б отримання крапель однакового розміру, це означало б однакову тривалість сушки і однакову вологість усіх часток. Проте розпилювачі з абсолютно рівномірним розпилюванням доки не розроблені, хоча сучасні конструкції забезпечують високу міру однорідності. З точки зору насипної щільності порошку однорідне розпилення не бажане, оскільки при цьому зменшується насипна щільність і, отже, зростає витрата пакувальних матеріалів. Проте сучасні розпилюючі пристрої сприяють і сушці, і збільшенню насипної щільності.

Як уже згадувалося, розподіл повітря і розпилення – ключові чинники, що визначають ефективність розпорошувальної сушки. Розпилювач безпосередньо визначає багато переваг технології розпорошувальної сушки. По-перше, це дуже короткий час сушки крапель, по-друге, дуже коротке перебування часток в гарячому повітрі і низька температура часток, нарешті, це перетворення рідини на порошок з тривалим терміном зберігання, готовим до упаковки і транспортування.

Основна функція струминних форсунок – перетворювати енергію тиску, створеного висконапірним насосом, в кінетичну енергію тонкої плівки рідини, стабільність якої визначається властивостями рідини, такими як в'язкість, поверхнєве натягнення і щільність, її витратою і середовищем, в якому ця рідина розпилюється.

Більшість промислових струминних форсунок обладнана завихорювачем, який надає рідині обертання, так що вона виходить з другого найважливішого компонента струминної форсунки, сопла, у формі порожнистого конуса. Окрім вказаних особливостей конструкції, форму факела розпилу визначає робочий тиск. Продуктивність (витрата розпорошеної води) можна рахувати прямопропорціональній квадратному кореню з тиску:

$$\text{Витрата кг/год} = K \times \sqrt{P}$$

Згідно з емпіричним правилом, чим вище в'язкість, щільність рідини і поверхневий натяг і чим нижче тиск, тим крупніші частки, що утворюються.

У літературі зустрічаються повідомлення про багато знайдених кореляцій, але приведену нижче формулу [12] можна використати з певною упевненістю.

$$d_s = 157 \left(\frac{\sigma}{P} \right)^{0,5} + 597 \left[\left(\frac{\mu}{\sigma PL} \right)^{0,45} \times \left(\frac{Q}{K_n \times d_o \left(\frac{P}{PL} \right)^{0,5}} \right)^{1,5} \right]$$

де d_s – середній об'ємний діаметр частки розпорошеної рідини, мкм;

σ – поверхневий натяг рідини, дін/см;

P – тиск в форсунці, фунт/

μ – в'язкість рідини, П;

PL – щільність рідини, г/см³;

Q – об'ємна витрата;

K_n – константа форсунки, залежить від кута розпилювання;

d_o – діаметр сопла, дуйм.

У роторних розпилювачах рідина, постійно збільшуючи швидкість, рухається до краю диска під дією відцентрової сили, викликаной його обертанням. Рідина подається в центр диска, поширюється по його поверхні у вигляді тонкої плівки і з високою швидкістю стікає з краю диска. Міра того, що розпиляло залежить від окружної швидкості, властивостей рідини і витрати.

Диск має бути сконструйований таким чином, щоб рідина придбала необхідну швидкість до відриву від поверхні. Тому диски часто мають лопатки різної форми, рідини, що запобігають ковзанню, по його внутрішній поверхні. Ці лопатки також направляють рідину до краю диска, створюючи там тонку плівку, як в подвійних форсунках. Диск, що обертається, діє як вентилятор,

всмоктуючи повітря в концентрат. Кількість повітря, що включається в краплі, залежить від конструкції диска і властивостей рідини.

Незважаючи на інтенсивне вивчення механізму розпилення в роторних розпилювачах, надійно передбачати характеристики аерозоля доки не вдається. Вплив окремих змінних встановлений тільки в обмеженому діапазоні, і лише небагато із встановлених залежностей застосовуються до високопродуктивних швидкохідних промислових розпилювачів. Можна, проте, вказати зв'язок розміру краплі і деяких властивостей продукту і робочих умов.

Витрата рідини. Розмір краплі збільшується зі збільшенням витрати сировини при постійній швидкості диска (з показником міри 0,2).

Окружна швидкість. Окружна швидкість [12] залежить від діаметру і частоти обертання диска і розраховується наступним чином:

$$V_p = \frac{\pi \times D \times N}{1000 \times 60}$$

де V_p – окружна швидкість, м/с;

D – діаметр диску, мм;

N – частота обертання, об/хв.

Окружна швидкість в першу чергу використовується для регулювання розміру крапель. Проте було показано, що розмір крапель не обов'язково залишається однаковим, якщо та ж окружна швидкість забезпечується дисками різної конструкції при різних комбінаціях діаметру і частоти обертання, і що за інших рівних умов диски більшого діаметру зазвичай створюють більші частки. Втім, вибираючи діаметр диска, доводиться керуватися міркуваннями надійності розпилювача, і відмінності в особливостях того, що розпиляло тут не грають істотної ролі. Крім того, маленькі диски зручніше чистити.

В'язкість рідини. Розмір крапель безпосередньо залежить від в'язкості (з показником міри 0,2), тобто в'язкіша сировина дає більші частки. Тому для того, що оптимального, що розпиляло зазвичай намагаються по можливості

понизити в'язкість, найчастіше, нагріваючи концентрат перед тим, що розпиляло. Розподіл розмірів крапель зі збільшенням в'язкості стає ширшим. Цей ефект іноді використовують для збільшення насипної щільності порошку.

Розмір середнього розміру крапель можна виразити наступним рівнянням, розробленим для окружної швидкості не більше 90 м/с. Проте з нею добре узгоджуються і результати вимірювань, виконаних при окружних швидкостях до 150-160 м/с.

$$D_{vs} = K^1 \times r \times \left(\frac{M}{P_1 N r_2} \right)^{0.6} \times \left(\frac{\mu^1}{M_P} \right)^{0.2} \times \left(\frac{\sigma P^1 n h}{M_P^2} \right) \times n \times h$$

де D_{vs} – середній саутеровський діаметр, фут (для отримання середнього об'ємного діаметру додайте 15-20 %);

K^1 – константи розпилювача (0,37 – 0,40);

r – радіус диску, фути;

M_P – масова витрата через увесь змочений край диска, фунт/хв. × фут;

P – щільність рідини, фунт/фут³;

N – частота обертання розпилювача, об/хв;

μ^1 – в'язкість, фунт/фут × хв;

σ – поверхневий натяг, фунт/хв²;

n – кількість лопаток;

H – висота лопаток, фут.

Вказані формули, очевидно, можуть служити лише для орієнтовної оцінки середнього діаметру крапель. Вони приведені тільки для того, щоб дати уявлення про зв'язок між середнім діаметром і різними технічними і технологічними параметрами.

Система сепарації порошку. Оскільки повітря на виході з камери містить невелику долю порошку (10-30 %), частки порошку необхідно відокремити від

повітря – як з економічних міркувань, так і щоб уникнути забруднення середовища. Цю фракцію порошку зазвичай називають "дріб'язком", оскільки в неї потрапляють найдрібніші частки. В якості віддільників/сепараторів в молочній промисловості найчастіше застосовують:

- циклон;
- рукавний фільтр;
- скруббер;
- рукавний фільтр, що допускає безразборную миття.

Циклон має ряд очевидних переваг: висока ефективність за умови правильної конструкції, просте обслуговування у зв'язку з відсутністю частин, що рухаються, зручність очищення, якщо це повністю зварний центрально розташований циклон (рис. 2.10).

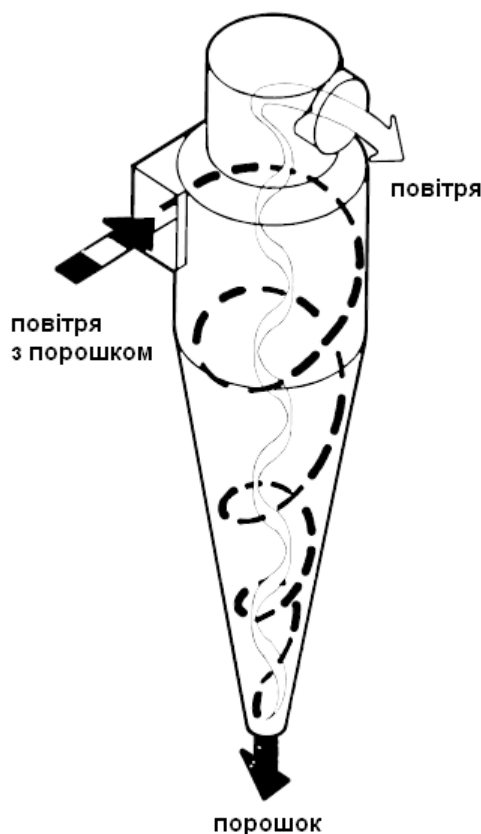


Рисунок 2.10 – Циклон

Принцип роботи ґрунтується на вихровому русі, при якому на кожен частку діє відцентрова сила, переміщаючи її від осі циклону до внутрішньої стінки. Проте рух в радіальному напрямі є результатом дії двох протилежних сил: відцентрова сила переміщає частку до стінки, а сила потоку – до осі циклону. Оскільки відцентрова сила переважає, відбувається сепарація.

Порошок і повітря входять в циклон тангенціально з рівними швидкостями. Повітря разом з порошком рухається по спіралі до основи циклону, при цьому порошок відділяється, зміщуючись до стінки апарату. Порошок вивантажується з нижньої частини циклону через герметизуючий затвор. Чисте повітря піднімається по спіралі уздовж центральної осі циклону і виходить з апарату згори. Відцентрова сила, що діє на кожен частку, розраховується по формулі:

$$C = \frac{m \times V_t^2}{r}$$

де C – відцентрова сила;

m – маса частинки;

V_t – тангенційна швидкість повітря;

r – радіальна відстань до даної точки.

З цієї формули видно, що чим більше маса частки, тим вище ефективність циклону. Чим меншу відстань повинна пройти частка і чим ближче вона до стінки, тим вище ефективність, оскільки швидкість вище і радіус менший. Проте для того, щоб частка досягла стінки циклону, потрібно час, тобто при проектуванні циклону вимагається передбачити достатній час проходження повітря через апарат. З наведеного вище рівняння видно, що маленькі циклони (діаметром менше 1 м) мають максимальну ефективність, що є загальноприйнятим фактом.

Проте високопродуктивні сушарки, працюючі у наш час в молочній промисловості, зажадали б багатьох циклонів (батареї циклонів). Оскільки

кожен циклон вимагає облаштування вивантаження порошку у вигляді секторного затвора або пневматичного або клапана, це означає велику небезпеку витоку повітря, що знижує ефективність циклону. Маленькі циклони можна з'єднати з одним центральним бункером, в цьому випадку знадобиться тільки один клапан. Проте це означає, що у разі різного падіння тиску в циклонах повітря з порошком перетікатиме з одного циклону в інший через нижній випускний отвір. Це зменшить ефективність і підвищить втрати порошку. Чищення численних маленьких циклонів представляє проблему, оскільки віднімає багато часу, а безліч внутрішніх кутів створює небезпеку бактерійного зараження.

Рукавні фільтри. Середні втрати порошку в нормальному вискоєфективному циклоні не повинні перевищувати 0,5 % ($\approx 250 \text{ мг/м}^3$ за нормальних умов) у разі розпорошувальної сушки знежиреного молока. Проте нині дійшли висновку, що 0,5 % - це занадто високий рівень. З 2007 року згідно з вимогами ЄС втрати порошку не повинні перевищувати 10 мг/м^3 за нормальних умов. Тому потрібно завершальне очищення повітря. Зазвичай воно робиться рукавними фільтрами, які складаються з великого числа рукавів, що фільтрують, через кожного з яких проходить однакова кількість повітря. Повітря проходить через матеріал, що фільтрує, всередину рукава, звідки чисте повітря поступає у вихідний колектор.

При правильному виборі фільтруючого матеріалу, досягається висока ефективність очищення, і багато виробників повідомляють про відділення часток розміром 1 мкм. Зібраний порошок автоматично струшується поданням стислого повітря через те, що використовує ефект Коанда сопло Вентури, розташоване у верхній частині кожного рукава. Цей порошок вивантажується знизу через роторний затвор.

Рукавний фільтр можна також використати замість циклонів – таке рішення часто використовують в одноступінчатих сушарках для отримання сухого сироваткового або яєчного білку. Щоб уникнути конденсації, особливо в

конічній частині корпусу фільтру, використовується обдування теплим повітрям або стрічковий нагрівач.

Вибір системи додаткового очищення повітря після циклонів визначається тим, який продукт, рідкий або сухий, зручніше утилізувати. Але у будь-якому разі цей продукт не може розглядатися як першосортний. Тому нині спостерігається тенденція відмови від циклонів і використання рукавних фільтрів що очищуються на місці.

Таблиця 2.6 – Порівняльний аналіз систем сепарування попошки

	Циклон	Циклон +рукавний фільтр	Циклон +скруббер	SANICIP™
Викиди	20-40 мк/нм ³	20-50 мк/нм ³	Не більше 20 мк/нм ³	5-20 мк/нм ³
Втрати тиску у витяжній системі	280 мм вод. ст.	340 мм вод. ст.	340 мм вод. ст.	170 мм вод. ст.
Допоміжні засоби	немає	стиснуте повітря	система церкуляції рідини	стиснуте повітря
Мийка	Безрозбір на мийка	Ускладнена	можлива	Можлива
Обробка гігроскопічни х продуктів	можлива	Ускладнена	можлива	можлива
Використанн я відділеного продукту	Перший гатунок	Перший і другий гатунок	Не рекомендується	Перший гатунок
Технічне обслуговуван ня	Мінімаль- не	Обслуговуютьс я системи стиснення повітря	мінімальне	Обслуговуют ься системи стиснення повітря
Санітарні умови	хороші	порівняно хороші	задовільні	хороші

Система пневмотранспорту і охолодження. Система пневмотранспорту служить для переміщення порошку. Транспортуючим середовищем служить повітря, кількість якого визначається властивостями продукту. Продукти з високим вмістом жиру вимагають більшої витрати повітря (5 об'ємів порошку), чим знежирене молоко (4 об'єми порошку). Проте не рекомендується транспортувати порошок, що містить більше 30 % жиру, оскільки це може привести до засмічення каналів і циклону.

Для транспортування можна використати повітря будь-якої температури, а температура порошку, очевидно, стає такою ж, як у повітря. Якщо застосувати гаряче повітря, станеться сушка продукту. Цей ефект, проте, слабо виражений, оскільки час контакту малий (швидкість повітря 20 м/с), а вода міцно пов'язана з білками.

Система пневмотранспорту зазвичай застосовується в одноступінчатих розпорошувальних сушарках традиційної конструкції. Забиране з доквілля повітря виконує подвійну функцію – транспортує і охолоджує порошок. Для повного використання переваг охолодження рекомендується встановити затвор між вихідною камерою і каналом, який запобіжить попаданню в транспортну систему теплого вологого повітря. Зазвичай для цього застосовується роторний затвор. Слід також уникати пульсацій потоку порошку в результаті падіння відкладень із стінок. Це можна зробити, використовуючи пневмоконвейер з перфорованою пластиною, через яку подається холодне повітря. Одночасно це забезпечить охолодження (рис. 2.11).

Канал пневмотранспорту проходить через вихід основних циклонів і збирає вивантажуваний звідти порошок. Потік повітря з частками порошку поступає в циклон, де частки відділяються від повітря. У основі цього циклону порошок просіюється, після чого він готовий до упаковки в мішки.

Якщо в силу кліматичних умов атмосферне повітря не забезпечує охолодження (із-за його високої температури або вологості), транспортуюче повітря можна охолоджувати крижаною водою, що має температуру 1-2 °С. Температура, до якої вимагається охолоджувати повітря, залежить від продукту

і зовнішніх умов, але зазвичай близька до 8 °С. З повітря конденсуватиметься волога, тому необхідно передбачити секцію відведення конденсату. Зазвичай для цієї мети повітря пропускають через лабіринт. Повітря, що виходить з цього пристрою, не містить капіж, але його відносна вологість дорівнює 100 %. Щоб уникнути подальшої конденсації і утворення крапель, які вбираються порошком і збільшують його вологість, повітря нагрівається до 15-20 °З, так що відносна вологість знижується.

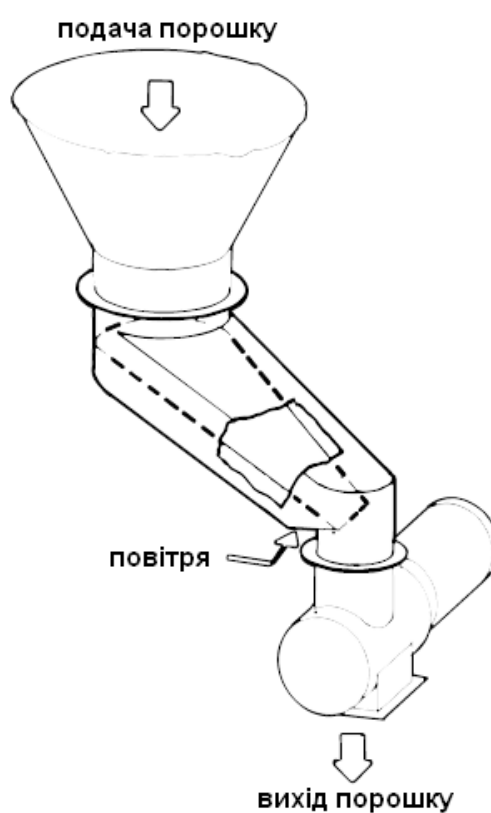


Рисунок 2.11 – Пневмоконвеєр для попереднього охолодження порошку

Пневмотранспортная система дешева і здатна переміщати багато порошку, але вона повністю запобігає агломерації, що призводить до отримання порошку високої насипної щільності. Для порошоків, що містять агломерати (швидкорозчинне сухе молоко), така пневмотранспортная система не застосовується.

2.3 Одноступінчата сушка

Одноступінчата сушка – це процес розпорошувальної сушки, при якому продукт висушується до кінцевої залишкової вологості в камері розпорошувальної сушарки. Початкова швидкість крапель, що зриваються з роторного розпилювача, приблизно дорівнює 150 м/с. Основний процес сушки протікає, поки крапля гальмується під дією тертя об повітря. Краплі діаметром 100 мкм мають шлях гальмування 1 м, а краплі діаметром 10 мкм – лише декілька сантиметрів. Основне зниження температури сушарного повітря, викликане випаром води з концентрату, відбувається в цей період. Велетенський тепло- і масообмін відбувається між частками і навколишнім повітрям за дуже короткий час, тому якість продукту може сильно постраждати, якщо залишити без уваги ті чинники, які сприяють погіршенню продукту.

При видаленні води з крапель походить значне зменшення маси, об'єму і діаметру частки. За ідеальних умов сушки маса краплі з роторного розпилювача зменшується приблизно на 50 %, об'єм – на 40 %, а діаметр – на 75 %.

Проте ідеальна техніка створення крапель і сушки доки не розроблена. Якась кількість повітря завжди включається в концентрат при його перекачуванні з випарного апарату і особливо при поданні концентрату в живлячий резервуар із-за розбризкування. Але і при тому, що розпиляло концентрату роторним розпилювачем в продукт включається багато повітря, оскільки диск розпилювача діє як вентилятор і підсмоктує повітря. Включенню повітря в концентрат можна протидіяти, використовуючи диски спеціальної конструкції. На диску із загнутими лопатками (так званому диску високої насипної щільності) повітря під дією все тієї ж відцентрової сили частково відділяється від концентрату, а в диску, омиваному парою, проблема частково вирішується тим, що замість контакту рідина-повітря тут існує контакт рідина-пара. Вважається, що при тому, що розпиляло форсунками повітря не включається в концентрат або включається в дуже малому ступені. Проте

виявилось, що деяка кількість повітря включається в концентрат на ранній стадії того, що розпиляло зовні і усередині факела распыла изза тертя рідини об повітря ще до утворення крапель. Чим вище продуктивність форсунки (кг/год), тим більше повітря потрапляє в концентрат.

Здатність концентрату включати повітря (тобто пінотворна здатність) залежить від його складу, температури і вмісту сухої речовини. Виявилось, що концентрат з низьким вмістом сухих речовин має значну пінотворну здатність, яка зростає з температурою. Концентрат з високим вмістом сухих речовин пініться значно слабкіше, що особливо проявляється із зростанням температури. Взагалі кажучи, концентрат незбираного молока пініться слабкіше, ніж концентрат знежиреного молока.

Таким чином, зміст повітря в краплях (у формі мікроскопічних бульбашок) значною мірою визначає зменшення об'єму краплі при сушці. Інший, ще важливіший чинник, це температура навколишнього повітря. Як вже відзначалося, між сушарним повітрям і краплею відбувається інтенсивний обмін теплом і водяною парою. Тому навколо частки створюється градієнт температури і концентрації, так що увесь процес стає складним і не цілком ясным. Краплі чистої води (активність води 100 %) при контакті з повітрям, що має високу температуру, випаровуються, зберігаючи до самого кінця випари температуру змоченого термометра. З іншого боку, продукти, що містять суху речовину, при граничній сушці (тобто при наближенні активності води до нуля) нагріваються до кінця сушки до температури навколишнього повітря, що стосовно розпорошувальної сушарки означає температуру повітря на виході.

Тому градієнт концентрації існує не лише від центру до поверхні, але і між точками поверхні, в результаті різні ділянки поверхні мають різну температуру. Загальний градієнт тим більше, чим більше діаметру частки, оскільки це означає меншу відносну поверхню. Тому дрібні частки висихають більше рівномірно.

При сушці вміст сухих речовин, природний, збільшується через видалення води, при цьому збільшується і в'язкість, і поверхневе натягнення.

Це означає, що коефіцієнт дифузії, тобто час і зона дифузійного перенесення води і пари, стає менше, і через уповільнення швидкості випару відбувається перегрівання. У граничних випадках відбувається так зване поверхнєве тверднення, тобто утворення на поверхні жорсткої кірки, через яку вода і пара або абсорбоване повітря дифундують дуже повільно. У разі поверхневого тверднення залишкова вологість частки складає 10-30 %, на цій стадії білки, особливо казеїн, дуже чутливі до нагріву і легко денатурують, в результаті утворюється важко розчинний порошок. Крім того, аморфна лактоза стає твердою і майже непроникною для водяної пари, так що температура частки зростає ще більше, коли швидкість випару, тобто коефіцієнт дифузії, наближається до нуля.

Оскільки усередині частки залишаються водяна пара і бульбашки повітря, вони перегріваються, і якщо температура навколишнього повітря досить висока, пара і повітря розширюються. Тиск в часточці зростає, і вона роздувається в кулю з гладкою поверхнею. Така часточка містить безліч вакуолей. Якщо температура навколишнього повітря досить висока, частка може навіть вибухнути, але якщо цього і не станеться, частка все одно має дуже тонку скоринку, близько 1 мкм, і не витримає механічної обробки в циклоні або в системі транспортування, так що вона покине сушарку з викидним повітрям.

2.4 Двоступінчата сушка

Як вже відзначалося, температура частки визначається температурою навколишнього повітря (температурою на виході). Оскільки пов'язана волога важко віддається традиційною сушкою, температура на виході має бути досить високою, щоб забезпечити рушійну силу (Δt , тобто різниця температур між часткою і повітрям), здатну видалити залишкову вологу. Дуже часто це погіршує якість часток, як обговорювалося вище.

Тому не дивно, що була розроблена абсолютно інша технологія сушки, призначена для випару з таких часток останніх 2-10 % вологи.

Оскільки випаровування на цій стадії через низький коефіцієнт дифузії йде дуже повільно, устаткування для досушування має бути таким, щоб порошок залишався в ньому тривалий час. Таку сушку можна проводити в пневмотранспортній системі, використовуючи гаряче транспортуюче повітря для збільшення рушійної сили процесу. Проте, оскільки швидкість в транспортному каналі має бути ≈ 20 м/с, для ефективної сушки знадобиться канал значної довжини. Інша система, це так звана "гаряча камера" з тангенціальним входом для збільшення часу витримки. Після закінчення сушки порошок відділяється в циклоні і поступає в іншу пневмотранспортную систему з холодним або осушеним повітрям, де порошок охолоджується. Після відділення в циклоні порошок готовий до упаковки в мішки.

Переваги двоступінчатої сушки можна визначити таким чином:

- більш висока продуктивність на 1 кг сушарного повітря;
- підвищена економічність;
- краща якість продукту:
 - а) хороша розчинність;
 - б) висока насипна щільність;
 - в) низький вміст вільного жиру;
 - г) низький вміст абсорбованого повітря;
 - д) менші викиди порошку.

Для поліпшення ККД двоступінчатого висушування температура повітря на виході при двоступінчатій сушці зменшується до того рівня, при якому порошок зі змістом вологи 5-7 % стає липким і починає осідати на стінках камери.

Проте створення псевдозрідженого шару [13-17] в кінчній частині камери забезпечує подальше удосконалення процесу. Повітря для вторинної сушки подається в камеру під перфорованою пластиною, через яку розподіляється по шару порошку. Такий тип сушарки може працювати в режимі, при якому первинні частки висихають до вологості 8-12 %, що відповідає температурі повітря на виході 65-70 °С. Така утилізація сушарного

повітря дозволяє значно зменшити розміри установки при тій же продуктивності сушарки.

Сухе молоко завжди вважалося важким для псевдозрідження. Проте пластина спеціальної запатентованої конструкції забезпечує рух повітря і порошку в тому ж напрямі, в якому рухається первинне сушарне повітря. Ця пластина за умови правильного вибору висоти шару і швидкості початку псевдозрідження дозволяє створювати статичний псевдозріджений шар для будь-якого виробленого з молока продукту.

Отже проаналізувавши особливості технологічного процесу сушіння молока можна схематично зобразити стадії технологічного процесу від підготовки продукту до стадії зберігання готової продукції (рис. 2.12).

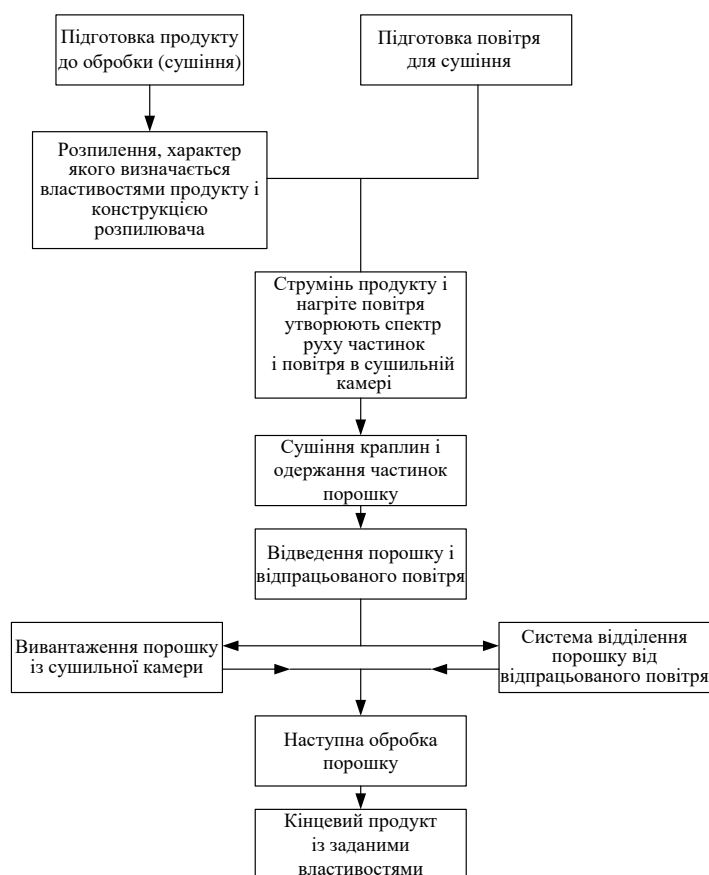


Рисунок 2.12 – Стадії технологічного процесу сушіння на розпилювальних установках

2.5 Висновки до розділу 2

Проведений огляд особливостей процесу виробництва сухого молока показує, що сьогодні найбільш ефективними установками для отримання сухого молока є сушарки з використанням вихрового шару, які забезпечують більший ККД в порівнянні з іншими типами сушарок, але вимагають більш інтенсивного контролю за процесом перетворення готової продукції, для досягнення органолептичних показників, що відповідають сучасним стандартам.

3 МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ СУХОГО МОЛОКА

За фізико-хімічними, органолептичними та мікробіологічними показниками молоко сухе має відповідати вимогам діючого стандарту. Масові частки вологи (%), кислотності (°Т) нормуються від способу сушіння та виду тари. В герметично упакованому продукті розпилюючої сушарки масова частка вологи не повинна перевищувати 4%. Розчинність продукту вищого гатунку розпилюючої сушарки, що запакований в споживчу тару, не більше 0,2 см³ сирого залишку [19]. Не залежно від способу висушування виду тари та сорту нормується масова частка жиру (не менше 20% і не більше 25%), чистота продукту (не нижче другої групи), вміст солей важких металів. Птогенні мікроорганізми, бактерії групи кишкової палички (в 0,1 г продукту) нормуються в залежності від сорту [18].

3.1 Визначення фізико-хімічних параметрів для оцінки якості

Будь-яке сухе молоко повинне відповідати вимогам щодо залишкової вологості. Для знежиреного молока це зазвичай 4 %, а для цілісного – 2,5 %. Ці вимоги можуть відрізнятися в різних країнах.

Залишок вологи визначається простим висушуванням в термостаті, при чому порошок висушується при температурі 102 – 105 °С протягом трьох годин. По завершенні розраховується різниця мас і вологість у відсотках від маси порошка. Також розроблені експрес методи визначення вологості готовою продукції в яких, як правило використовується гріюча лампа з регульованою напругою. Такі аналізи, як правило, менш точні ніж ті що проводять з використанням термостату, але дуже корисні в технологічному процесі, коли необхідно сформувавши керуючий вплив для створення оптимальних параметрів сушарки.

Насипна щільність це маса порошку, що займає одиницю об'єму, і виражається в г/мл, г/100 мл або г/л. Зворотна величина, об'єм насипного

матеріалу, виражається в мл/100 г або мл/р. Об'єм насипного матеріалу використовують, якщо вимірювання виконують за допомогою мірного циліндра. Таким циліндром вимірюють об'єм 100 г порошку. Можна також виміряти масу порошку в 100 мл циліндрі, щоб визначити насипну щільність. Природно, з однієї величини легко розрахувати іншу. Насипну щільність можна виміряти без струшування порошку (об'ємна), після 10 струшувань ("укладена"), 100 або 1250 струшувань. Для струшування застосовують різні типи устаткування. Його можна виконувати і вручну. Природно, щільність залежить від інтенсивності струшування.

Насипна щільність сухого молока залежить від деяких інших властивостей. Проте основні чинники, що визначають насипну щільність, це: щільність часток, яка залежить від щільності сухих речовин (тобто від складу продукту), вміст абсорбованого повітря в частках, кількість повітря між частками (залежить від агломерації часток), сипучість.

Щільність часток визначається щільністю сухих речовин часток і вмістом в них абсорбованого повітря. Щільність сухих речовин часток це щільність часток без повітря, вона визначається їх хімічним складом. Якщо склад продукту і щільність окремих компонентів відомі, щільність сухих речовин (D_s) розраховується за наступною формулою:

$$D_{solids} = \frac{100}{\frac{\%A}{D_A} + \frac{\%B}{D_B} + \frac{\%C}{D_C} + \dots + \%W}$$

де %A, %B, %C – частки компонентів;

D_A, D_B, D_C – відповідні щільності сухих речовин;

W% – відсотковий вміст води.

Щільність сухих речовин порошка неможливо змінити без зміни його складу, тобто вона постійна для даного продукту.

Щільність часток можна виміряти газовим пікнометром. Але прилади побудовані за таким принципом не розповсюджені, тому частіше застосовують метод із застосуванням петролійного ефіру. Певна кількість порошку змішується з певним об'ємом ефіру в мірному циліндрі.

$$D_{\text{част}} = \frac{W}{V_1 + V_2},$$

де $D_{\text{част}}$ – щільність часток (г/см³);

W – маса порошку (г);

V_1 – об'єм попрока + ефіра (мл);

V_2 – об'єм ефіра (мл).

Об'єм абсорбованого повітря вираховується за наступною формулою:

$$V_{\text{ап}} = \frac{100}{D_{\text{част}}} + \frac{100}{D_{\text{solid}}},$$

де $V_{\text{ап}}$ – об'єм абсорбованого повітря (см³/100 г порошку);

Проте вміст абсорбованого повітря а, отже, щільність часток, залежить від багатьох чинників:

- температура пастеризації молока перед випарюванням;
- кількість повітря в концентраті;
- пінотворна здатність концентрату;
- тип вживаного диска або розмір форсунки;
- вміст сухих речовин в концентраті;
- умови сушки (одно- або двоступінчатий процес).

Такий поділ на характеристики не дає можливості визначити один параметри, який би суттєво впливав на якість готової продукції, а визначення кількісних характеристик кожного з наведених не дає адекватної оцінки за

умови невідомого ступеня кореляції між ними. Отже доцільно обмежитись для оцінки якості лише насипною щільністю порошку.

Очевидно, що сухе молоко має бути розчинним у воді. Проте не усі компоненти порошку розчиняються при відновленні вмісту вологи. Якщо порошок зроблений на сучасній сушарці, кількість нерозчинних компонентів невелика, а розчинність наближається до 100 %. Проте, порошки з поганою розчинністю все ще виготовляються на пересічних сушарках, яким не приділяється достатньо уваги в налаштуваннях та управлінні.

Визначення розчинності доволі простий процес який має чіткий алгоритм нескладний для відтворення. 10 г сухого знежиреного молока, 13 г сухого незбираного молока або 6 г сухої сироватки (чи еквівалентна кількість концентрату, яка залежить від вмісту сухих речовин) розмішують впродовж 90 секунд в міксері на високій швидкості в 100 мл води при температурі близько 24 °С. Молоко залишають на 15 хвилин, потім перемішують шпателем. 50 мл молока наливають в конічну 50 мл центрифужную пробірку. Пробірку центрифугують 5 хвилин, надсадочную рідину відсисають, пробірку заповнюють водою (для зручності прочитування), і вміст перемішують. Потім пробірку центрифугують 5 хвилин і вимірюють кількість осаду [12].

Кількість осаду виражається в мл і називається індексом розчинності. Зазвичай він складає 0,2 мл для сухого молока, отриманого на сучасних добре спроектованих випарних апаратах і сушарках з високоякісної молочної сировини. Високий індекс розчинності (тобто погана розчинність) сухого молока може пояснюватися різними причинами. Зазвичай осад є денатурованим казеїном або дуже складною комбінацією казеїну і сироваткових білків з лактозою, хімія якого не цілком зрозуміла.

Перелік фізико-хімічних показників якості сухого молока згідно [19] зведені до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Фізико-хімічні показники оцінки якості молока сухого

Показник	Норма для молока сухого швидкорозчинного	Метод контролю
Масова частка вологи, %, не більше ніж	4	Згідно з ДСТУ 8574:2015
Масова частка жиру, %, не менше ніж	25	Згідно з ДСТУ ISO 1211:2002
Індекс розчинності, см ³ сирого осаду, не більше ніж	0,2	Згідно з ГОСТ 30305.4
Відносна швидкість розчинення, %, не менше ніж	60	Згідно з 11.6
Масова частка фосфоліпідів, %, не більше ніж	0,5	Згідно з 11.7
Титрована кислотність відновленого молока з вмістом сухих речовин 12 %, °Т, не більше ніж	19	Згідно з ISO 8069:2005/IDF 69:2005, IDT
Чистота відновленого молока сухого швидкорозчинного, група, не нижче	II	Згідно з ГОСТ 29245

Масова частка вологи згідно [20] поділяють на методи висушування проби при температурі 102 ± 2 °С та прискорені методи визначення масової частки вологи. У другому випадку до зразка застосовують підвищену температуру у 125 ± 2 °С але значно скорочують часовий інтервал проведення аналізу. В результаті обробки результатів отримують дані: в першому випадку з граничним допустимим значенням похибки $\pm 0,5\%$ при довірчій імовірності $P=0,95$ і розбіжностями між двома паралельними результатами не більше $0,06\%$ масової частки вологи і в другому границя допустимої похибки результату вимірювання $\pm 0,8\%$ при довірчій імовірності $P=0,95$ і розбіжностями між двома паралельними результатами не більше $0,3\%$ масової частки вологи.

Метод висушування на приладі Чижової [21] забезпечує граничне значення допустимої похибки результату вимірювання $\pm 0,8\%$ при довірчій імовірності $P=0,95$ і розбіжностями між двома паралельними результатами не більше $0,2\%$ масової частки вологи.

Масова частка жиру згідно [19] до 40% визначається відсотках по шкалі жироміра. Зазначений метод здатен забезпечити граничне значення допустимої похибки результату вимірювання $\pm 0,5\%$ масової частки жиру при довірчій

імовірності $P=0,95$ і умові, що результати двох паралельних визначень знаходяться в межах однієї найменшої поділки шкали жироміра.

Індекс розчинності згідно [23] виражають в см^3 , а результат вимірювання подають з граничним значенням допустимої абсолютної похибки $\pm 0,25 \text{ см}^3$ сирого залишку при довірчій імовірності $P=0,95$.

Згідно [24] кислотність молочних продуктів виражають в градусах Тернера. Під градусом Тернера ($^{\circ}\text{T}$) розуміють об'єм в см^3 водного розчину гідроокису натрію концентрації $0,1 \text{ г/моль/дм}^3$, що витрачається на нейтралізацію 100 см^3 відновлених сухих продуктів. Метод вимірювання кислотності здатен забезпечити максимальне граничне значення похибки вимірювання $\pm 1,0 \%$ при заданій довірчій імовірності $P=0,95$ за умови, що розбіжність між двома паралельними результатами становитиме не більше $0,2 \text{ }^{\circ}\text{T}$.

Згідно [25] групу чистоти визначають шляхом підрахунку часток на фільтрі порівнюючи його з еталоном по ГОСТ 8218 [26]. Якщо продукт потрапляє по чистоті між двома групами, то його відносять до більш низької групи чистоти. В [26] виділяють три групи чистоти, де друга визначається як: «на фільтрі є окремі часточки механічних домішок кількістю до 13 шт.».

3.2 Визначення органолептичних параметрів для оцінки якості

Згідно [25] органолептичні показники (смак та запах, зовнішній вигляд або консистенція, колір) визначають в нерозчиненому продукті або у відновленому вигляді (після розведення водою) в залежності від того, який показник визначається та від способу вживання в даного продукту. Температура продуктів, що аналізуються повина бути від 15 до $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Органолептичні показники визначають візуальним оглядом і випробуванням підготованих до аналізу продуктів.

Смак та запах продукту мають бути притаманні свіжому пастеризованому молоку, без сторонніх присмаків та запахів. На зовнішній вигляд продукт має

виглядати як сухий порошок, що складається із агломерованих часток. Допустима наявність невеликої кількості легкокорозиспчастих грудочок. Колір має бути однорідним, білим або з кремовим відтінком. І якщо фізико-хімічні показники оцінки якості молока сухого мають кількісну оцінку, то органолептичні показники порівнюються із досвідом експерта.

3.3 Визначення мікробіологічних параметрів для оцінки якості

До мікробіологічних показників якості сухого молока відносять в першу чергу наявність в готовій продукції патогенних мікроорганізмів типу бактерій групи кишкової палички, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* тощо. Нормою вважається відсутність вище названих мікроорганізмів в пробах при випробуваннях.

Окремим показником якості виділяється кількість мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів (МАФАМ), яка вимірюється в колонієутворюючих одиницях на грам (КУО). Допустимі норми зведені до таблиці в додатка Г.

3.4 Контроль якості та визначення критичних контрольних точок

Головне завдання – провести аналіз ризиків для виробничого процесу і виявити критичні контрольні точки для кожного етапу. На початку своєї роботи, група має проаналізувати увесь ланцюг – від потрапляння сировини на підприємство, до етапу передачі готової продукції споживачам. Для кожного небезпечного чинника, фахівці визначають загрози, здатні вплинути на підсумковий продукт, і розробляють застережливі дії.

Всі загрози, що йдуть від персоналу, сировини, устаткування і довкілля підрозділяються на:

- мікробіологічні;
- фізичні;

-хімічні.

Після визначення і складання повного списку загроз, фахівці проводять ідентифікацію критичних контрольних точок за допомогою дерева ухвалення рішень. Таким чином можна сформулювати визначення для кожної критичної контрольної точки. Критичні контрольні точки є елементами або етапами виробничого процесу, в яких вплив небезпечних чинників може перевищити допустимі значення ризику, тим самим призвести до виробництва небезпечної продукції і тяжких наслідків для споживачів. Тобто контрольні точки – це інструмент контролю у формі різних заходів, спрямованих на підвищення безпеки при випуску продуктів харчування.

В обов'язковому порядку, для кожної критичної контрольної точки робоча група визначає:

- межі граничних значень, за допомогою яких здійснюється контроль за критичними точками;
- програму моніторингу, в якій вказується детальна інформація, хто, як і коли здійснює контроль за критичними точками;
- дії, що коригують, - заходи, спрямовані на зниження ризиків або усунення наслідків перевищення граничних значень ККТ.

Для формування критичних точок побудуємо дерево прийняття рішення. Дерево зображене на рисунку 3.1.

Для визначення контрольних точок мають бути оцінені всі небезпечні для продукції етапи виробництва: сировина, що використовується; недотримання параметрів технологічного процесу; умови зберігання та транспортування; утримання виробничих приміщень та технологічного обладнання; дотримання працівниками правил особистої гігієни; періодичність та якість проведення прибирання та дезінфекції устаткування та приміщень.

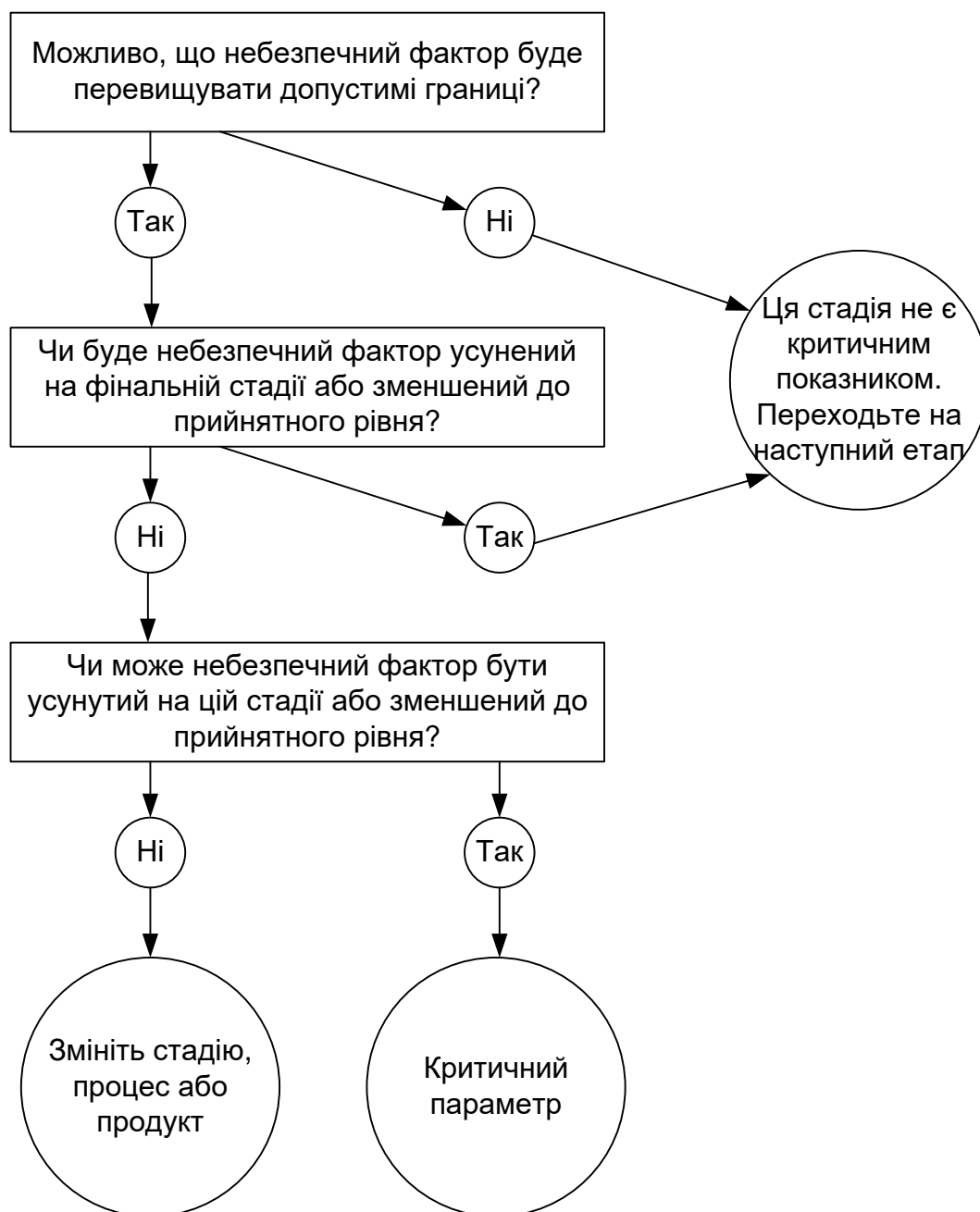


Рисунок 3.1 – Дерево прийняття рішення

З урахуванням схеми технологічного напрямку переробки сировини складемо таблицю аналізу ризиків де детально опишемо стадію процесу та безпеку та її джерело і контрольні заходи, що необхідно застосувати для усунення ризиків в імовірній контрольній критичній точці.

Таблиця 3.2 – Таблиця аналізу ризиків

№	Стадія процесу	Небезпека та її джерело	Контрольні заходи	Оцінка ризику	ККТ (так/ні)
1	Потрапляння продукції на склад	- біологічні (забруднення патогенними м/о, порушення цілісності упаковки) - фізичні (домішки нерозчинні) - органолептичні (відсутні)	Вхідний контроль сировини	При виконанні контрольних заходів ступінь ризику невелика	Ні
2	Сепарування	- біологічні (забруднення патогенними м/о) - фізичні (утворення нерозчинних домішок) - органолептичні (утворення неприємного присмаку)	Проведення планових перевірок параметрів технологічного процесу	Ступінь ризику на середньому рівні.	Так
3	Випарювання	- біологічні (забруднення патогенними м/о) - фізичні (утворення нерозчинних домішок) - органолептичні (утворення неприємного присмаку)	Проведення планових перевірок параметрів технологічного процесу	Ступінь ризику на середньому рівні.	Так
4	Сушіння	- біологічні (забруднення патогенними м/о) - фізичні (утворення нерозчинних домішок) - органолептичні (утворення неприємного присмаку, невідповідний колір)	Проведення планових перевірок параметрів технологічного процесу	Ступінь ризику невелика.	Ні
5	Зберігання	- біологічні (ріст патогенних м/о) - фізичні (збільшення вмісту вологи) - органолептичні (погвршення всіх показників)	Правильне зберігання та реєстрація роботи відповідного обладнання.	Ступінь ризику висока	Так

Проведені дослідження [27] показують, що основним небезпечним фактором для якого необхідно визначати контрольну точку та корегувати технологічний процес є кількість мікроорганізмів, яку визначають в лабораторії, а сам показник є якісним. Нормою вважається відсутність мікроорганізмів в готовій продукції. Проте такий підхід суттєво сповільнює результати визначення якості, а саме час провокує почвк таких мікроорганізмів в готовій продукції. Тому доцільно впровадити в технологічний поцес метод кількісного аналізу визначення кількості мікроорганізмів [28] в сухому молоці, як наприклад дослідження коефіцієнту послаблення світлового потоку через розведені проби сухого молока.

3.5 Порівняльний аналіз готової продукції

Сьогодні на ринку існує багато варіантів сухого молока, що виготовляється різними виробниками. Для дослідження їх характеристик та порівняння їх з гіпотетичним продуктом, для якого застосовано методику контрольних точок на стадії виробництва.

Назва продукту та основні характеристики звелені до таблиці 3.3.

Таблиця 5.3 – Параметри продукції різних виробників на сучасному ринку

Назва	Виробник	Фізичні			Мікро-біологіч. МАФАМ, КУО	Органолепт смак та запах
		Масова частка вологи, %	Індекс розчинності, см ³ сирого осаду	Чистота, група		
1	2	3	4	5	6	7
Молоко знежирене сухе «МоlСо» СЗМС сорт «Прем'єр»	Україна, Київ	4,37	0,1	I	1×10 ⁵	Приаманний свіжому пастеризованому молоку без сторонніх присмаку та запаху
Сухе	Україна,	4,0	0,2	I	1×10 ⁵	Властивий

знежирене молоко	Калинівка					пастеризованому знежиреному молоку без сторонніх присмаків і запахів. Допускається присмак і запах кип'яченого молока.
Молоко сухое обезжиренное	Беларусь, Брестская обл., г. Береза ОАО «Березовский и сиродельный комбинат»	5	0,2	I	1×10^5	чистый, свойственный свежему пастеризованному молоку.
Молоко сухое обезжиренное	Беларусь, Витебская обл., г. Лепель, «Лепельский МКК» ОАО	4,0	0,1	I	1×10^4	чистый, свойственный свежему пастеризованному молоку.
Молоко сухое	-	4,0	0,1	I	1×10^4	Властивий пастеризованому знежиреному молоку без сторонніх присмаків

Проведений порівняльний аналіз показує, що не всі зазначені тогові марки виробники сухого молока задовольняють вимогам чинних стандартів і не можуть вважатись якісним продуктом. Зокрема індекс вологості, який має бути не більшим за 4% перевищено у двох зразках. Проте продукт під номером чотири, втроблений в Білорусі на «Лепельський МКК» ОАО відповідає чинним стандартам повністю, а за мікробіологічним показником випереджає сучасні аналоги.

3.6 Висновки до розділу 3

В розділі проведений аналіз основних фізико-хімічних, органолептичних та мікробіологічних параметрів, які впливають на оцінку якості сухого молока. Проаналізований технологічний процес, складене дерево прийняття рішення та визначені критичні точки за основними параметрами продукції. Проведений порівняльний аналіз готової продукції, який показав, що не всі зразки відповідають нормам чинних нормативних документів, зокрема вміст вологи в двох зразках перевищує норму і тому може провокувати погіршення показника кількості анаеробних бактерій в готовій продукції при зберіганні. Тому технологічний процес необхідно модернізувати, і зокрема в зазначених контрольних точках.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

1. Основна заробітна плата – винагорода за виконану роботу відповідно до встановлених норм праці. Вона встановлюється у вигляді тарифних ставок (окладів) і відрядних розцінок для робітників та посадових окладів для службовців. Стаття «Основна заробітна плата робітників» містить витрати на виплату основної заробітної плати робітникам, зайнятим виробництвом продукції.

Основна заробітна плата кожного із розробників (дослідників) Z розраховується за формулою:

$$Z = \frac{M}{T_p} \cdot t, [\text{грн.}] \quad (4.1)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника.

T_p – число робочих днів, $T_p = 22$;

t – число днів роботи розробника.

Розрахунки основної заробітної плати зведемо в таблицю 4.1:

Таблиця 4.1 – Розрахунок основної заробітної плати розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник	12000	545.5	5	2727
Інженер	6000	272.7	10	2727
Спеціаліст з якості	8000	363.6	25	9091
Лаборант	4000	181.8	24	4364
Всього				18909

2. До статті «Додаткова заробітна плата» відносяться витрати на виплату виробничому персоналу підприємства додаткової заробітної плати за працю

понад установлені норми, заохочувальні виплати за поточну виробничу діяльність, компенсаційні виплати тощо. Звичайно, ці витрати встановлюються у відсотках до основної заробітної плати на підставі відповідних розрахунків на підприємстві:

$$Z_o = 11\% \cdot Z_\Sigma, \quad (4.2)$$

$$Z_o = 11\% \cdot (18909) = 2080 (\text{грн}).$$

3. Витати на соціальні заходи виникають внаслідок здійснення обов'язкової сплати єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування. Відрахування на соціальні заходи здійснюється від суми всіх витрат на оплату праці робітників, зайнятих безпосередньо виробництвом продукції:

$$B_{cз} = (Z_\Sigma + Z_o) \cdot \frac{\beta}{100\%}, \quad (4.3)$$

де β – ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування, %.

З 1.01.2016 року ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування встановлена залежно від класу професійного ризику виробництва і для бюджетної сфери $\beta = 22,0\%$.

$$B_{cз} = (18909 + 2080) \cdot \frac{22,0\%}{100\%} = 4617,6 (\text{грн}).$$

4. У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування у загальному можуть бути розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц \cdot T}{T_{кор} \cdot 12} \quad [\text{грн}], \quad (4.4)$$

де $Ц$ – балансова вартість даного виду обладнання (приміщень), грн.;

$T_{кор}$ – час користування;

T – термін використання обладнання (приміщень), цілі місяці.

Згідно пункту 137.3.3 Податкового кодекса амортизація нараховується на основні засоби вартістю понад 2500 грн.

Всі проведені розрахунки амортизаційних відрахувань заносимо в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання, приміщень	Балансова вартість, грн.	$t_{\text{кор}}$ (р)	Термін використання міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
1. Комп'ютер	11000	2	1	458.33
2. Осцилограф	3400	4	1	70.83
Всього				529.17

5. Норма витрат матеріалу – це плановий показник, який визначає максимально допустимі затрати відповідних ресурсів на виробництво одиниці продукції в умовах певного рівня техніки і організації виробництва.

Витрати на матеріали M , що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n N_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n V_i \cdot C_v \quad \text{грн.}, \quad (4.5)$$

де N_i – витрати матеріалу i -го найменування, кг;

C_i – вартість матеріалу i -го найменування, грн./кг.;

K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = (1, 1 \dots 1, 15)$;

V_i – маса відходів матеріалу i -го найменування, кг;

C_v – ціна відходів матеріалу i -го найменування, грн/кг;

n – кількість видів матеріалів.

Інформацію про використані матеріали подамо у вигляді табл. 8.3.

Таблиця 4.3 – Матеріали, що використані на розробку

Найменування матеріалу	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість витраченого матеріалу, грн
Концентрат вимивочного розчину (Tween-20)	160	2,2	352
Концентрат кон'югата антитіл до антигену сухого молока с пероксидазою	430	0,022	9,46
Стоп-реагент	40	0,11	4,4
Буфер для зразків	120	0,11	13,2
Розчин субстрату 3,3',5,5' тетраметилбензиидину	75	0,11	8,25
Всього			387,31
З врахуванням коефіцієнта транспортування			426,04

6. Витрати на комплектуючі вироби, які використовують при виготовленні одиниці продукції, розраховуються, згідно їх номенклатури, за формулою:

$$K = \sum_{i=1}^n N_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (4.6)$$

де N_i – кількість комплектуючих i -го виду, шт.;

C_i – покупна ціна комплектуючих i -го найменування, грн.;

K_i – коефіцієнт транспортних витрат (1,1...1,15);

Таблиця 4.4 – Комплектуючі, що використані на розробку

Найменування	Ціна, грн.	Витрачено, шт.	Вартість, грн.
Спектрофотометр	5000	1	5000
Ваги аналітичні	3000	1	3000
Дозатор автоматичний	550	1	550
Стандартний зразок складу	200	1	200
Набір реагентів	400	1	400

Фільтровальний папір	45	20	900
Ступка	40	1	40
Блендер	120	1	120
Всього (з врахуванням транспортних витрат)			11231,00

7. До статті «Паливо та енергія на технологічні цілі» відносяться витрати на всі види палива й енергії, що безпосередньо використовуються у процесі виробництва продукції. У даному випадку будемо враховувати лише витрати на електроенергію. Витрати на енергію визначаються на основі витрат на одиницю продукції та тарифів на енергію за допомогою залежності:

$$V_e = V \cdot P \cdot \Phi \cdot K_n, \quad (4.7)$$

де V – вартість 1 кВт енергії, грн. $V = 8,44$ грн/кВт*год;

P – установлена потужність обладнання, кВт. При паяні використовується паяльник потужність $P = 400$ Вт або $P = 0,4$ кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, год. $\Phi = 90$ год;

K_n – коефіцієнт використання потужності, $K_n = 0,65$.

$$V_e = 8,44 \cdot 0,4 \cdot 90 \cdot 0,65 = 197,5 (\text{грн}).$$

8. Інші витрати B_{in} охоплюють: витрати на управління організацією, оплата службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо.

Інші витрати B_{in} можна прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які виконували дану МКНР, тобто:

$$B_{in} = (1..3) \cdot (3 + 3_p). \quad (4.8)$$

$$B_{in} = 1 \cdot (18909) = 18909 (\text{грн.})$$

Сума всіх попередніх статей витрат дає витрати, які безпосередньо стосуються даного розділу МКНР

$$B = 18909 + 2080 + 4617,6 + 529,17 + 426,04 + 112131 + 197,5 + 18909 = 56899,5 \text{ грн.}$$

Загальна вартість всієї МКНР визначається за формулою:

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha} \quad (4.9)$$

$$B_{\text{заг}} = \frac{56899,5}{0,9} = 63221,65 (\text{грн.})$$

Прогнозування загальних втрат ЗВ на виконання та впровадження результатів виконаної МКНР здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{B}{\beta}, \quad (4.10)$$

де β – коефіцієнт, який характеризує стадію виконання даної НДР.

Оскільки, робота знаходиться на стадії розробки дослідного зразка, то коефіцієнт $\beta = 0,9$.

Звідси:

$$ЗВ = \frac{63221,65}{0,9} = 70246 (\text{грн.}).$$

4.2 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

У даному підрозділі кількісно спрогнозуємо, яку вигоду, зиск можна отримати у майбутньому від впровадження результатів виконаної наукової роботи. Розрахуємо збільшення чистого прибутку підприємства $\Delta\Pi_i$, для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, за формулою

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\nu}{100}\right) \quad (4.11)$$

де $\Delta\Pi_0$ – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році.

N – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

ΔN – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки:

Π_0 – основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки:

l – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. Ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт $l = 0,8333$.

p – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. $p = 0,25$;

x – ставка податку на прибуток. У 2019 році – 18%.

Припустимо, що при впровадженні результатів наукової розробки покращується якість, що дозволяє підвищити ціну його реалізації на 500 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року на 160 шт., протягом другого року – на 180 шт., протягом третього року на 220 шт. Реалізація продукції до впровадження розробки складала 100 шт, а її ціна 950 грн. Розрахуємо прибуток, яке отримає підприємство протягом трьох років.

$$\Delta\Pi_1 = [500 \cdot 100 + (950 + 500) \cdot 160] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) = 48173,1(\text{грн.})$$

$$\Delta\Pi_2 = [500 \cdot 100 + (950 + 500) \cdot (160 + 180)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) = 134217(\text{грн.})$$

$$\Delta\Pi_3 = [500 \cdot 100 + (950 + 500) \cdot (160 + 180 + 220)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) = 188711(\text{грн.})$$

4.3 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Розрахуємо основні показники, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності. Теперішню вартість інвестицій PV , що вкладаються в наукову розробку приймемо рівну загальним витратам $PV = ЗВ = 70246$ грн.

Розрахуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій E_{abc} згідно наступної формули:

$$E_{abc} = (ПП - PV) \quad (4.12)$$

де $ПП$ – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство від реалізації результатів наукової розробки, грн;

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t}, \quad (4.13)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДЦКР, грн;

T – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДДКР, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,2;

t – період часу (в роках).

$$ПП = \frac{48173,1}{(1+0,2)^1} + \frac{134217}{(1+0,2)^2} + \frac{188711}{(1+0,2)^3} = 243066,57(\text{грн.}).$$

$$E_{abc} = (243066,57 - 70246) = 172820,29(\text{грн.}).$$

Оскільки $E_{abc} > 0$ то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДДКР може бути доцільним.

Розрахуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_g . Для цього користуються формулою:

$$E_g = \sqrt[T_{ж}]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1, \quad (4.19)$$

$T_{ж}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_g = \sqrt[3]{1 + \frac{172820,29}{70246}} - 1 = 0,51 = 51\%$$

Визначимо мінімальну ставку дисконтування, яка у загальному вигляді визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (4.14)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2019 році в Україні $d = (0,14 \dots 0,2)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05 \dots 0,1)$.

$$\tau_{\min} = 0,18 + 0,05 = 0,23$$

Так як $E_g > \tau_{\min}$ то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

Розрахуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_g} \quad (4.15)$$

$$T_{ок} = \frac{1}{0,51} = 1,95 \text{ (роки)}$$

Так як $T_{ок} \leq 3...5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним.

4.4 Висновки до розділу 4

В даному розділі було оцінено економічний потенціал розробки методика оцінювання якості виробництва сухого молока, який виявився на середньому рівні. Порівняння нової розробки з аналогом показало, що новий виріб буде набагато краще за аналог по технічним та економічним показникам.

Оцінка якості і конкурентоспроможності показали, що нова розробка є більш якісною і конкурентноспроможнішою ніж аналоги, які існують на ринку.

Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи по кожній з статей витрат складе 56899,5 грн. Загальна ж величина витрат на виконання та впровадження результатів даної НДР буде складати 70246 грн.

Вкладені інвестиції в даний проект окупляться через 2 роки при прогнозованому прибутку 183702,15 грн. за три роки.

ВИСНОВКИ

Аналіз технології сушіння молока показує, що оцінка якості готової продукції (сухого молока) не може проводитись лише за існуючими характеристиками та їх нормативними значеннями. Сутєвим фактором, який відіграє велику роль у створенні якісної продукції також є дотримання вимог до технологічного процесу. Так, неможливо забезпечити якість забезпечивши лише необхідний відсоток вологи в готовому продукті, необхідно також технологічно правильно висушувати сировину. І якщо технологічні операції, такі як висушування, більш менш технологічно виважені, то на завершальних етапах характеристики якості підтримувати на достатньому рівні стає все складніше. В першу чергу це стосується вмісту мікроорганізмів в готовій продукції, та способу оцінки їх наявності. Дослідження показують, що змінивши акцент з якісної оцінки на кількісну можна значно пришвидшити процес визначення характеристики, тим самим дати можливість контролювати таку характеристику на всіх етапах виробничого процесу, не зповільнюючи процес.

Суттєвий вклад в підвищення якості готової продукції також вносить аналіз технологічного процесу з точки зору виявлення критичних контрольних точок технологічного процесу, та визначення заходів по покращенню параметрів якості продукції в виявлених вузьких місцях техпроцесу.

Доцільність проведених досліджень та перспективність нової розробки підтверджуються економічними розрахунками.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сушіння. Матеріал з Вікіпедії, вільної енциклопедії. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D1%88%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%8F>. (дата звернення 20.02.2019).
2. Реакція Мейларда. Матеріал з вікіпедії, вільної енциклопедії. Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%9C%D0%B0%D0%B9%D1%8F%D1%80%D0%B0 (дата звернення 20.02.2019).
3. Черевко, О. І. Процеси та апарати харчових виробництв [Текст] / О. І. Черевко, А. М. Попересний, за ред. І. Ф. Малежик. – К. : НУХТ, 2003. – 400 с.
4. Якуба, О. Р. Інтенсифікація процесу сушіння харчових продуктів [Текст] / О. Р. Якуба, М. Ю. Савченко // Вісник СНАУ. Серія тваринництво – 2006. – № 10. – С. 140-144.
5. Гришин, Г. А. Установки для сушки пищевых продуктов. / Г. А. Гришин, Ю. Г. Семёнов. Справочник. М. : Агропромиздат, 1984. – 215 с.
6. Кремнев, О. А., Боровский В. Р., Долинский А. А., Скоростная сушка. Киев. издательство тех. лит. – 382 с.
7. Ересько І. О., Шинкарик Н. М., Порошук В.Я. «Технологія обладнання молочних виробництв» Київ «Токс» 2002. С. 50 – 251.
8. Барабанщиков, Н. В. Качество молока и молочных продуктов. – М. : Колос, 1980. – 324 с.
9. Таблица класифікації повітряних фільтрів. Режим доступу: <http://www.envirco.in.ua/filterklass.html> (дата звернення 20.02.2019).
10. Щесюк, О. В. Медична кондиціонуєча техніка : [навчальний посібник] / О. В. Щесюк, Ю. Г. Щербак. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2013. – 124 с. – ISBN 978-966-336-227-4.
11. NO_x (оксиды азота). Матеріали з вільної енциклопедії. Режим доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/NOx_\(%D0%BE%D0%BA%D1%81%D0%B8](https://ru.wikipedia.org/wiki/NOx_(%D0%BE%D0%BA%D1%81%D0%B8)

D0%B4%D1%8B_%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D1%82%D0%B0) (дата звернення 20.02.2019)

12. Вагн Вестергаард. Технология производства сухого молока. Выпаривание и сушка. Режим доступа: http://www.intent93.ru/useruploads/files/Samples/Niro_Z010_2004.pdf (дата звернення 21.03.2019).
13. Дэвидсон, И. Ф. Псевдооживление [Текст] / И. Ф. Дэвидсон, Д. Харисон. – М. : Химия, 1974. – 728 с.
14. Романков, П.Г. Сушка во взвешенном слое [Текст] П. Г. Романков, Б. Рошковкая. – Л. : Химия, 1968. – 358 с.
15. Гельперин, Н. И. Основы техники псевдооживления [Текст] / Идо И. Гельперин, В. Г. Айштейн, В. Б. Кваша. – М. : Химия, 1967. – С. 96-91.
16. Якуба, О. Р. Критическая скорость псевдооживления в конических аппаратах [Текст] / О. Р. Якуба, И. Ф. Кузьмин // ЖПХ – .1989. – № 6. – 391-1392.
17. Сабодаш С. М., Якуба О. Р., Касянчук В. В. «Дослідження процесу сушіння молока в сушарках із псевдо зрідженим шаром». Вісник СНАУ, №3 (19), 2008, С. 111–114.
18. ДСТУ IDF 138:2003 Сухе молоко. Визначання *Staphylococcus aureus*. Методика підрахування колоній за температури 37 °С (IDF 138:1986, IDT)
19. ДСТУ 4556:2006. Молоко сухе швидкорозчинне.
20. ГОСТ 29246-91. Консервы молочные сухие. Определение влаги. Издание официальное. Из-во стандартов, СТАНДАРТИНФОРМ, 2009. 6 с.
21. Визначення масової частки вологи в харчових продуктах та сировині. URL: https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/harch_himia_lab_prakt/80.html (дата звернення: 20.11.2019).
22. ГОСТ 29247-91 Консервы молочные. Методы определения жира. Издание официальное. Из-во стандартов, 2009. 6 с.
23. ГОСТ 30305.4-95 Продукты молочные сухие. Методика выполнения измерения индекса растворимости. Издание официальное. М. : Стандартиформ, 2009. 6 с.

24. ГОСТ 30305.3-95 Консервы молочные сгущенные и продукты молочные сухие. Издание официальное. М.: Стандартинформ, 2009. 8 с.
25. ГОСТ 29245-91 Консервы молочные. Методы определения физических и органолептических показателей. Издание официальное. М. : Стандартинформ, 2009. 6 с.
26. ГОСТ 8218-89 Молоко. Методы определения чистоты. Издание официальное. М. : Стандартинформ, 2009. 4 с.
27. Остап'юк Соломія Даріївна. Вдосконалення методології впровадження системи НАССР, як системи управління якістю на молокопереробних підприємствах: дис. ... канд. техн. наук : 05.01.02 / Національний університет "Львівська політехніка", 2017. 152 с.
28. Systèmes de qualité et de sécurité sanitaire des aliments. Département de l'agriculture, FAO, 2001. – P.232.
29. Войцицький В. М. Фізико-хімічні показники якості сухого молока : матеріали XLVII Науково-технічної конференції факультету комп'ютерних систем і автоматики, секція метрології та промислової автоматики., м. Вінниця. 2018 р.
30. Войцицький В. М. Особливості сучасних технологій сушіння молока : матеріали п'ятої міжнародної наукової конференції "Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС-2019)", м. Вінниця, 29-31 жовтня, 2019 р. С. 110

Додатки

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Кафедра метрології та промислової автоматики

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МПА

д.т.н., професор Кучерук В.Ю.

_____ (підпис)

« ____ » _____ 2019 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

Методика оцінювання якості виробництва сухого молока

08-03.МКР.002.00.000.ТЗ

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц. Севастьянов В. М.

« ____ » _____ 2019 р.

Розробив студент гр. ІЯП-18м

Войцицький В. М.

« ____ » _____ 2019 р.

Додаток А
(обов'язковий)

Технічне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу

1 Підстава для проведення робіт

Підставою для виконання магістерської кваліфікаційної роботи на тему: «Методика оцінювання якості виробництва сухого молока» є наказ № 254 від 02.10.2019 р.

Термін виконання робіт:

початок 02.09.2019 р.
кінець 06.12.2019 р.

2 Мета та вихідні дані для проведення робіт

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розробка методики оцінювання якості виробництва сухого молока.

Вихідними даними для проведення робіт є індивідуальне завдання на бакалаврську дипломну роботу від 28.08.2019 р.

3 Етапи виконання робіт

Виконавцем всіх перерахованих в даному розділі етапів є: студент групи ІЯП-18м Войцицький Владислав Михайлович факультету комп'ютерних систем та автоматики Вінницького національного технічного університету, а замовником є: кафедра метрології та промислової автоматики.

№ Етапу	Зміст етапу	Строки виконання
E1	Основні тенденції розвитку виробництва сухого молока завдяки сушаркам різного типу	02.09.2019 13.09.2019
E2	Характеристика сучасних технологій сушіння молока	13.09.2019 27.09.2016
E3	Об'єкт, методи та результати досліджень	27.09.2019 07.11.2019
E4	Основні параметри якості, техпроцес, критичні точки	07.11.2019 18.11.2019
E5	Розрахунок економічної доцільності	18.11.2019 06.12.2019

4 Призначення і галузь застосування

Дослідження показників якості сухого молока призначене для встановлення відповідності до норм державного стандарту та дослідження процесу сушіння харчових продуктів у псевдозрідженому шарі, що широко застосовується в харчовій промисловості.

5 Технічні дані

5.1 Органолептичні показники

5.2 Фізико-хімічні показники

5.3 Методи сушіння

6 Джерела розробки

6.1 Методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт для студентів напряму підготовки – Метрологія, стандартизація та сертифікація всіх форм навчання / Укладачі: В. Ю. Кучерук, О. М. Васілевський, О. Г. Ігнатенко, О. М. Возняк. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 53 с.

6.2 Якуба, О.Р. Інтенсифікація процесу сушіння харчових продуктів [Текст] / О. Р. Якуба, М.Ю. Савченко // Вісник СНАУ. Серія тваринництво - 2006. - № 10. - С. 140-144.

6.3 Ересько І.О., Шинкарик Н.М., Порошук В.Я. «Технологія обладнання молочних виробництв» Київ «Токс» 2002. Ст. 50 – 251.

6.4 Сабодаш С.М., Якуба О.Р., Касянчук В.В. «Дослідження процесу сушіння молока в сушарках із псевдо зрідженим шаром». Вісник СНАУ, №3 (19), 2008, ст. 111 – 114.

6.5 Власенко В. В., Машкін М. І., Білун П.П. Технологія виробництва та переробки молока та молочних продуктів. – Вінниця: Гіпніс, 2000. – 306 с.

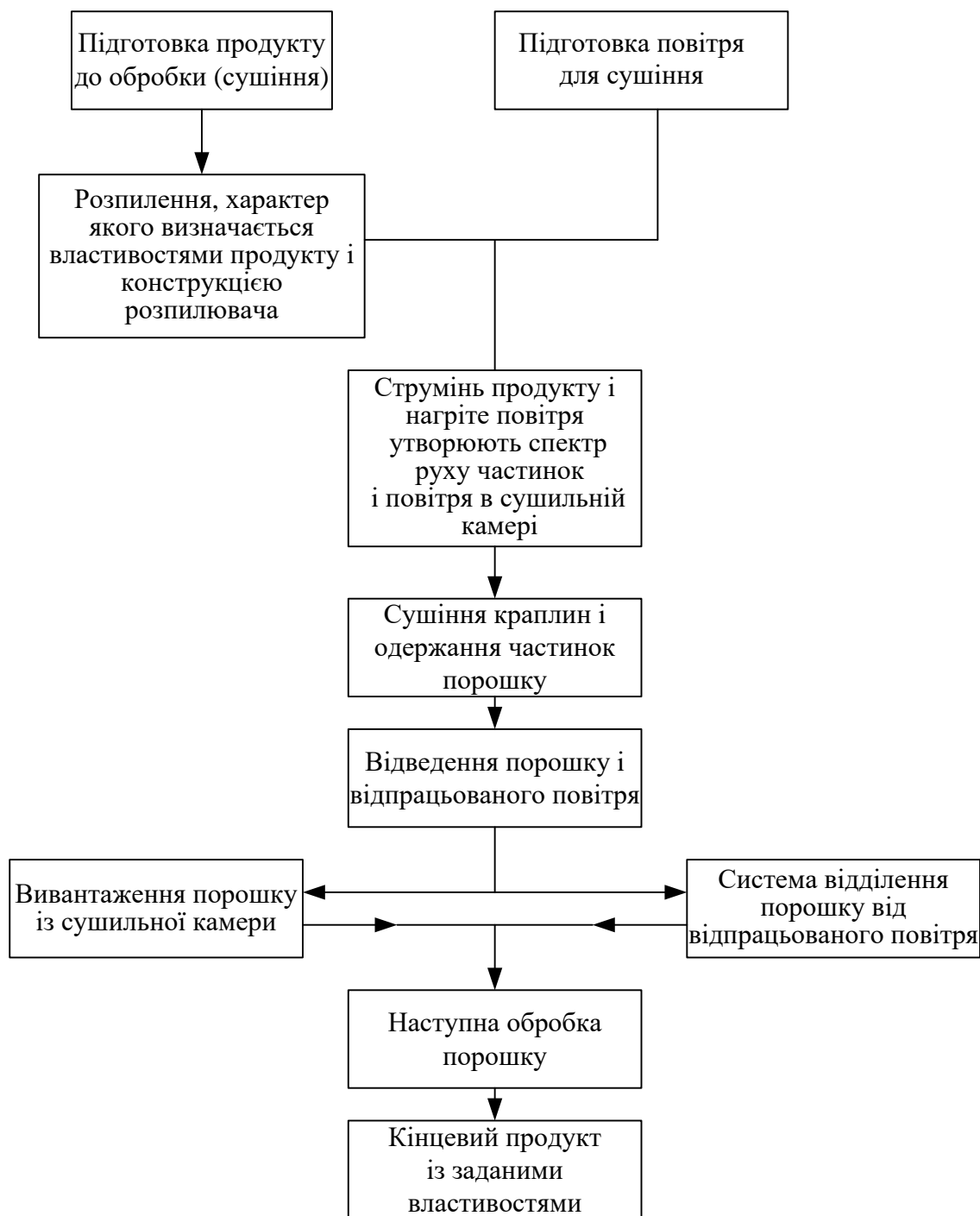
6.6 ДСТУ 4273:2015 Молоко та вершки сухі. Загальні технічні умови

6.7 ДСТУ IDF 138:2003 Сухе молоко. Визначання *Staphylococcus aureus*. Методика підрахування колоній за температури 37 °С (IDF 138:1986, IDT)

6.8. ДСТУ 4556:2006. Молоко сухе швидкорозчинне.

Додаток Б (довідковий)

Стадії технологічного процесу сушіння на розпилювальних установках



Додаток В (довідковий)

Органолептичні показники якості молока сухого знежиреного

Найменування показника	Характеристика
Смак і запах	Без будь-яких сторонніх запахів і присмаків. У свіжому пастеризованому молоці допускається смак пере пастеризації.
Консистенція	Дрібно розпилений сухий порошок. допускається незначна кількість коточків, що легко розпилюються при механічній дії.
Колір	Білий з світлим кремовим відтінком

Додаток Г (довідковий)
Фізико-хімічні та мікробіологічні показники якості
молока сухого знежиреного

Таблиця Д.1 – Фізико-хімічні показники якості

Найменування показника	Норма
Масова частка вологи, % не більше	5
Масова частка жиру, % не більше	1,5
Масова частка білку, %	Не нормується
Індекс розчинності, СМЗ сирого осаду, не більше см ³	0,4
Кислотність, не більше °Т	21
Чистота група, не нижче	II
Масова частка олова, % не більше	0,01
Масова частка міді, % не більше	0,0008
Свинець на допуск	Не допускається

Таблиця Д.2 – Мікробіологічні показники якості

Найменування показника	Норма
Загальна кількість МАФМ в 1,0г, од., не більше	100000
Патогенні мікроорганізми в тому числі:	
сальмонели в 25 г	не допускається
БГКП в 0,1 г	не допускається

Додаток Д (довідковий)

Показники процесу сушіння рідкого молока

Таблиця Д.1 – Показники процесу сушіння рідкого молока

Найменування продукту	Жирність %	Тип сушарки	Температура сушіння		Витрати повітря м ³ /годину	Показники якості, %		Показники сушіння	
			На вході °С	На виході °С		Вологість	Індекс розчинності	Питома продуктивність кг волог./м ³ год	Питома втрата тепла кДж/кг-вологу
Молоко знежирене без упарювання	0,5	Сушарка з псевдозрідженим шаром	90÷100	53÷55	32	0,5	1	28,9	33000
Молоко згущене	0,8	СПШ	90÷100	50÷55	33	0,4	0,8	25,8	39000
Молоко пастеризоване без упарювання	2,5	Полична сушарка	30	40	-	0,7	0,6	-	-
Молоко знежирене, після упарювання	0,5	СПШ	100÷110	65÷70	45	0,7	0,6	58,6	21000
Молоко пастеризоване без упарювання	2,5	СПШ	90÷100	65÷68	33	0,2	0,7	26,9	30000
Молоко знежирене, без упарювання	0,8	СПШ	98÷108	65	45	0,2	0,6	64,2	20000

Додаток Е (довідковий)

Схема напрямку переробки сировини

