

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Дослідження двостадійного зневоднення казеїну з використанням
вібраційної сушарки типу ZLG4-0,3 продуктивністю 300 кг/год

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МОм-61
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Головач В. Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Шинкарик М.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Ворощук В.Я.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Вітенько Т.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра обладнання харчових технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ОХ
Вітенько Т.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« 1 » листопада 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Головач Володимир Юрійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження двостадійного зневоднення казеїну з використанням вібраційної сушарки типу ZLG4-0,3 продуктивністю 300 кг/год

Керівник роботи Шинкарик Марія Миколаївна, к.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 1 » листопада 2022 року № 4/7-871.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації, монтажу та технічного обслуговування і ремонту вібраційної сушарки типу ZLG4-0,3 продуктивністю 300 кг/год. Існуюча технологія виготовлення казеїну.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Анотація. Вступ. 1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження. 2. Вибір і обґрунтування теоретичних і експериментальних методів і засобів досліджень. 3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження. 4. Математична модель зневоднення казеїну. 5. Експериментальні дослідження режимів роботи вібраційної сушильної установки типу ZLG4 -0,3. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Додатки.

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

1. Виробничий план дільниці виробництва казеїну (1 л. ф.А1).

2. Сушарка казеїну типу ZLG4-0,3 (1 л. ф.А1).

3. Відносна масова частка фракцій казеїну після декантації (1 л. ф.А1).

4. Схема параметрів сушіння казеїну (1 л. ф.А1).

5. Математична модель тепломасообміну при сушінні казеїну (1 л. ф.А1).

6. Залежність амплітуди коливань сушильної камери ZLG4 -0,3 та віброприскорення від кутової швидкості. (1 л. ф.А1).

7. Експериментальні залежності віброінтенсивності та споживаної потужності електродвигуном приводу валу дебалансу від кутової швидкості (1 л. ф.А1).

8. Залежність зміни вологості казеїну-стріцю в залежності від віброприскорення (1 л. ф.А1).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Кравець О.І. – к.т.н., доц. Стручок В.С. – ст. викл.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Ворожук В.Я. – к.т.н., доц.</i>		

7. Дата видачі завдання 3 листопада 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація		
2	Вступ		
3	1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження.		
4	2. Вибір і обґрунтування теоретичних і експериментальних методів і засобів досліджень		
5	3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження.		
6	4. Математична модель зневоднення казеїну		
7	5. Експериментальні дослідження режимів роботи вібраційної сушильної установки типу ZLG4 -0,3. 5		
8	6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
9	Висновки		
10	Додатки		
11	Графічна частина		
12	1. Виробничий план ділянки виробництва казеїну (1 л. ф.А1).		
13	2. Сушарка казеїну типу ZLG4-0,3 (1 л. ф.А1).		
14	3. Відносна масова частка фракцій казеїну після декантації (1 л. ф.А1).		
15	4. Схема параметрів сушіння казеїну (1 л. ф.А1).		
16	5. Математична модель тепломасообміну при сушінні казеїну (1 л. ф.А1).		
17	6. Залежність амплітуди коливань сушильної камери ZLG4 - 0,3 та віброприскорення від кутової швидкості. (1 л. ф.А1).		
18	7. Експериментальні залежності віброінтенсивності та споживаної потужності електродвигуном приводу валу дебалансу від кутової швидкості (1 л. ф.А1).		
	8. Залежність зміни вологості казеїну-стріцю в залежності від віброприскорення (1 л. ф.А1).		

Студент

_____ (підпис)

Головач В.Ю.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Шинкарик М.М.

_____ (прізвище та ініціали)

Анотація

Автор роботи: Головач Володимир Юрійович.

Дослідження двостадійного зневоднення казеїну з використанням вібраційної сушарки типу ZLG4-0,3 продуктивністю 300 кг/год.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» за спеціальністю— 131 «галузеве машинобудування» Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль 2022р.

Запропонована технологічна схема виробництва казеїну з використанням декантора для механічного зневоднення та подальшого сушіння казеїну на вібраційній конвективній сушарці дозволяє зменшити втрати білку із

Досліджено залежність амплітуди коливань сушильної установки типу ZLG4 -0,3 від кутової швидкості обертання валу дебалансу . Встановлено, що при швидкості 46-48 рад /с амплітуда приймає лінійний характер і рівна 280 мм/с, що можна рекомендувати для експлуатаційного режиму роботи.

Досліджено вплив віброприскорення на процес виділення вологи. Встановлено, що максимальне вологовиділення відбувається при віброприскоренні $a = 20-22,5$ м/с², після чого залишається на рівні.

Досліджено вплив температури повітря на пришвидшення вологовиділення. Встановлено, що збільшення температури вище 110°C не дає суттєвих результатів..

Проведені розрахунки вібросушарки сушіння казеїну типу ZLG4 -0,3 прод. 300кг/год.

Вирішені питання охорони праці, цивільного захисту та екології пов'язані з роботою підприємства.

Подані техніко – економічне обґрунтування прийнятих рішень.

Ключові слова: казеїн, двостадійне зневоднення, сушіння у віброкип'ячому шарі.

Abstract

Holovach V.Yu. Study of casein two-stage dehydration using a vibrating dryer ZLG4-0,3 of 300 kg/h output.

133 “Industrial Machinery Engineering” – Ternopil Ivan Puluj National Technical University.-Ternopil, 2022.

The project consists of calculated explanatory note by capacity of 74 pages (21 pictures, 2 tables) and graphic part by capacity 8 sheets of paper A1 .

Diploma work proposes study of casein two-stage dehydration using a vibrating dryer ZLG4-0,3.

Key words : casein, two-stage dehydration, vibrating fluidized bed drying.

Зміст

Анотація	4
Abstract	5
Зміст.....	6
Вступ.....	8
1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження.....	11
1.1. Огляд літературних джерел і патентний пошук, аналіз прогресивних технологічних і конструктивних вирішень.	11
1.1.1. Технологічна лінії виготовлення казеїну неперервним способом...	11
1.1.2.Обладнання для зневоднення казеїну.	12
1.1.2.1.Механічний процес зневоднення казеїну.	13
1.1.2.2.Конвективний процес зневоднення казеїну.	15
1.2. Аналіз та короткий опис об'єкту дослідження.	23
1.3. Техніко – економічне обґрунтування модернізації.	24
1.3. Мета та завдання кваліфікаційної роботи.	27
2. Вибір і обґрунтування теоретичних і експериментальних методів і засобів досліджень	28
3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження	30
3.1. Розроблення технологічної схеми лінії з використанням сушарки віброкипячого шару типу ZLG4 -0,3	30
3.2. Розрахунок вібраційної сушильної установки ZLG4 -0,3.....	30
3.3. Аеродинамічний розрахунок нагнітального повітроводу.	34
3.4.Аеродинамічний розрахунок витяжного повітроводу.	37

4. Математична модель зневоднення казеїну.....	39
5. Експериментальні дослідження режимів роботи вібраційної сушильної установки типу ZLG4 -0,3	46
5.1. Результати досліджень гранулометричного складу казеїну.....	46
5.2. Дослідження витрат потужності на привід валу дебалансу	51
5.3 Встановлення експлуатаційних параметрів досліджуваного процесу сушіння казеїну – сирцю.....	53
6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	55
6.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки.....	55
6.1.1. Заходи з безпечної експлуатації технологічного обладнання цеху виробництва казеїну	55
6.1.2. Санітарно-гігієнічні вимоги до експлуатації цеху з виробництва казеїну	58
6.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях	60
5.2.1. Оцінка можливої хімічної обстановки на СП «Козівське молокопереробне підприємство «Біопродукт»»	60
6.2.2. Оцінка хімічної обстановки в осередку ураження, що може виникнути внаслідок викиду аміаку в атмосферу	63
6.2.3. Вибір технічних засобів запобігання техногенних аварій.....	67
на СП «Козівське молокопереробне підприємство «Біопродукт»».....	67
5.2.3.1. Засоби вибухозахисту герметичних систем.....	67
6.2.3.2. Пожежний захист виробничих об'єктів	68
Загальні висновки.....	71

Вступ

Казеїн є важливим харчовим і технічним продуктом і займає важливе місце у структурі виробів молочних підприємств. Використовується казеїн у медичних добавках, які пропонуються при важких опіках, лихоманці та інш.. Його використовують як водостійку речовину для забезпечення адгезії клею на поверхнях, у виробництві клейових фарб і при проклеюванні паперу, як стабілізатор в різних емульсіях [1]. Харчовий казеїн використовують як білковий наповнювач, що покращує якість готового продукту. Найбільшими виробниками казеїну є Австралія, Аргентина, Франція, які виробляють до 90% світового виробництва й експорту [2]. Казеїн можна виготовляти різними методами: кислотним з використанням у ролі коагулянта кислоти, бактеріальної закваски або сироватки, заквашеної закваскою молочнокислих бактерій; сичуговим – із використанням для коагуляції химозину або інших ферментів. При виробництві кислотного казеїну використовують в ролі коагулянту молочну, соляну, сірчану, лимонну, оцтову й ортофосфорну кислоти [3]. У зв'язку з ростом конкуренції в останій час різко знизилася виробництво казеїну в Україні [4]. Це в першу чергу зумовлено високими цінами і низькою якістю, яка не відповідає світовим нормативно-технічним вимогам за якісними показниками. Тому існує гостра необхідність одержання якісного харчового казеїну. Якість харчового казеїну визначається правильним і щадящим для молочного білка веденням технологічного процесу і, відповідно, її можливо покращити практично на всіх стадіях його виробництва - сепарування, коагуляція, промивання зерна, зневоднення.

Одним із важливих факторів, що впливають на якість продукту, є процес сушіння [5], який в той же час він є найбільш енергоємним. Тому перед промисловістю постає дві найбільш важливі задачі: зниження вартості сушіння, що впершу чергу пов'язано із зменшенням енергетичних витрат, забезпечення щадящих режимів технологічних процесів. Процес сушіння в технології

виробництва казеїну можна розглядати як другий етап зневоднення. Тому одним із напрямків зменшення енергоємності може бути досягненням мінімально можливої вологості матеріалу до сушіння. Зневоднення механічним шляхом характеризується значно меншими у порівнянні із сушінням енерговитратами. Підвищення якості може бути досягнуто за рахунок високоінтенсифікованого сушіння за щадящими для молочного білка температурними параметрами. Як найбільш ефективний спосіб сушіння казеїну є сушіння впсевдозріженому стані. Під час сушіння в завислому шарі частинки матеріалу безперервног перемішуються, проходить турбулізація граничного шару, з якого випаровується волога, забезпечується рівномірність тепло- і масообміну. Завдяки цьому значно скорочується тривалість сушіння. Тому є очевидним, що розроблення нового апаратурного апаратурного оформлення процесу зневоднення казеїну з дослідженням оптимальних режимів двостадійного зневоднення є актуальним.

Методи досліджень. В роботі використані експериментальні і теоретичні методи досліджень.

Метою роботи є зменшення енерговитрат при виробництві казеїну.

Об'єктом дослідження є двостадійний процес зневоднення казеїну з використанням декантера та вібраційної сушарки.

Предметом дослідження є казеїн- сирець на різних етапах технологічного процесу.

Встановлена залежність амплітуди коливань сушильної камери від кутової швидкості.

Наукова новизна отриманих результатів: Досліджено гранулометричний склад казеїну сирцю на вході у вібраційну сушарку.

Запропонована математична модель сушіння казеїну – сирцю.

Встановлена залежність амплітуди коливань сушильної камери від кутової швидкості.

Встановлені залежності віброшвидкості та віброприскорення від кутової швидкості обертання валу дебалансу.

Практична цінність одержаних результатів: показано, що використання декантора та вібраційної сушарки дозволяє зменшити енерговитрати на процес сушіння казеїну.

Проведено тепловий і матеріальний розрахунок вібраційної сушарки типу ZLG4-0,3.

Апробація матеріалів магістерської роботи

1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження

1.1. Огляд літературних джерел і патентний пошук, аналіз прогресивних технологічних і конструктивних вирішень.

1.1.1. Технологічна лінії виготовлення казеїну неперервним способом

Установка ЯВ.ОПК-250 [6] використовується для одержання казеїну неперервним способом. Установка включає утворювач згустку, витримувач, перфорований барабан, апарат для першої і другої промивки, відділювач сироватки, відстійник.

Кисла молочна сироватка направляється у вирівнювальний бачок 1, а перегін – в бачок 2. Після змішувача 3 насос 4 подає суміш в теплообмінник 5, де вона нагрівається до температури коагуляції вприскуванням водяної пари. Далі суміш сироватки та казеїнового згустку потрапляє в трубу 6, яка служить першою ступеню витримувача і в другу ступінь – витримувач 7, який представляє собою відкриту місткість з перемішуючим пристроєм.

Із бачка 1 насосом 8 через інжекційний підігрівач 9 у витримувач подається додаткова кількість кислої сироватки. Постановка казеїнового зерна завершується у витримувачі 7.

Барабан 10 нахилений під кутом до горизонту і обертається, що забезпечує відділення сироватки і рух сирного зерна.

Сироватка потрапляє в прийомник 11 і відсмоктується насосом 12. Далі в апаратах для промивки 13 і 15 проходить двостадійне промивання зерна та відділення води у відділювачах 14 і 16. Після промивання зерно поступає в прес-гранулятор ОСК-300 (ПШ-300). В пресі грануляторі проходить відділення основної маси сироватки і зневоднений казеїн поступає на сушарку.

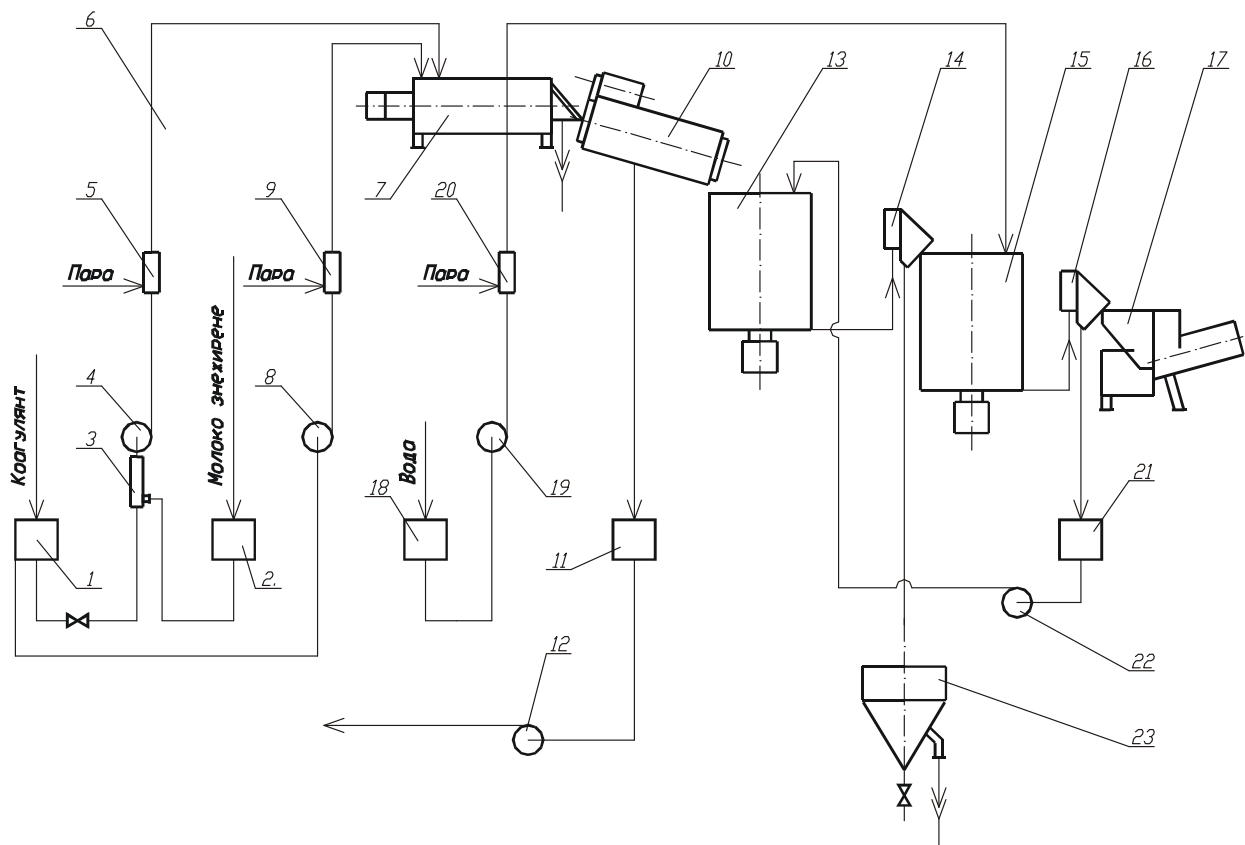


Рис. 1. Схема установки для виробництва казеїну сирцю неперервним способом ЯВ.ОПК 250: 1,2,11,18,21 – приймальники відповідно коагулянта, знежиреного молока, свіжої сироватки, свіжої води і оборотньої води; 3 – змішувач; 4,8,21,19,22 – насоси; 5,9,20 – нагрівачі; 6,7 – витримувачі; 10 – сітчатий барабан; 13,15 – апарати промивання; 14,16 – відділювачі води; 17 – прес гранулятор шнековий; 23 – відстійник

1.1.2.Обладнання для зневоднення казеїну.

Технологічні лінії виготовлення казеїну передбачають двостадійний процес зневоднення. Перша стадія - механічне відділення вологи ; друга – відведення вологи шляхом конвективного сушіння.

1.1.2.1. Механічний процес зневоднення казеїну.

Як апарат для механічного відведення вологи і його гранулювання використовується шнековий *прес гранулятор ОСК -150 , ОСК -300 (ПШ-150 чи ПШ – 300)*, у залежності від продуктивності лінії.

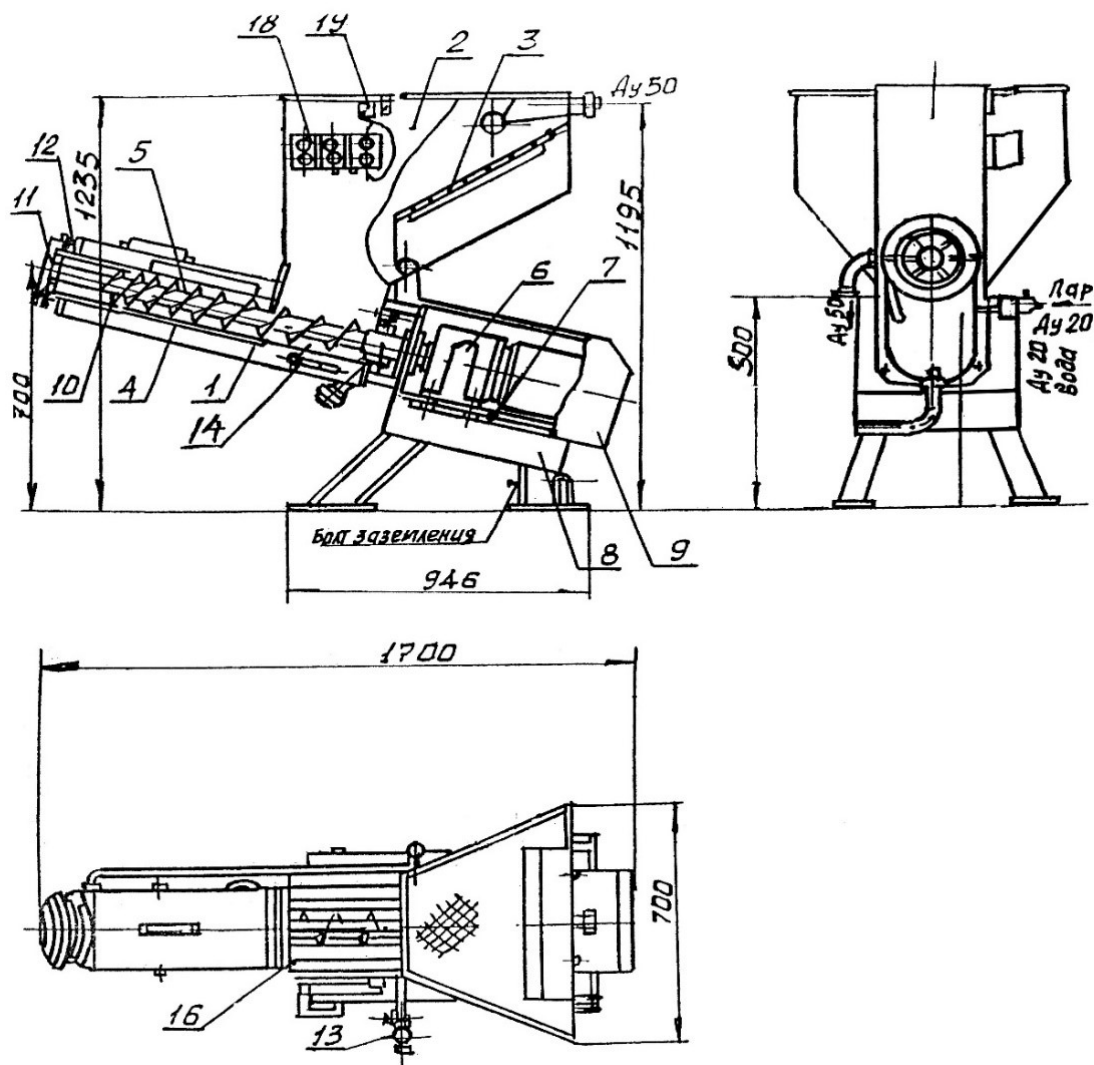


Рис. 2. Зневоднювач казеїну ОСК-300 (ПШ-300):

- 1 – корпус; 2 – бункер; 3 – сито нахилене; 4 – циліндр сита; 5 – шнек; 6 – мотор – редуктор; 7 – плита; 8 – рама; 9 – кожух; 10 – гільза; 11 – фільсера; 12 – гайка; 13 – трубопроовід підігріву; 14 – решітка; 16 – решітка; 18 – пульт керування; 19 – вимикач кінцевий.

Прес включає корпус 1, на якому змонтований бункер 2 з ситом 3 для відділення основної маси води, яка поступає з казеїном. В корпусі встановлений циліндр, набраний із шпальт. Всередині циліндра обертається шнек зі змінним кроком. Циліндр закріплений в корпусі за допомогою гільзи 10, фільтри 11 і гайки 12. Шнек приводиться в рух мотор-редуктором 6.

Суміш казеїнового зерна і води подається на похиле сито 3, де проходить часткове відділення води, далі – на перфоровану решітку 14 і захоплюється шнеком 5. Зневоднення казеїну проходить завдяки змінному кроку шнека і опору, який створює фільтр на виході казеїну.

Декантер використовуються в технологічних лініях виробництва казеїну і лактози для відділення сироватки.

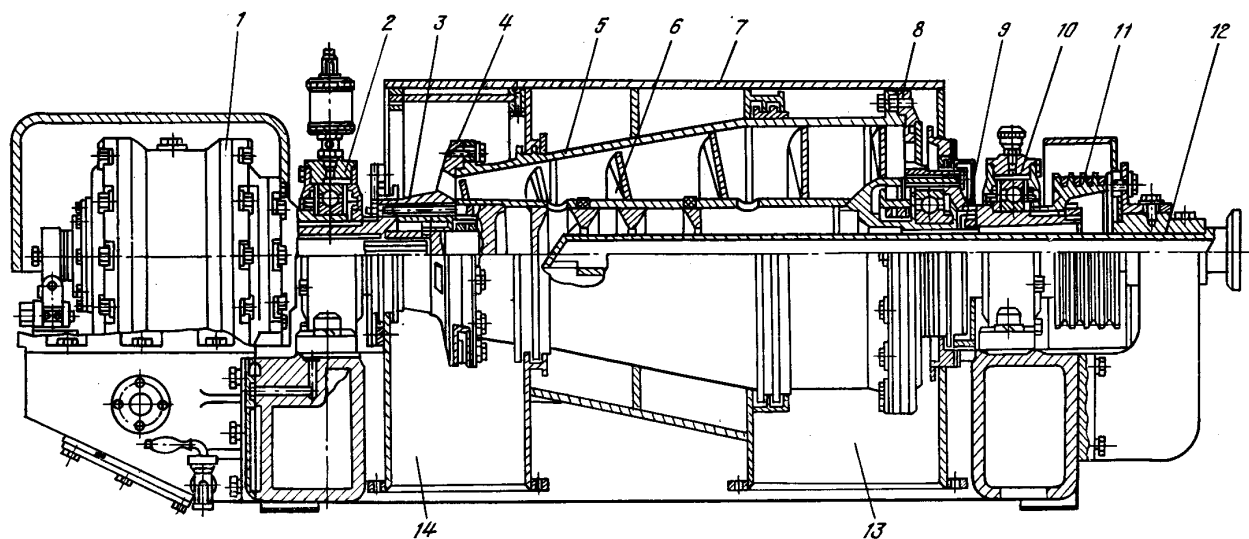


Рис.3. Центрифуга неперервної дії:

1 – редуктор планетарно – диференціальний; 2 – шарикопідшипникова горлова опора; 3, 9 – фланці; 4, 8 – болти; 5 – ротор; 6 – шнек; 7 – захисний кожух; 10 – шарикопідшипникова опора; 11 – шків; 12 – живильна труба; 13 – приймач фугату; 14 – приймач осаду.

Декантор складається з ротора 5, шнека 6, приводу, редуктора 1 опор 2 і 10, і захисного кожуха 7.

Ротор приводиться в рух від індивідуального електродвигуна через відцентрову муфту і клинопову передачу. Обертання шнека здійснюється через планетарно-диференціальний редуктор, кінематично зв'язаний зі шнеком.

Казеїнові зерна з сироваткою неперервно подаються в ротор по живильній трубі 12. Через отвори в корпусі шнека казеїн відкидається на робочу поверхню ротора. При русі казеїну в роторі (вздовж осі) проходить розділення його на фракції. Зневоднений казеїн переміщується шнеком до вузького кінця ротора і виводиться із зони рідини. На конусній ділянці ротора проходить підсушування твердої фракції. Осад казеїну через вікна у роторі викидається в приймач 14. Сироватка неперервно витікає у приймач 13.

Степінь очистки і сушки визначається довжиною відповідної секції. Чим більша довжина відповідної секції, тим ефективніший процес очищення і сушіння.

При зневодненні казеїну продуктивність декантаторів фірми (Вестфалія сепаратор) знаходяться в межах від 1000 - 7000 л/год

1.1.2.2. Конвективний процес зневоднення казеїну.

Установки для сушіння в кип'ячому шарі.

Апарат для сушіння казеїну ВС-300 КПИ (ВС-150 КПИ) рис 4 включає – калорифер для нагрівання повітря 1, лінію подачі повітря 2; транспортер подачі продукту 3; завантажувальний бункер 4; сушильна камера 5; бункер готового продукту 6. Основним вузлом є сушильна камера 1 рис , яка встановлена на раму повітрерозподільчого пристрою. Дифузор 3 кріпиться до нижньої частини рами для підводу теплоносія.

Зверху сушильної камери встановлений завантажувальний пристрій 2 для подачі сирого казеїну. До задньої стінки камери прикріплений штуцер 5 для вивантаження висушеного продукту. В штуцері встановлений поріг, що дозволяє регулювання висоти шару. Лінія пневмотранспорту казеїну прикріплена до

нижнього фланця корпусу штуцера 4. В штуцері 4 також встановлений завихрювач потоку на виході відпрацьованого повітря.

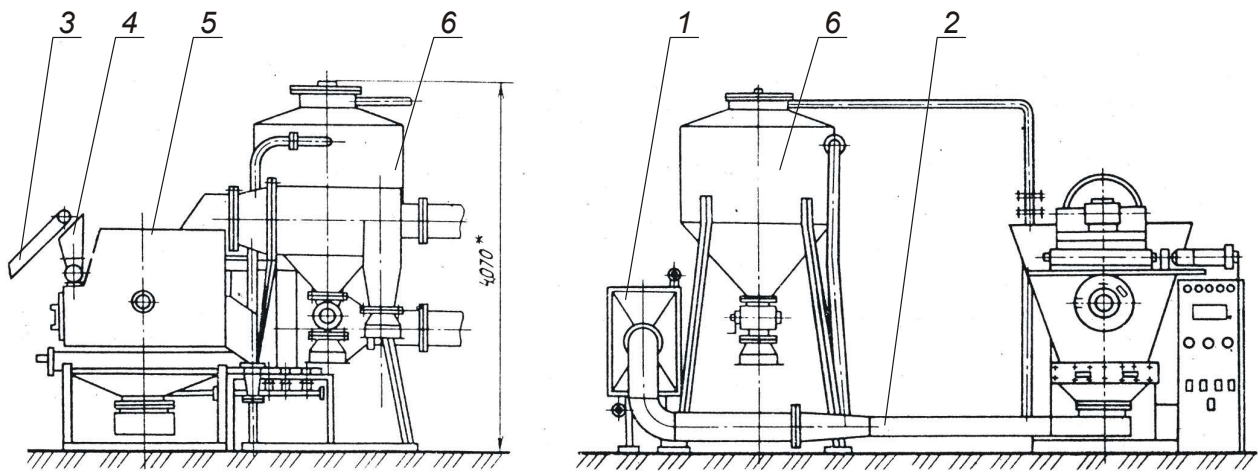


Рис. 4. Апарат для сушіння казеїну ВС-150 КПИ:

1 – калорифер; 2 – лінія подачі повітря; 3 – транспортер подачі продукту; 4 – завантажувальний бункер; 5 – сушильна камера; 6 – бункер готового продукту.

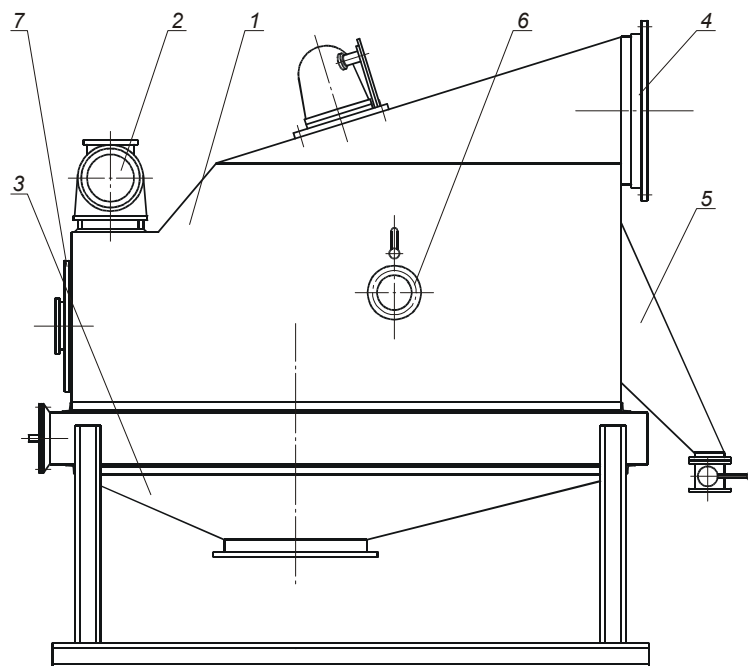


Рис. 5 . Сушарка ВС-150 КПИ:

1 – сушильна камера; 2 – завантажувальний пристрій; 3 – дифузор; 4 – штуцер відведення відпрацьованого повітря; 5 – штуцер для відведення повітря; 6, 7 – люк;

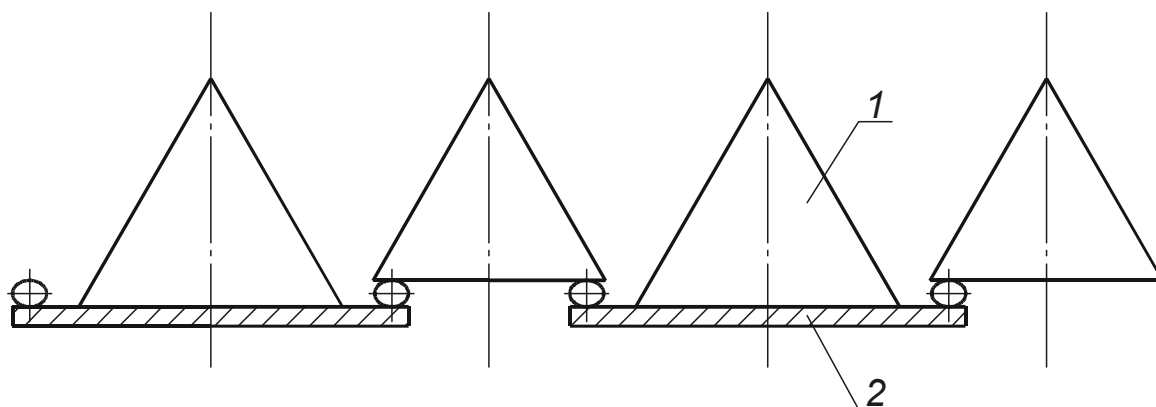


Рис. 6. Газорозподільчий пристрій:

1 – призма; 2 – полотно

Повітрерозподільчий пристрій виконано в вигляді паралельно встановлених призм 8, які закріплені торцями до дистанційних полос 9 і зварними швами до полок швелера рами.

Основи призм утворюють горизонтальні канали для проходу повітря в сушильну камеру і запобігають потраплянню частинок казеїну в дифузор. Точність виконання розмірів каналів і зазорів між окремими призмами забезпечує рівномірність розподілення повітря по січенню сушильної камери, стійкість псевдокипіння і якість сушіння.

Для нагрівання теплоносія використовуються три калорифери КВБ12-11, що працюють на парі $3 \div 12 \cdot 10^5$ Па. Для подачі повітря використовується вентилятор.

Відсмоктуючий вентилятор встановлений більшої потужності чим нагнітальний, що забезпечує відведення теплоносія із агрегату при вакуумі в сушильній камері $10 \div 15$ мм.рт.ст. і роботу пневмотранспорту.

Нагнітальний вентилятор 1 (рис 7) по магістралі 2 подає повітря в блок калориферів 3. Пара поступає по магістралі 4. Після проходження блока калориферів нагріте до температури $100 \div 130^\circ\text{C}$ через повітрерозподільчий пристрій 7 подається в апарат псевдозрідженого стану 8 і приводить в кипіння сипучий матеріал, що знаходиться в ньому.

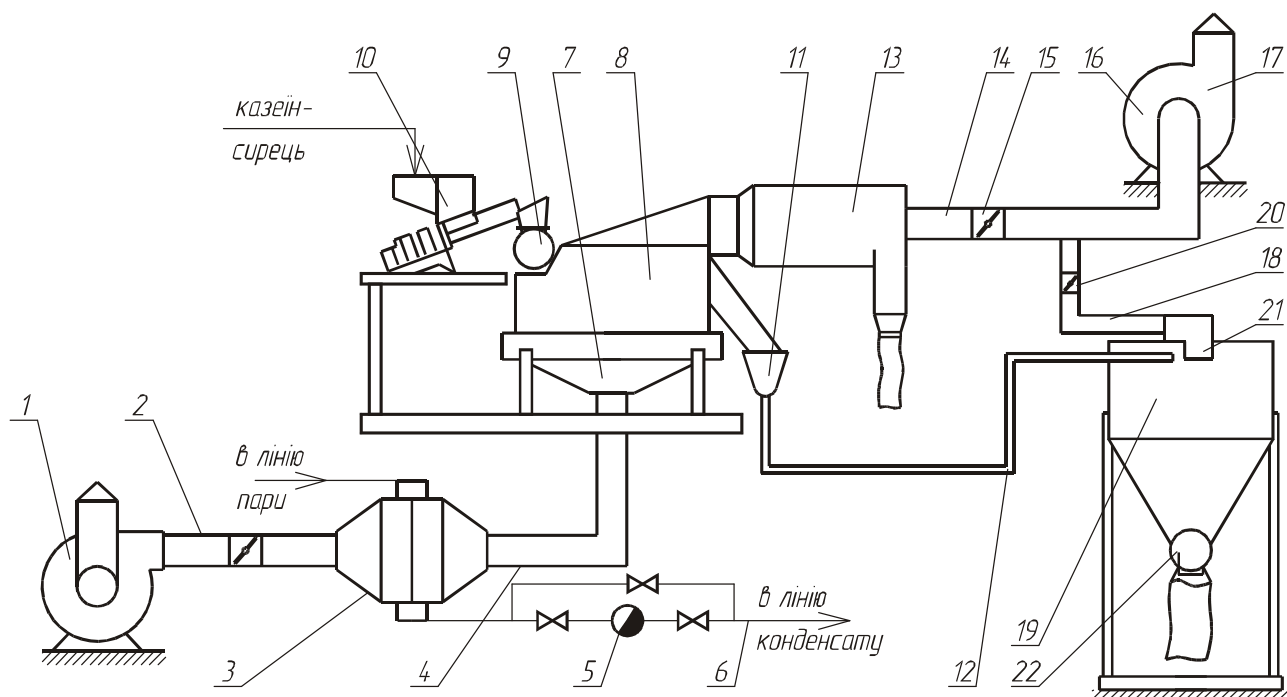


Рис. 7 . Сушильна установка для казеїну.

1 – нагнітальний вентилятор; 2 – повітропровід; 3 – блок калориферів; 4 – лінія подачі нагрітого повітря; 5 – конденсатовідвідник; 6 – лінія відведення конденсату; 7 – повітророзподілюючий пристрій; 8 – апарат псевдозрідженого стану; 9 – завантажувач; 10 – живитель – гранулятор (зневоджувач); 11 – приймальний пристрій; 12 – лінія транспортування сухого казеїну; 13 – циклон; 14, 17, 18 – трубопроводи; 15, 20 – шибер; 16 – відсмоктуючий вентилятор; 19 – бункер – нагромаджувач; 21 – сітка; 22 – шлюзовий шибер.

В результаті взаємодії гарячого теплоносія з частинками казеїну відбувається його нагрівання і при досягненні температури 40°C вмикають живитель-гранулятор 10 (шнековий зневоджувач). Казеїн подається на шар сухого казеїну, який завжди залишається в камері, і приводиться в псевдозріджений стан разом із сухим казеїном і отримує напрям руху до приймального пристрою 11.

Відпрацьоване повітря проходить очистку на циклоні 13.

Під дією розрідження, що створює відсмоктуючий вентилятор в бункері 19, в нього засмоктується зовнішнє повітря, яке рухаючись по трубопроводу

охолоджує казеїн. Трубопровід з'єднаний тангенціально з бункером і дією відцентрової сили частинки казеїну осідають в бункері. В бункері проходить вирівнювання вологості частинок казеїну, виготовлених за період зміни.

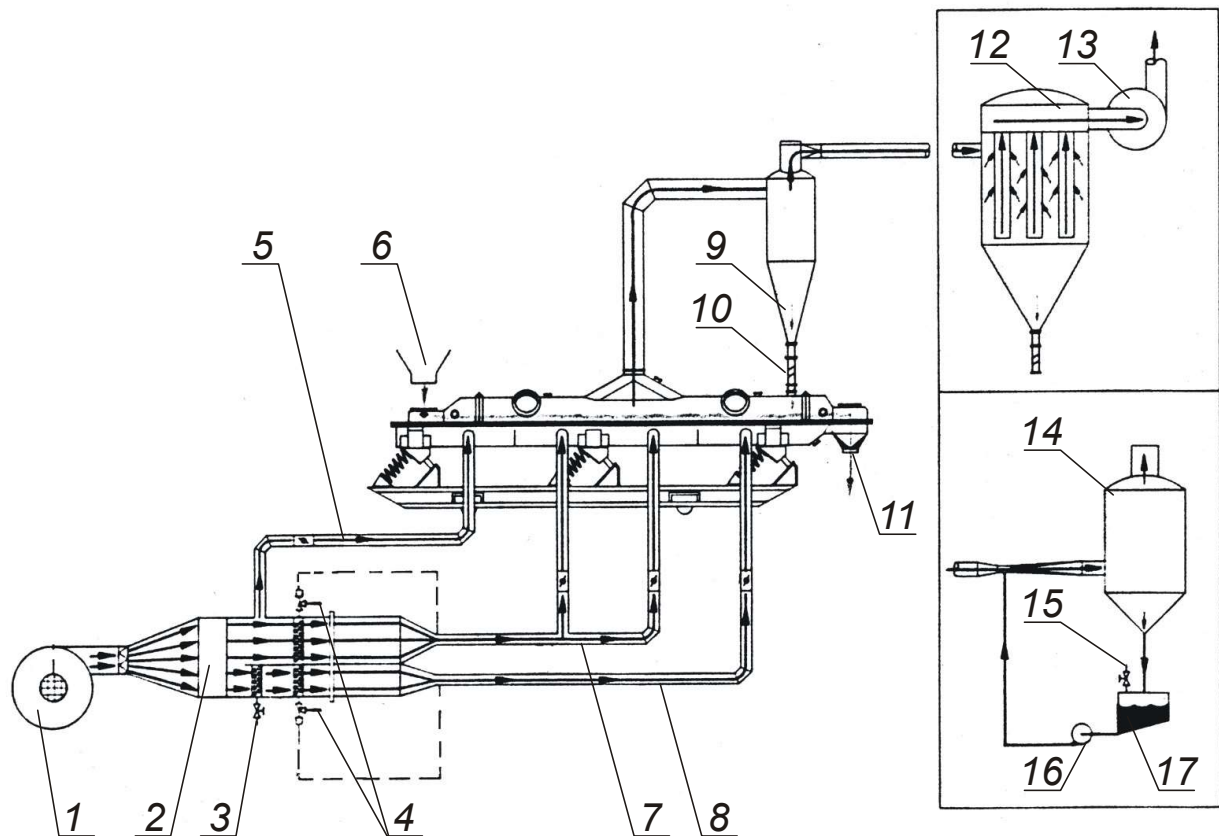


Рис. 8. Установа для сушіння в псевдозрідженому шарі фірми “Демрлоу”:
 1 – вентилятор на виході; 2 – фільтр; 3 – вода для охолодження; 4 – пара; 5 – ділянка витримування продукту при кімнатній температурі; 6 – подача продукту; 7 – ділянка сушіння; 8 – ділянка охолодження; 9 – циклон; 10 – засувка, що регулює подачу порошкоподібного продукту по боковій трубі; 11 – вихід продукту; 12 – додаткова пиловловлююча камера з рукавним фільтром; 13 – вентилятор на виході; 14 – додатковий скруббер; 15 – запас води; 16 – рециркуляційний насос; 17 – вирівнювальний бачок.

Установки для зневоднення (сушіння) у віброкип'ячому шарі.

Установка для обробки продукту фірми “Демрлоу” (рис. 8) складається з камери обробки і віброприводу, системи подачі теплоносія та продукту.

Продукт завантажується в камеру сушіння на перфоровану плиту.

Повітря поступає в робочу камеру під перфоровану пластину і розподіляється між окремими зонами, призводячи кипіння продукту. Флюїдований продукт рухається по камері із заданою швидкістю. Час витримування в камері контролюють шляхом зміни частоти коливання віброприводу.

Досушування казеїну проводять при значно нижчих температурах, чим в сушильній башті, що дозволяє знизити енергозатрати та зберегти якість продукту.

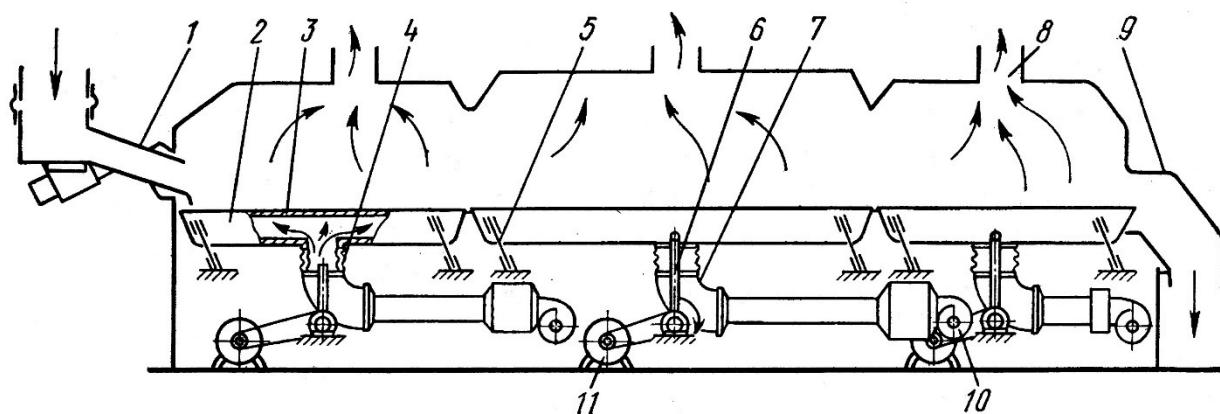


Рис 9. Принципова схема прямопрохідного інстантайзера:

1 – завантажувальний бункер; 2 – вібруючий лоток; 3 – перфорована плита, 4 – гнучке з'єднання; 5 – пружна плита; 6 – тяга; 7 – патрубок; 8 – патрубок для відведення повітря; 9 – патрубок для вивантаження готового продукту; 10 – вентилятор; 11 – електродвигун.

Система відведення повітря розподілена на окремі зони. В кожний отвір для повітря може бути встановлена спеціальна трубка-дифузор. Це забезпечує рівномірне розподілення повітря днищу камери, створюючи рівномірний тиск в області впускного отвору для повітря.

Це дозволяє уникнути турбулентності на днищі. Флюїдний стан продукту створюється за рахунок віброколивальних та подачі продукту. Відділення повітря від продукту здійснюється на верхньому верхньому участку камери, де воно рухається з невеликою швидкістю і попадає в систему відведення, яка включає циклон, пиловловлювач або мокрий колектор.



Рис. 10. Інстантайзер у виробничих умовах

Інстантайзер фірми "Ніро – Атомайзер" (Данія) працює при дорезонансних коливаннях. В корпусі інстантайзера встановлено три віброуючих

лотки, закритих зверху перфорованими пластинами, по яких рухається казеїн порошок. Перфорація в пластинах виконана в шахматному порядку. Пластини з'єднані між собою еластичними прокладками. Повітря подається в кожний лоток знизу. Лотки встановлені під кутом $1,5^\circ$, що завдяки вібрації, створює умови для вільного переміщення продукту. Швидкість руху молочного продукту по лотку залежить від частоти і амплітуди вібрації. В верхній частині інстантайзера встановлені патрубки 8 для відведення відпрацьованого повітря. Готовий продукт із інстантайзера вивантажується через патрубок 9. Досушування продукту розділене на три стадії:

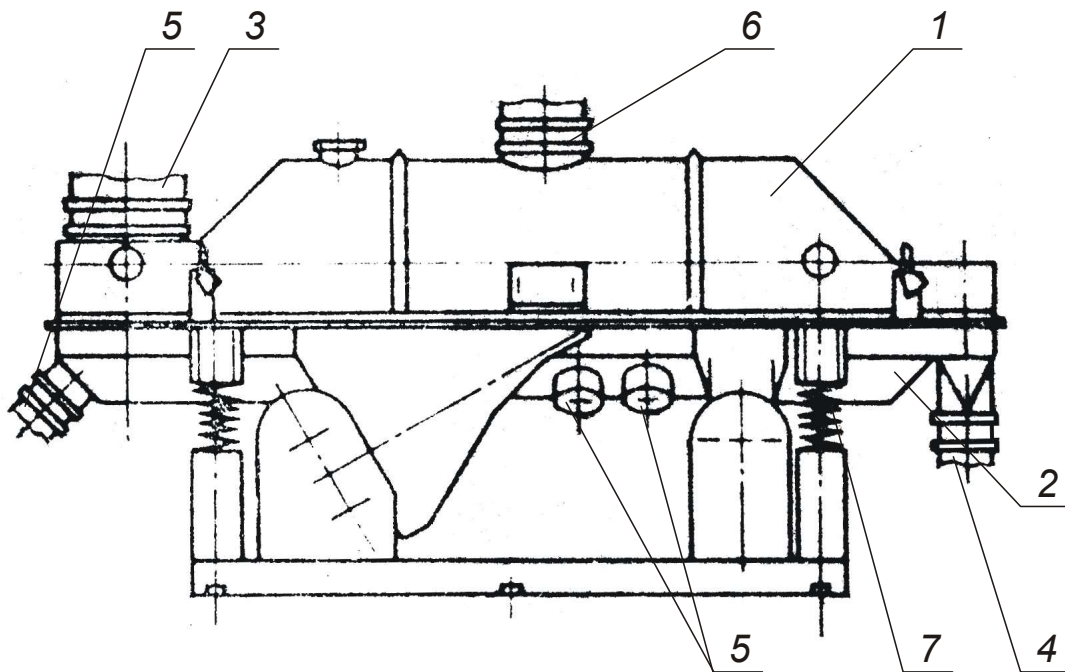


Рис.11. Сушарка вібраційна конвективна СВК-1,0/4,0.

1 – кришка; 2 – жолоб; 3 – патрубок відведення повітря; 4 – патрубок відведення продукту; 5 – патрубок подачі повітря; 6 – патрубок відведення повітря; 7 – пружня система.

Вологий продукт після механічного зневоднення поступає на перший вібралоток, куди подається повітря за температури $70\div 80^\circ\text{C}$.

В другий лоток поступає повітря за температури $100 \div 110^{\circ}\text{C}$. В третій лоток подається охолоджене повітря за температури $10 \div 12^{\circ}\text{C}$. В результаті сухий продукт охолоджується до температури 25°C , що запобігає комкуванню.

Сушарка вібраційна конвективна СВК-1,0/4,0 (рис. 11) являє собою одномасову вільноколивну систему зарезонансного типу. Складається із кришки 1 і жолоба 2, між якими розміщений перфорований лист, пружної системи 7, рами і трьох самосинхронізованих віброзбуджувачів.

1.2. Аналіз та короткий опис об'єкту дослідження.

Об'єктом дослідження є казеїн- сирець на різних етапах технологічного процесу зневоднення.

При виборі методів і способів зневоднення казеїну сирцю необхідно враховувати форми зв'язку вологи з матеріалом, яка характеризується різною енергією зв'язку з продуктом. В першу чергу необхідно відзначити, що частина вологи гравітаційно зв'язаної в лінії неперервного виробництва відділяється на перфорованій поверхні барабану. Тобто вологовміст казеїну буде лише частково формуватися гравітаційно зв'язаною вологою.

За класифікацією запропонованою Ребіндером [7] зв'язок вологи з продуктом може бути: хімічним, фізико-хімічним (адсорбційним, осмотичним, структурним); в) механічним (волога в капілярах і макро-капілярах, волога змочування). Найбільшим міцним є хімічний. Видалення хімічно зв'язаної вологи в процесах зневоднення казеїну приводить до зміни його кольору (почорніння, буріння) і може спостерігатися при високих температурах, тобто при порушенні технологічного процесу і вважається браком.

Волога, пов'язана з матеріалом фізико - хімічно, може бути видалена за допомогою сушіння. Форми фізико-хімічного зв'язку різноманітні і включають адсорбційно-пов'язану вологу, осмотично утримувану і структурну вологу.

Адсорбційно-зв'язана волога утримується на поверхні контакту колоїдних частинок з навколишнім середовищем і утримується молекулярним силовим

полем. Осмотично і структурна волога менш міцно пов'язана з матеріалом, чим адсорбційна. Найменш міцно зв'язана з матеріалом волога, що утримується механічно у капілярах зерен та в між ними. Капіляри казеїну дуже різноманітні по діаметру. Мікрокапіляри зерен казеїну мають середній радіус менше 10-5мк. Макрокапіляри казеїну утворюються між зернами і мають середній радіус більше 10-5мк. Аналізуючи форми зв'язку води з казеїном можна зробити висновок, що процес зневоднення можна розділити на два етапи : механічний спосіб та сушіння.

1.3. Техніко – економічне обґрунтування модернізації.

Аналіз форм зв'язу води з казеїном та використовуваного обладнання для зневоднення дозволяє зробити наступні висновки:

Процес зневоднення казеїну необхідно проводити в два етапи -механічним відтиском на першому етапі і конвективним сушінням на другому етапі.

Підвищити ефективність лінії виробництва казеїну можна двома шляхами :

- зменшити втрати казеїну зі сироваткою;
- зменшити витрати теплоти на процес сушіння.

Мінімальна частинка казеїну, що може відійти в сироватку при використанні шнеку ПШ - 300 визначається мінімальним розміром перфорації шнеку, яка становить 0,5 -1мм. Згідно даних [8] така частка становить біля 1%, а враховуючи руйнування структури шнеком біля 2% казеїну сирцю відходить у сироватку. При продуктивності лінії 300 кг/год це буде становити 6 кг/год.

Визначаємо розмір мінімальної частинки продукту, яку можна відділити у випадку відділення сироватки на під дію відцентрової сили на осаджувальній центрифугі – деканторі.

Визначаємо густину суспензії із виразу:

$$\frac{1}{\rho_c} = \frac{x}{\rho_k} + \frac{1 - x_m}{\rho_p}$$

де x_m - масова частка казеїну; Масову частку казеїну у суспензії приймаємо рівній масові частки казеїну в перегоні. $x_m = 0.08$.

ρ_c – густина суспензії, кг/м³ ;

ρ_k – густина казеїнових зерен, $\rho_k =$ кг/м³ ;

ρ_p – густина молочної сироватки, $\rho_p = 1022$ кг/м³ ;

Густину казеїнових зерен визначаємо з міркувань, що на виході із декантора вологість казеїнових зерен становить 40%.

$$\rho_k = \rho_c W + (1 - W) \rho_b,$$

Де ρ_b – густина молочного білка, кг/м³ ;

W – вологість зерен казеїну на виході із сушарки.

$$\rho_k = \rho_c W + (1 - W) \rho_b,$$

$$\rho_k = 1022 \cdot 0,4 + (1 - 0,4) 1600 = 1368 \text{ кг/м}^3 ,$$

$$\rho_c = \frac{\rho_c \times \rho_k}{\rho_c x_m + (1 - x_m) \rho_k}$$

Після підстановки відповідних значень отримаємо:

$$\rho_c = \frac{1022 \times 1368}{0,92 \times 1022 + (1 - 0,92) 1600} = 1309 \text{ кг/м}^3 ;$$

Динамічний коефіцієнт визначаємо за формулою

$$\mu_c = \mu_p \frac{0,59}{(0,77 - x_v)^2}$$

де x_v – об'ємна частка казеїну.

μ_p – динамічний коефіцієнт в'язкості сироватки, Па·с.

Визначаємо об'ємну частку казеїну:

$$x_v = \frac{x_m \rho_p}{(1 - x_m) \rho_k + x_m \rho_p}$$

Отже

$$x_v = \frac{0,08 \times 1000}{(1 - 0,92) 1368 + 0,92 \times 1000} = 0,08$$

Приймаємо динамічний коефіцієнт в'язкості сироватки: $\mu_p = 10^{-3}$ Па·с.

Відповідно динамічний коефіцієнт суспензії становитиме:

$$\mu_c = 10^{-3} \frac{0,59}{(0,77-0,08)^2} = 1,239 \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

Використовуючи закон Стокса визначимо мінімальний розмір частинок казеїну, які можна відділити в центрифугі:

$$d_{min} = \sqrt[3]{\frac{36\mu_c^2}{9,8 \cdot \rho_c(\rho_k - \rho_c)}}.$$

Відповідно підставляючи значення величин отримаємо

$$d_{min} = \sqrt[3]{\frac{36 \cdot (1,239 \cdot 10^{-3})^2}{9,8 \cdot 1309 (1368 - 130)}} = 0,04 \cdot 10^{-2} = 0,04 \text{ мм}.$$

Отже мінімальний розмір частинок, який можемо відділити становить 0,04мм. Таким чином збільшиться вихід продукції з перегону та зменшиться забруднення навколишнього середовища.

У відповідності з паспортними даними шнека – гранулятора ПШ – 300 на виході вологість казеїну сирцю становить 60 %. Використання декантора дозволяє зменшити вологість казеїну – сирцю до 40%.

При поступленні у вібраційну сушарку казеїну - сирцю вологістю 60% його початкова маса становить

$$G_1 = G_2 \frac{100-W_2}{100-W_1} = 300 \frac{100-10}{100-} = 675 \frac{\text{кг}}{\text{год}}.$$

Маса вологи, яку необхідно випарувати рівна

$$C = G_1 - G_2 = 675 - 300 = 375 \frac{\text{кг}}{\text{год}};$$

При вологості казеїну сирцю 40% , початкова маса казеїну – сирцю

$$G_1 = G_2 \frac{100-W_2}{100-1} = 300 \frac{100-}{100-} = 450 \frac{\text{кг}}{\text{год}} , \text{ і відповідно кількість вологи,}$$

яку потрібно випарувати рівна $W_4 = 150 \text{ кг}$.

Кількість теплової енергії, яку вдається економити в даному випадку орієнтовно становить:

$$\Delta E = r (W_3 - W_4) ,$$

Де r – питома теплота пароутворення.

$$\Delta E = 23 (375 - 150) = 5,175 \text{ МДж/ год}.$$

1.3. Мета та завдання кваліфікаційної роботи.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності виробництва казеїну.

З цією метою сформульовані наступні завдання:

- провести аналіз обладнання для сушіння казеїну;
- дослідити гранулометричний склад казеїну на вході у вібраційну конвективну сушарку;
- провести дослідження параметрів вібраційної сушарки;
- встановити вплив на процес сушіння технологічних параметрів процесу;
- провести матеріальний і тепловий розрахунок сушарки та основних конструктивних параметрів вібраційної сушарки;

2. Вибір і обґрунтування теоретичних і експериментальних методів і засобів досліджень

Загальновідомі та стандартизовані методи, що використані у магістерської роботи представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Стандартизовані методи досліджень

№ з/п	Назва аналізу	Назва методу і прилади	Межі і похибка вим.	Посилання
1	2	3	4	5
1.	Визначення маси	Зважування. Ваги марки ВК-300	0,0002- 0,3 кг ± 0,01 г	ГОСТ 24104-88 «Весы лабораторные общего назначения и образцовые. Общие технические условия».
3.	Визначення вмісту вологи	Метод висушування навіски при температурі 102°C. Сушильна шафа СП-50 (Росія), ваги марки ВК-300	0,0002- 0,3 кг ± 0,01 г	ГОСТ 3626-73 «Молоко и молочные продукты. Методы определения содержания влаги и сухого вещества».

Закінчення таблиці 2.1.

1	2	3	4	5
5.	Вимірювання температури	Контактний метод вимірювання з допомогою рідинного термометра, термометр спиртовий марки ТТЖ	0-50°C ±1°C	ГОСТ 26754-85 «Молоко. Методы измерения температуры».
6.	Вимірювання температури	Вимірювання температури повітря	0 -130°C ±1°C	ДСТУ 3742-98 Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювань температури. Контактні засоби вимірювань температури

Для визначення амплітудно-частотних характеристик використовували акселерометричний аналізатор на основі акселерометра LIS3DH компанії STMicroelectronics. Пристрій працює таким чином: після приєднання датчика до поверхні сушарки типу ZLG4 -0,3 вмикають привод дебалансного валу, створюючи коливання сушарки, це в свою чергу призводить до увімкнення акселерометра, який проводить реєстрацію амплітудно - частотних характеристик вібруючого комплексу.

Для реєстрації частоти обертання дебалансного вала було використано безпроводний тахометр UNI-T UT372.

3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження

3.1. Розроблення технологічної схеми лінії з використанням сушарки віброкипячого шару типу ZLG4 -0,3

Основні технологічні операції виробництва казеїну у запропонованій лінії аналогічній лінії виробництва казеїну – сирцю неперервним способом представленій на рис.1. Особливістю запропонованої технологічної схеми є встановлення декантора та вібраційної сушарки типу ZLG4 -0,3. Як відомо (9,10,11) найбільш інтенсивний процес сушіння спостерігається у кип'ячому (псевдорозрідженому) стані продукту. Шар казеїну може бути переведено у псевдорозріджений стан шляхом дії на нього вібраційних коливань або спільної дії повітряного потоку та вібрації. Застосування вібрації дозволяє зменшити швидкість повітря нижче критичної та витрату повітря розрахувати виходячи з необхідної кількості теплоти. Найбільше впливає на стан зваженого шару амплітуда коливань, яка для різних продуктів знаходиться в межах 2...10 мм. Частоту коливань використовують у межах 20...30 Гц [12,13, 14,15]

3.2. Розрахунок вібраційної сушильної установки ZLG4 -0,3

При матеріальному і тепловому розрахунках сушарки використовували теорію теплообміну представлену в роботах [14-19]

Вихідні дані для розрахунку сушильної установки:

Продуктивність по готовому казеїну G_2 , кг/год 300кг/ год;

Вологість матеріалу, на вході початкова W_1 ,% 40

кінцева W_2 ,% 10

Насипна густина висушеного матеріалу ρ_n , кг/м³ 450

Температура теплоносія

на вході t_1 ,°C 110

на виході t_2 ,°C 80

Теплоємність висушеного казеїну C_m , кДж/кг·град	2,39
Теплові витрати через поверхні теплообміну приймаємо %	5
Температура висушеного матеріалу θ_2 , °C	50
поступаючого матеріалу θ_1 , °C	20

а). Матеріальний розрахунок

Кількість вологого казеїну, що поступає у вібраційну сушарку G_1

$$G_1 = G_2 \frac{100 - W_2}{100 - W_1} = 300 \frac{100 - 10}{100 - 40} = 450 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Кількість випаровуваної води W у вібраційній сушарці ZLG4 -0,3

$$W = G_1 - G_2 = 450 - 300 = 150 \frac{\text{кг}}{\text{г}}$$

б). Тепловий розрахунок і розрахунок витрат теплоносія. Робочим середовищем використовується повітря підігріте попередньо в калориферах. Процес сушіння, як масообмінний процес, залежить від двох параметрів – температури повітря на вході у сушарку і вологості.

Приймаємо відносну вологість повітря для нашого регіону на вході в калорифер $\varphi = 80\%$.

Для визначення витрат тепла побудуємо сушильний процес в Hd -діаграмі, з врахуванням теплових втрат Δ на 1 кг випаровуваної води:

$$\Delta = g_m + g_{\text{втр}} - C_v \cdot \theta_0$$

Кількість тепла витраченого на нагрів казеїну - сирцю:

$$g_m = \frac{G_2 C_m (\theta_2 - \theta_1)}{W} + \frac{(G_2 - G_1) \cdot C_v (\theta_2 - \theta_1)}{W},$$

де C_m – теплоємність казеїну - сирцю;

C_v – теплоємність води;

G_1, G_2 – кількість казеїну і води, що приймають участь у процесі.

$$g'_m = \frac{300 \cdot 2,39(50 - 20) + (450 - 300) \cdot 4,19(50 - 20)}{150} = 8,97 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

С). Витрати теплоти на процес сушіння :

$$g_{\text{втр}} = 0,05 \cdot g_{\text{суш}} = 0,05(r + g_m - c_v \cdot \theta_{\text{св}}),$$

r – питома теплота пароутворення; $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$,

g_m – затрати теплоти на нагрівання матеріалу; $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$,

c_B – теплоємність води при температурі θ_{CB} .

$$g_{\text{втр}} = 0,05(230 + 183,1 - 4,18 \cdot 35) = 122,8 \frac{\text{кДж}}{\text{кг вл}}$$

Питомі витрати теплоти

$$\Delta = 183,1 + 122,8 = 305,9 \frac{\text{кДж}}{\text{кг вл}}$$

Побудуємо теоретичний процес у діаграмі H-d /

Повітря при температурі 110 °C і ентальпії 140 $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ поступає в сушку.

Теоретичний процес сушіння пройде по лінії $H = \text{const}$ до температури повітря на воді $t = 80^\circ\text{C}$ (точка В). (див Рис.1). При цьому вологовміст повітря d (на вході t) змінюється від $d_1 = 0.016$ кг/кг сух.пов. до $d_2 = 0.032$ кг/кг сух.пов.

В результаті того, що є втрати кінцевий вологовміст повітря буде лежати в межах $d_1 < d_2 < d_2'$ і ентальпія повітря на виході $H_1 \neq H_2$, але точка В лежить на лінії $t_c = 80^\circ\text{C}$.

Вибираємо значення:

$$0,016 < d_2 < 0.032$$

і вичислюємо значення H_2 з співвідношення:

$$\frac{H_1 - H_2}{d_2 - d_1} = \Delta$$

$$H_2 = H_1 - \Delta(d_2 - d_1)$$

Розрахунок проводимо до тих пір, поки при вибраному d_2 ентальпія H_2 , вирахована із співвідношення, буде відповідати ентальпії точки d_2 і $t_c = 50^\circ\text{C}$.

Таке співвідношення буде справедливе при $d_2 = 0.03$

$$\text{Тоді } H_2 = 140 - (0,03 - 0,016) \cdot 305,9 = 135,71 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Таким чином точка має координати:

$$d = 0.03, \quad H = 135,71 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Питомий розхід повітря у вібраційній сушарці:

$$l = \frac{1}{d_2 - d_1} = \frac{1}{0,03 - 0,016} = 71,42 \frac{\text{кг } c_{\text{пов}}}{\text{кг}_{\text{вол}}}$$

Розхід повітря (сухого) за годину:

$$L_c = W \cdot l = 150 \cdot 71,42 = 10713 \frac{\text{кг } c_{\text{пов}}}{\text{год}}$$

Розхід атмосферного повітря на сушіння у вібраційній сушарці:

$$L = L_c(1 + d_0) = 10713(1 + 0,08) = 11570,04 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Питомі витрати тепла на 1 кг випареної вологи

$$g = l \cdot (H_1 - H_0) = 71,42(140 - 42,32) = 6976 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}_{\text{вол}}}$$

де $H_0 = 42,32 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ – тепловміст оточуючого повітря при $t = 20^\circ\text{C}$

Тепловий к.к.д. сушилки

$$\eta = \frac{z}{g} \cdot 100 = \frac{2380}{6976} \cdot 100 = 34,7\%$$

Теплове навантаження калориферів за температури повітря $t_1 = 20^\circ\text{C}$.

$$Q_T = L(H_1 - H_0) = 11570,04(144,5 - 42,32) = 1182,0 \frac{\text{мДж}}{\text{год}}$$

Теплове навантаження калориферів за температури повітря $t_0 = -10^\circ\text{C}$.

$$Q_K = L \cdot (H_1 - H_2) = 11570,04(124 + 7,8) = 1524,9 \frac{\text{мДж}}{\text{год}}$$

де H_1 – тепловміст повітря при $t_1 = 20^\circ\text{C}$, $H_1 = 124 \frac{\text{кДж}}{\text{год}}$

H_0 – тепловміст повітря при $t_0 = -10^\circ\text{C}$, $H_0 = -7,8 \frac{\text{кДж}}{\text{год}}$

с) Конструктивний розрахунок сушарки.

Виходячи із значень напруження шару казеїну по випареній волозі, а також з витрат робочого середовища і швидкості в перерізі апарату, визначаємо розріз вібраційної сушарки:

$$f = \frac{L}{3600\gamma_2\omega_1} = \frac{W}{Af},$$

де $\omega_1 = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ – швидкість повітря в розрізі апарату;

$\gamma_2 = 0,985 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – питома вага повітря при $t_{cp} = 85^\circ\text{C}$;

$Af = 97 \div 115 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$ – напруження шару по випареній волозі (за дослідними даними).

$$f = \frac{L}{3600\gamma_2\omega_1} = \frac{11570,04}{3600 \cdot 0,985 \cdot 1,3} = 2,506 \text{ м}^2$$

$$f' = \frac{150}{97 \div 115} = 1,54 \div 1,3 \text{ м}^2$$

Приймаємо $f = 2,2 \text{ м}^2$.

При $f = 2,2 \text{ м}^2$ наруга в шарі по випареній волозі $Af = 113,6 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$.

Габаритні розміри сушильної камери в плані, мм: 500x2200.

Висота киплячого шару за дослідними даними знаходиться в межах: 30÷40мм.

Висота сушильної камери, мм

$$H = (4 \div 4,5)h_{\text{к.с}} = (4 \div 4,5) \cdot 40 = 160 - 180 \text{ мм}$$

Приймаємо 180 мм.

Конфігурація камери – прямокутна.

3.3. Аеродинамічний розрахунок нагнітального повітроводу.

У розрахунку приймаємо тиск у камері вібраційної сушарки рівний атмосферному.

$$\text{Розхід повітря } L = 11570,04 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Об'ємний розхід повітря, що направляється у вібраційну камеру:

$$v_{x.n} = \frac{L}{\rho} = \frac{11570,04}{1,205} = 9641,7 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

де $\rho = 1,205$ – густина повітря за температурі 20°C .

Секундний розхід повітря:

$$v_c = \frac{9641,7}{3600} = 2,67 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Тоді необхідна поверхня фільтра становить:

$$F' = \frac{L_{x.n}}{q_{\phi}} = \frac{9641}{6000} = 1,92 \text{ м}^2,$$

де $q_{\phi} = 6000 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3 \text{ год}}$ – питоме навантаження фільтрувальної поверхні.

Прийmemo діаметр фільтра $d_{\phi} = 0,5$ м, відповідно довжина:

$$b = \frac{F}{\pi \cdot d_n} = \frac{1,92}{\pi \cdot 0,5} = 1,22 \text{ м}$$

Прийmemo $b = 1,3$ м. Відповідно площа фільтрувальної дорівнює:

$$F = b \cdot \pi \cdot d_{\phi} = 1,3 \cdot \pi \cdot 0,5 = 2,041 \text{ м}^2$$

Опір, що створює фільтр: $\Delta h_{\phi} = 118$ Па.

Приймаємо діаметр всмоктуючого патрубку $d_{\text{в}} = 0,5$ м, тоді площа перерізу становить

$$f_{\text{вс}} = \frac{\pi d_{\text{в}}^2}{4} = 0,196 \text{ м}^2.$$

Швидкість у всмоктую чому патрубку, повітря:

$$\omega_{\text{вс}} = \frac{v_c}{f_{\text{вс}}} = \frac{2,67}{0,196} = 13,62 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Швидкісний тиск:

$$h_3 = \frac{\omega^2 \rho}{2} = \frac{13,62^2 \cdot 1,205}{2} = 114 \text{ Па}$$

Місцевий опір коліна: $\xi = 1,175$

Місцевий опір перед вентилятором:

$$\Delta h_1 = \xi h_3 = 1,175 \cdot 114 = 134 \text{ Па}$$

Переріз всмоктую чого патрубку вентилятора: $f_1 = 0,126$

Швидкість робочого середовища на вході в вентилятор:

$$\omega_{\text{вх.}} = \frac{v_c}{f_{\text{в}}} = \frac{2,67}{0,126} = 21,16 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Опір всмоктування повітря:

$$\Delta h_{\text{в}} = \frac{\omega^2 \rho}{2} = \frac{21,16^2 \cdot 1,205}{2} = 111,7 \text{ Па}$$

Опір всмоктувального трубопроводу, якщо довжина трубопроводу $b_{\text{вс}} = 3$ м:

$$\Delta h = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot \rho = 0,0125 \frac{3}{0,5} \cdot \frac{21,16^2}{2} \cdot 1,105 = 9,5 \text{ Па},$$

де λ – шорсткість трубопроводу.

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} = \frac{0,3164}{410000^{0,25}} = 0,0125;$$

$$Re = \frac{\omega d_2 \rho}{\mu} = \frac{13,62 \cdot 0,5 \cdot 1,205}{1,82 \cdot 10^{-5}} = 410000;$$

$$\mu = 1,82 \cdot 10^{-5} \frac{\text{М} \cdot \text{с}}{\text{м}^2} - \text{в'язкість повітря при температурі } 20^\circ\text{C}$$

Приймаємо коефіцієнт опору шибера: $\xi = 0,1$

При динамічному напорі $h=114$ Па, Опір шибера:

$$\Delta h_{\text{ш}} = 114 \cdot 0,1 = 11,4 \text{ Па}$$

Опір двох рядів калориферів КФБО-7: $\Delta h_k = 181,2 \text{ Па}$

Довжина повітроводу від калориферів до сушильної установки

$$l_2 = 1,4 \text{ м.}$$

Переріз повітроводу $f_c = 0,2 \text{ м}^2$.

Об'єм повітря після калориферів:

$$v_k = \frac{L}{3600 \cdot \rho_v} = \frac{9641,7}{3600 \cdot 0,87} = 3,07 \text{ м}^3/\text{с},$$

де $\rho_v = 0,87 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – густина повітря при температурі 110°C

Швидкість повітря:

$$\omega = \frac{v_c}{f_1} = \frac{3,07}{0,2} = 9,4 \text{ м/с}$$

Динамічний напір: $\gamma = 53 \text{ Па}$. Приймаємо коефіцієнт опору: $\xi = 3,0$.

Тоді опір повітроводу: $\Delta h_v = 3,0 \cdot 53 = 159 \text{ Па}$.

Коефіцієнт опору перфорованого дна камери $\xi = 2$, живий переріз решітки $\varphi = 0,05$.

Швидкість при проходженні через решітку:

$$\omega_p = \frac{v_c}{\varphi f_p} = \frac{3,07}{0,05 \cdot 2,0} = 30,7 \text{ м/с}$$

де $f_p = 2,0 \text{ м}$ – площа поверхні сушарки.

Опір дна сушарки:

$$\Delta h_p = \xi_p \frac{\omega_p^2 \cdot \rho}{2} = 2 \frac{30,7^2 \cdot 0,87}{2} = 798,8 \text{ Па}$$

7.32 Опір вібруючого шару казеїну. Вага твердих частинок, що знаходяться в шарі, Н;

$$G = H(1 - \varepsilon)\rho g$$

3.4.Аеродинамічний розрахунок витяжного повітроводу.

Опір на виході із камери.

Площа вихідного перерізу патрубку витяжного повітревоводу:

$$f_{\text{вих.}} = \frac{\pi d_{\text{в}}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,6^2}{4} = 0,283 \text{ м}^2 ,$$

при:

$$\frac{f_{\text{вих.}}}{f} = \frac{0,283}{2,2} = 0,129 , \quad \xi = 0,33$$

Швидкість повітря в вихідному патрубку витяжного трубопроводу:

$$\omega_{\text{в}} = \frac{L}{3600 \gamma_n \rho_{\text{в}}} = \frac{9641}{3600 \cdot 0,283 \cdot 1,093} = 8,7 \frac{\text{м}}{\text{с}} ,$$

де $\rho_{\text{в}} = 1,093 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – густина повітря за температури 50°C.

$$\Delta h = \xi \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} = 0,35 \frac{8,7^2 \cdot 1,093}{2} = 14,5 \text{ Па}$$

Опір завихрювача:

$$\omega_{\text{з}} = \frac{9647}{3600 \cdot 1,093 \cdot f_c} = 6,85 \frac{\text{м}}{\text{с}} ,$$

де

$$f_c = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = \frac{\pi(0,71^2 - 0,22^2)}{4} = 0,358 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт місцевого опору $\xi = 3,9$

$$\Delta h = \xi \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} = 3,9 \frac{6,73^2 \cdot 1,093}{2} = 96,6 \text{ Па}$$

Опір циклона на витяжному трубопроводі:

Коефіцієнт місцевого опору приймаємо $\xi = 0,7$

Швидкість повітря в циклоні

$$\omega_{\text{ц}} = \frac{v_{\text{с}}}{f_{\text{ц}}} = \frac{2,67}{0,785 \cdot 0,71^2} = 6,74 \text{ м/с}$$

$$\Delta h = \xi \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} = 0,7 \frac{6,74^2 \cdot 1,093}{2} = 17,37 \text{ Па}$$

Опір повітроводу:

Швидкість повітря

$$\omega_{\text{вих.}} = \frac{9644}{3600 \cdot 1,093 \cdot 0,159} = 15,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Шорсткість повітроводу

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} = \frac{0,3164}{385400^{0,25}} = 0,0127;$$

де

$$Re = \frac{\omega d_e \rho}{\mu} = \frac{15,4 \cdot 0,45 \cdot 1,093}{1,94 \cdot 10^{-5}} = 385400$$

$\mu = 1,94 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}^2}$ – динамічна в'язкість повітря за температури 50°C

Довжина повітроводу – 4м.

$$\Delta h = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot \rho = 0,0127 \frac{4}{0,45} \cdot \frac{15,2^2 \cdot 1,093}{2} = 14,3 \text{ Па},$$

Коефіцієнти місцевого опору: поворот – $\xi_n = 2,35$, шибер – $\xi_{\text{ш}} = 0,1$, вхід пневмотранспортної гілки – $\xi_{\text{тр.}} = 1,5$.

Загальний коефіцієнт становить $\xi = \Sigma \xi_i = 3,95$

Швидкісний напір $h = 114 \text{ Па}$

Опір, що виникає $\Delta h = \xi \cdot h = 3,95 \cdot 114 = 450,3 \text{ Па}$

Опір рукавного фільтра у витяжному вентиляторі: $\Delta h = 55 \text{ Па}$

Загальний опір витяжного повітря:

$$\Delta H = \Sigma \Delta h_i = 14,7 + 96,6 + 17,37 + 14,3 + 450 + 55 = 647,77 \text{ Па}$$

8.8 Об'ємний часовий розхід повітря:

$$v_{\text{об.}} = \frac{9644}{1,093} = 8823 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

4. Математична модель зневоднення казеїну

Механізм зневоднення казеїну під час сушіння базується на наукових засадах тепломасоперенесення при фазових переходах і на формах зв'язку води з колоїдними і капілярнопористими матеріалами. У процесі зневоднення впливи різної фізичної природи створюють у продукті поля температур (t), тисків (P), вологовмісту (U). Сумісний вплив рушійних сил різної природи спричиняє розвиток гідродинамічних, теплових і масообмінних процесів. Процес зневоднення казеїну – сирцю ділиться на два етапи: випаровування води в середовище з поверхневого шару казеїну (зовнішній тепломасообмін) і переміщення води всередині продукту шляхом дифузії (внутрішній тепломасообмін) [20-23].

У процесі сушіння вологість, температура матеріалу та швидкість його обезводнення змінюються з часом. Усі зміни можна ілюструвати графічно у вигляді кривих зміни вологості, швидкості сушіння і температурних кривих. Дані одержують під час сушіння невеликих зразків казеїну, визначаючи зміну у відповідні моменти часу вологості та температури.

Параметри сушильного агента (температура, швидкість, відносну вологість) підтримують незмінними. Вологість казеїну в процесі сушіння визначають розрахунком за зменшенням маси води.

Для аналізу процесу сушіння казеїну користуються суміщеним графіком кривих сушіння : (рис 4.1.) зміни вологості - 1, швидкості сушіння 2 та температурної - 3 у залежності від часу. У стадії прогрівання казеїну теплота, що підводиться до нього агентом повітрям, витрачається на його нагрівання. Температура різко підвищується (ділянка А"В"), швидкість сушіння (ділянка А'В') зростає. На початку періоду І температура θ казеїну досягає температури t_m мокрого термометра, швидкість сушіння – своїх максимальних значень. Перший період характеризується сталою швидкістю сушіння (ділянка В'С'); вологість казеїну змінюється за прямою лінією (ділянка ВС), а температура казеїну залишається постійною і дорівнює t_m (ділянка В"С").

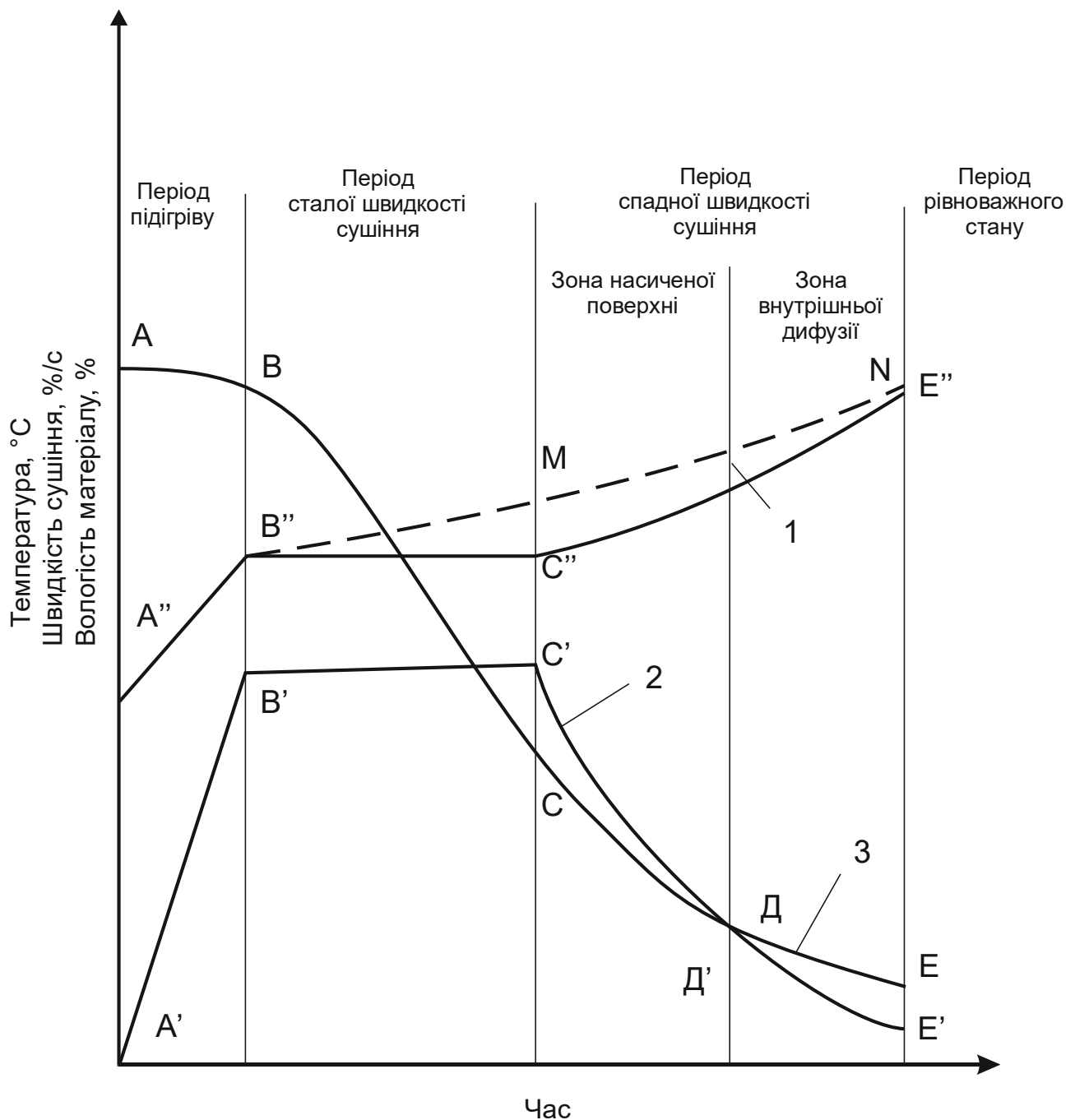


Рис. 4.1. Схема параметрів сушіння казеїну:

1 – температура казеїну; 2 – вологовміст казеїну; 3 – швидкість сушіння

Як і для більшості колоїдних капілярно–пористих тіл, температура казеїну навіть в періоді I збільшується (ділянка B''M). Інтенсивність випаровування води при сталій швидкості сушіння пропорційна різниці тисків водяної пари на поверхні казеїну і у навколишньому середовищі. Швидкість сушіння залежить від параметрів повітря (температури, вологості та його швидкості) й визначається умовами перенесення води в навколишнє середовище. Але вже в

цьому періоді для казеїну порушуються закономірності зовнішньої дифузії вологи, що спричинється недостатнім підведенням вологи із внутрішніх частин казеїну до поверхні. Це відображається у неперервному підвищенні температури казеїну. У періоді II (рис. 1.10) спостерігається уповільнення швидкості сушіння казеїну, його вологість змінюється по кривій CDE, а швидкість сушіння – по кривій C'D' E'. Температура казеїну підвищується (ділянки C"D"E" або MNE"). Зменшення швидкості сушіння казеїну пов'язане з видаєнням більш міцно зв'язаної вологи із казеїну. Період спадної швидкості сушіння казеїну має дві зони: зону зовнішньої (а) та внутрішньої (б) дифузії вологи. Їх роз'єднує друга критична точка D'. У зоні внутрішньої дифузії вологи інтенсивність процесу майже не залежить від параметрів агента повітря і повністю визначається законами внутрішнього еренесення вологи.

У теорії сушіння аналіз зовнішнього сумісного тепломасообміну, ґрунтується на спільному аналізі диференціальних рівнянь руху і нерозривності нестисливого потоку [3]:

$$\frac{\partial \omega}{\partial \tau} + \rho \operatorname{grad} \omega = g - \left(\frac{1}{\rho}\right) \operatorname{grad} P + \nu \Delta^2 \omega$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \operatorname{div} \rho \omega = 0$$

конвективно-дифузійного перенесення парів вологи в повітрі

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} + \omega \operatorname{grad} C = D \Delta^2 C$$

а також рівняння, що описує поле температури в потоці тповітря

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + \omega \operatorname{grad} t = a \Delta^2 t$$

Де P –статистичний тиск;

C – вологовміст казеїну; t – температура в потоці повітря ,

P, v, ρ, D – відповідно густина повітря, коефіцієнти кінематичної в'язкості, температуропровідності та дифузії пари вповітрі; τ– час;

g – прискорення вільного падіння;

Δ^2 – оператор Лапласа.

У даних рівняннях взаємний вплив процесів перенесення маси і теплоти враховується залежністю кінетичних коефіцієнтів від потенціалів перенесення.

Ці рівняння справедливі як для ламінарного режиму руху потоку так і для турбулентної течії. Якщо локальні значення даних функцій ω , P , C , і t приймати як усереднені за часом, то коефіцієнти ν , D і α складаються кожен із молекулярного та турбулентного коефіцієнтів перенесення імпульсу, маси і теплоти.

Залежності інтенсивності тепло- і масообміну поверхні вологого казеїну з потоком повітря подаються у вигляді залежності між числами (критеріями) подібності, які виводять із цих рівнянь і умов однозначності. Основну з граничну умову можна записати у формі конвективної масовіддачі

$$-D \left(\frac{\partial c}{\partial n} \right)_{\omega} = \beta (C_{\omega} - C_f)$$

І містить коефіцієнт масовіддачі, який визначає інтенсивність масообміну. Даний коефіцієнт входить у критерій Нессельта

$$Nu = \frac{\beta d}{D},$$

величина якого залежить від чисел Рейнольдса і Прантля.

Нестаціонарні поля вологовмісту і температури всередині зерна казеїну описуються системою диференціальних рівнянь:

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = a_m (\Delta^2 u + \delta \Delta^2 T)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \Delta^2 T + \varepsilon \left(\frac{r}{c} \right) \frac{\partial u}{\partial \tau},$$

де u , T – вологовміст і температура матеріалу;

a_m – коефіцієнт потенціалопровідності;

δ – температурний коефіцієнт перенесення вологи;

ε – критерій фазового перетворення;

r – теплота випаровування;

c – теплоємність.

Процес сушіння казеїну характеризується значною кількістю взаємозалежних параметрів,; зміна одного параметра викликає нелінійні зміни інших параметрів.

Структура математичної моделі процесу сушіння казеїну визначається гідродинамічними параметрами і проявляється їх у характері розподілу часу перебування зерен продукту і повітря в сушильному апараті.

Найбільш поширеними з гідродинамічними моделями є : модель ідеального змішування, осередкова модель, дифузійна модель, модель ідеального витіснення та ін.

Фізична суть моделі ідеального змішування ґрунтується на тому, що концентрація однакова в будь-яких точках апарата (осередка).

Ця модель описується рівнянням

$$\frac{dC}{d\tau} = \frac{v}{V} (C_0 - C)$$

де C – концентрація речовини в комірці ідеального змішування на виході;

C_0 – концентрація на вході;

v – об'ємна витрата потоку;

V – об'єм зони ідеального змішування/

Осередкова модель сушіння казеїну складається з n послідовно з'єднаних осередків ідеального змішування. Матеріальний баланс комірки для i -го осередку приводить до рівняння

$$\frac{dC_i}{d\tau} = \frac{v}{V} (C_{i-1} - C_i),$$

де $i = 1, 2, 3, \dots, n$;

V – об'єм комірки

Для моделі ідеального витіснення потік можна вважати «поршневим». Якщо виділити елементарний об'єм казеїну, скласти матеріальний баланс то одержимо рівняння моделі ідеального витіснення:

$$\frac{dC}{d\tau} = -\omega \frac{dC}{dx},$$

де ω – лінійна швидкість потоку, м/с; x – координата, м. Дифузійна модель сушіння казеїну передбачає врахування двох потоків: поршневого і дифузійного, для якого

$$q_x = -D_x \left(\frac{dc}{dx} \right);$$

де q_x – кількість речовини, що протікає через одиницю поверхні за одиницю часу, кг/(м·с); dx – коефіцієнт дифузії вздовж осі x .

У процесах конвективного сушіння казеїну загальна кількість вологи, що відводиться, визначається параметрами повітря (масою, температурою і вологовмістом) і пропорційна зменшенням вологи казеїну.

Перший період сушіння казеїну відбувається при постійній швидкості $du / dt = \text{const}$ і температурі «вологого» термометра до моменту, поки в поверхневому шарі казеїну міститься вільна волога. Її випаровування з поверхні казеїну відбувається при постійній швидкості і при постійній температурі.

По міру зменшення вмісту вільної вологи у казеїні швидкість її надходження у поверхню поступово знижується. Відповідно вміст вільної вологи в поверхневому шарі казеїну зменшується і стає рівним нулю. З цього моменту починається другий період сушіння казеїну, в якому відбувається поглиблення поверхні випаровування вологи. Між поверхнею випаровування і поверхнею казеїну утворюється зона сушіння, з якої випаровується волога.

У другому періоді сушіння з поступовим зменшенням швидкості температура казеїну зростає. При цьому середній вологовміст казеїну зменшується, прямує до рівноваги з навколишнім середовищем, а температура казеїну підвищується, прямує до температури повітря. Тривалість окремих періодів сушіння казеїну залежить від розміру зерна казеїну, форми зв'язку вологи та механізму її перенесення від центра зерна казеїну до периферії, а також від швидкості її відведення. Рушійна сила процесу сушіння казеїну визначається різницею вологовмісту повітря біля поверхні і в навколишньому середовищі.

У загальному випадку сушіння казеїну є нестационарним термодифузійним процесом, у ході якого вологовміст і температура безперервно

змінюються в часі. У безперервному режимі сушіння враховують весь комплекс явищ – гідродинаміку, тепло- і масообмін та ін.

Для розроблення раціональних конструкцій сушильних агрегатів та оптимальних режимів сушіння казеїну необхідно знати кінетичні закономірності процесу та умови його моделювання .

Швидкість розглянутих процесів сушіння казеїну визначається за рівняннями Ейрінга або Арреніуса. При отриманні математичної моделі допустимих температурних режимів сушіння казеїну на основі закономірностей кінетики фізико-хімічних змін у термолабільних компонентах доцільно виходити з положень середньоінтегральних значень часу сушіння .

5. Експериментальні дослідження режимів роботи вібраційної сушильної установки типу ZLG4 -0,3

5.1. Результати досліджень гранулометричного складу казеїну

Гранулометричний склад це кількісний розподіл зерен казеїну (частинок) за класами крупності.

Експериментальним шляхом визначено гранулометричний склад зерен казеїну до декантації (рис. 5.1).

Відповідно до отриманих результатів досліджень загальну масу казеїну розподілили на дев'ять фракцій, середнім розміром від 2,0 до 6,0 мм.

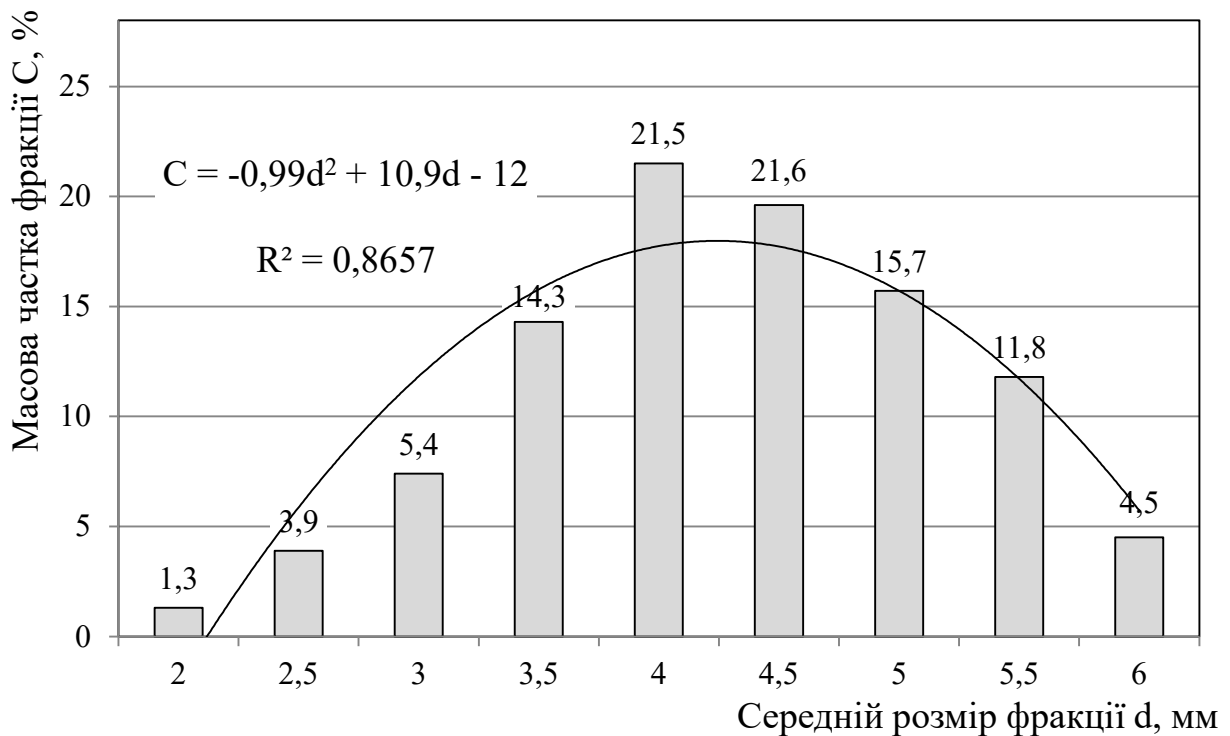


Рис.5.1. Відносна масова частка фракцій казеїну до декантації

Максимальна масова частка відповідає фракції з середнім розміром 4,0 мм і становить 21,7%.

Для математичного відображення залежності масової частки фракцій від їх середнього розміру найкраще підходить поліномінальна функція:

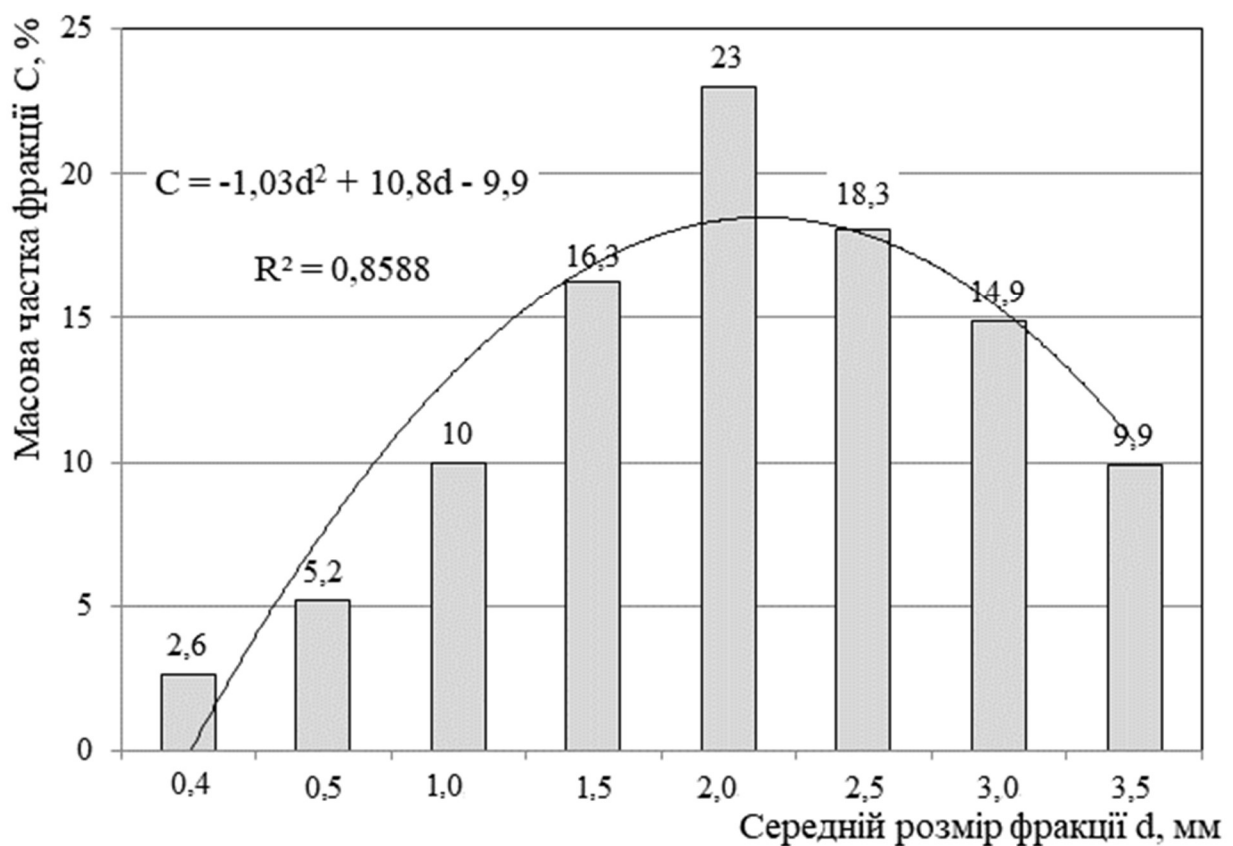
$$C = -0,99d^2 + 10,9d - 12,$$

де d – середній розмір фракції, м.

Величина достовірності апроксимації становить $R^2 = 0,8657$.

Також встановлено гранулометричний склад зерен казеїну після декантації (рис. 5.2).

Після декантації розподіл частинок казеїну за розмірами дещо змінився: в середньому розмір частинок зменшився і найбільший розмір частинок становить 5,5 мм.



Рису. 5.2. Відносна масова частка фракцій казеїну після декантації

Максимальна масова частка відповідає фракції з середнім розміром 4,0 мм і становить 23%.

Також побудували математичну залежність масової частки фракцій від їх середнього розміру для казеїну отриманого після декантації:

$$C = -1,03d^2 + 10,8d - 9,9.$$

Величина достовірності апроксимації становить $R^2 = 0,8588$.

При експериментальних дослідженнях у якості оброблюваного матеріалу використовували казеїн – сирець 40% вологості.

На рис. 5.3 показано експериментальну залежність амплітуди коливань камери сушарки ZLG4 -0,3. від кутової швидкості обертання валу при експлуатаційних параметрах змушуючої сили дебалансу $F=2,95$ кН.

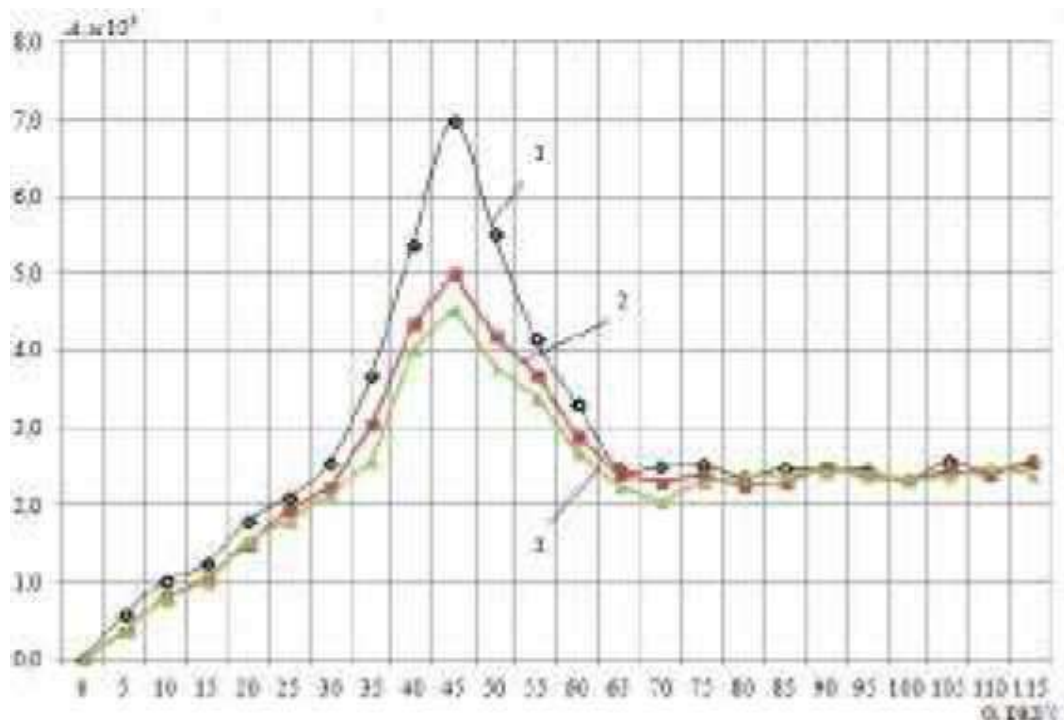


Рис. 5.3. Залежність амплітуди коливань сушильної камери ZLG4 -0,3 від кутової швидкості.

1 - при відсутності завантаженні сушильної камери ZLG4 -0,3; 2 - при завантаженні 50 % від загального об'єму камери ZLG4 -0,3 ; 3 - при завантаженні 75 % від загального об'єму камери ZLG4 -0,3.

Із залежності видно, що при зростанні величини кутової швидкості ω експериментальна крива амплітуди коливань камери A складається з трьох ділянок: дорезонансної, при поступовому зростанні амплітуди $A=2,5$ мм у діапазоні значень швидкості $\omega=0-30$ рад/с; резонансної, при якій спостерігається максимальне значення амплітуди $A=7$ мм при $\omega=30-65$ рад/с; і зарезонансної, де відбувається стабілізація амплітуди у межах $A=2,2-2,5$ мм. З підвищенням завантаженості загального об'єму камери сушарки пікові значення амплітуди

коливань (в резонансному періоді) зменшуються через зростання дисипативних сил технологічного середовища.

Аналіз експериментальної залежності віброшвидкості камери сушильної установки ZLG4 -0,3 від кутової швидкості обертання валу дебалансу (рис. 4.2) показав пікові значення 320 мм/с, що є наслідком явища резонансу при швидкості 46-48 рад/с, після цього залежність приймає лінійний характер зростання при значенні 280 мм/с за експлуатаційного режиму роботи.

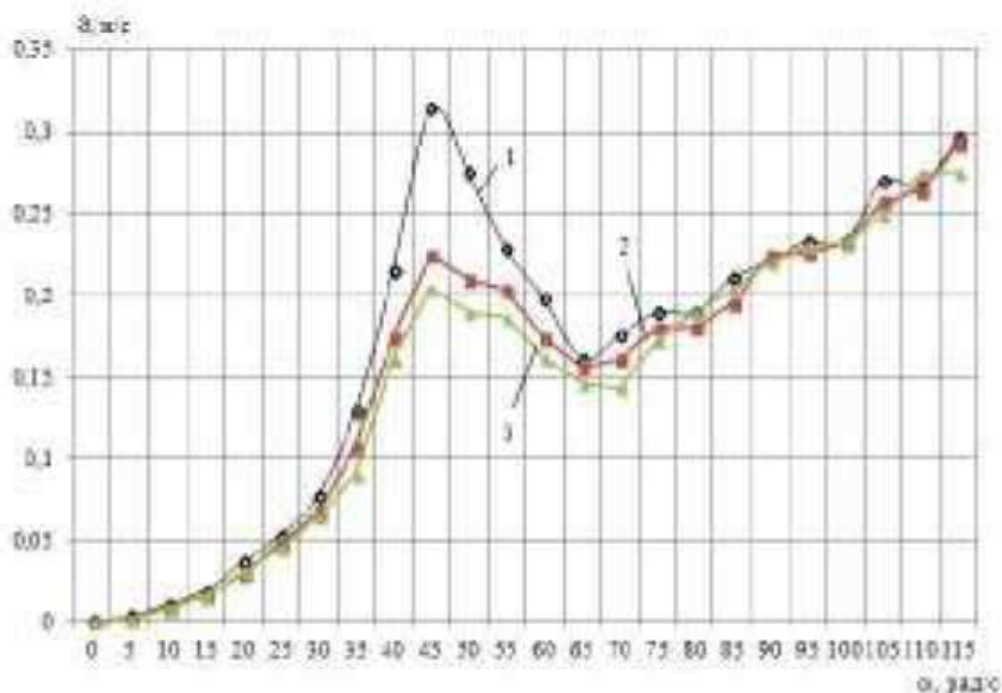


Рис. 5.4 - Залежність віброшвидкості від кутової швидкості обертання валу дебалансу.

- 1 - при відсутності технологічного завантаження сушильної камери ZLG4 -0,3;
2 - при завантаженні 50 %об'єму сушильної камери ZLG4 -0,3; 3 - при завантаженні 75 % від загального об'єму камери ZLG4 -0,3.

Також було встановлено експериментальну залежність віброприскорення та віброінтенсивності сушильної камери ZLG4 -0,3. від кутової швидкості обертання валу дебалансу.(рис. 5.5, 5.6).

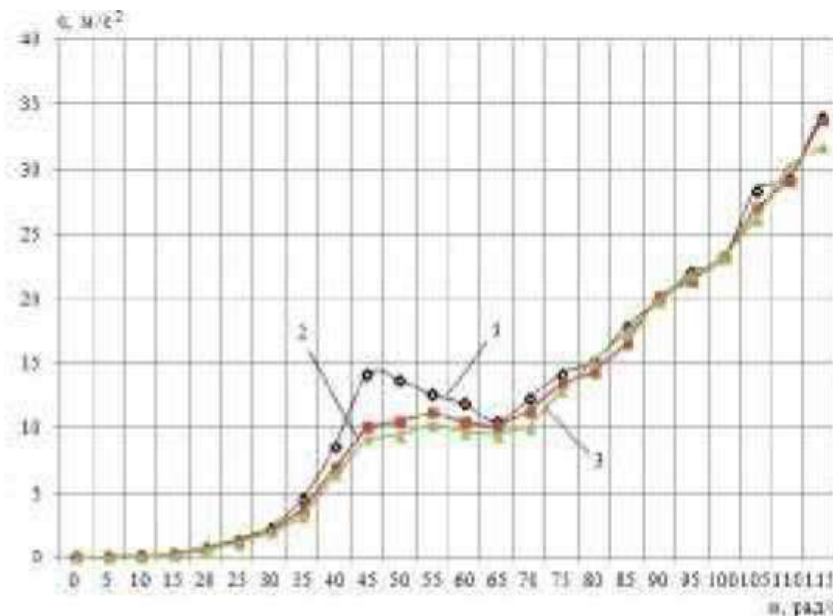


Рис. 5.5. Залежність віброприскорення від кутової швидкості обертання валу дебалансу.

- 1 - при відсутності технологічного навантаження сушильної камери ZLG4 -0,3; 2 - при навантаженні 50 % від загального об'єму камери ZLG4 -0,3 ; 3 - при навантаженні 75 % від загального об'єму сушильної камери ZLG4 -0,3

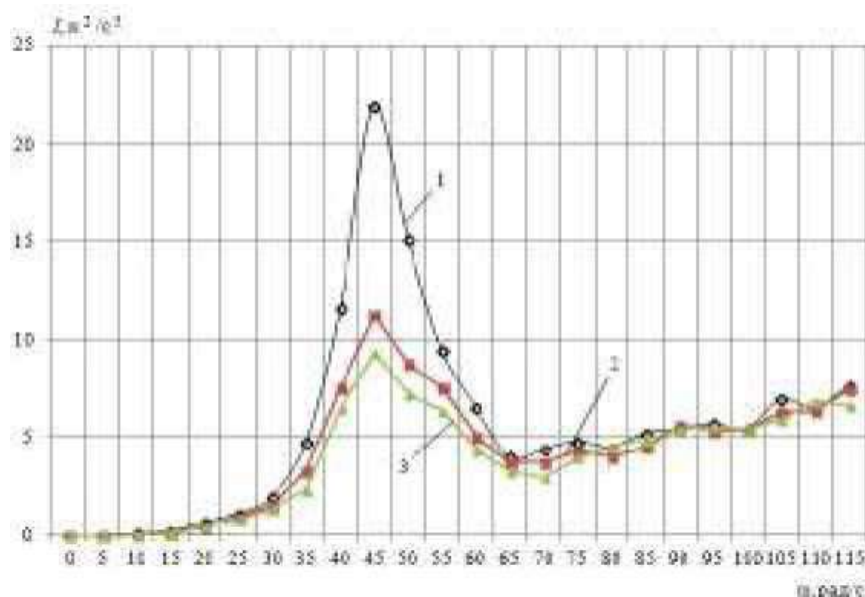


Рис. 5.6. Експериментальна залежність віброінтенсивності від кутової швидкості обертання валу дебалансу.

- 1 - при відсутності технологічного навантаження загального об'єму камери ZLG4 -0,3.; 2 - при навантаженні 50% від загального об'єму сушильної камери загального об'єму камери ZLG4 -0,3.; 3 - при навантаженні 75 % від загального об'єму сушильної камери ZLG4 -0,3

На отриманих графічних залежностях видно пікові значення, які виникають через явища резонансу при 46-48 рад/с, після цього залежність набуває лінійного характеру зростання.

5.2. Дослідження витрат потужності на привід валу дебалансу

В результаті досліджень встановлено збільшення споживаної потужності електродвигуном приводу валу дебалансу залежно від об'єму завантаження сушильної камери ZLG4 -0,3. (рис. 5.7).

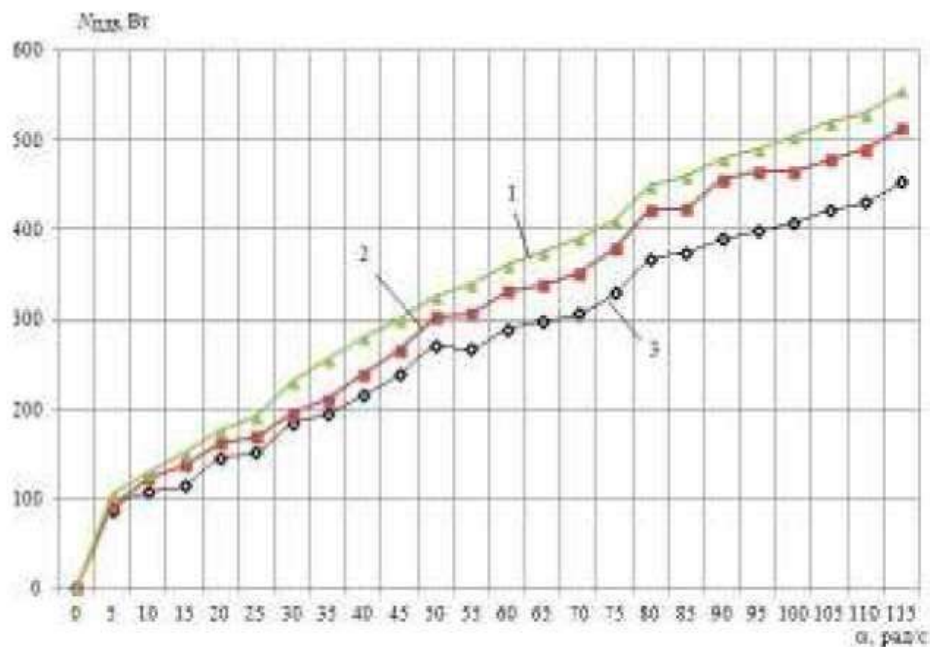


Рис. 5.7 - Зміна споживаної потужності електродвигуном приводу валу дебалансу в залежності від кутової швидкості та ступеня завантаження сушильної камери

1 - при завантаженні 75 % від повного об'єму камери ZLG4 -0,3.; 2 - при завантаженні 50 % від повного об'єму камери ZLG4 -0,3.; 3 - при відсутності завантаження

При визначенні енергетичних характеристик комплексу досліджувались зміни спожитої потужності та швидкості сушильного агенту в залежності від частоти обертання електродвигуна приводу вентилятора (рис. 4.7).

Із отриманої кривої рис можна зробити висновок, що із збільшенням частоти обертання електродвигуна споживана ним потужність збільшується. На максимальних обертах електродвигуна $n_{ПВ} = 3000$ об/хв споживана потужність становить $N_{ПВ} = 115$ Вт швидкість сушильного агенту $V_{СА} = 4,9$ м/с (без завантаження сушильної камери); $V_{СА} = 3$ м/с (при завантаженні 50 % сушильної камери); $V_{СА} = 2,5$ м/с (при завантаженні 75 % об'єму сушильної камери).

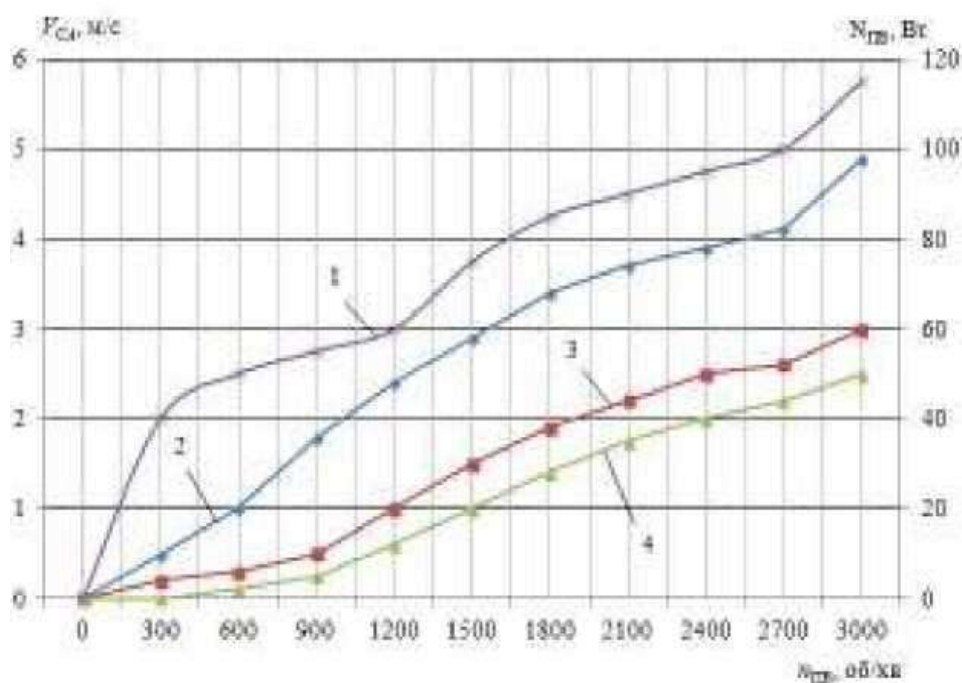


Рис. 5.8. Енергетичні характеристики електродвигуна приводу вентилятора

1 - зміна спожитої потужності від частоти обертання;

2 - зміна швидкості руху повітря від частоти обертання електродвигуна при відсутності завантаження сушильної камери ZLG4 -0,3; 3 - зміна швидкості руху повітря від частоти обертання електродвигуна при завантаженні 50 %

об'єму сушильної камери ZLG4 -0,3; 4 - залежність зміни швидкості повітря

від частоти обертання електродвигуна при завантаженні 75 % від повного об'єму сушильної камери ZLG4 -0,3

5.3 Встановлення експлуатаційних параметрів досліджуваного процесу сушіння казеїну – сирцю

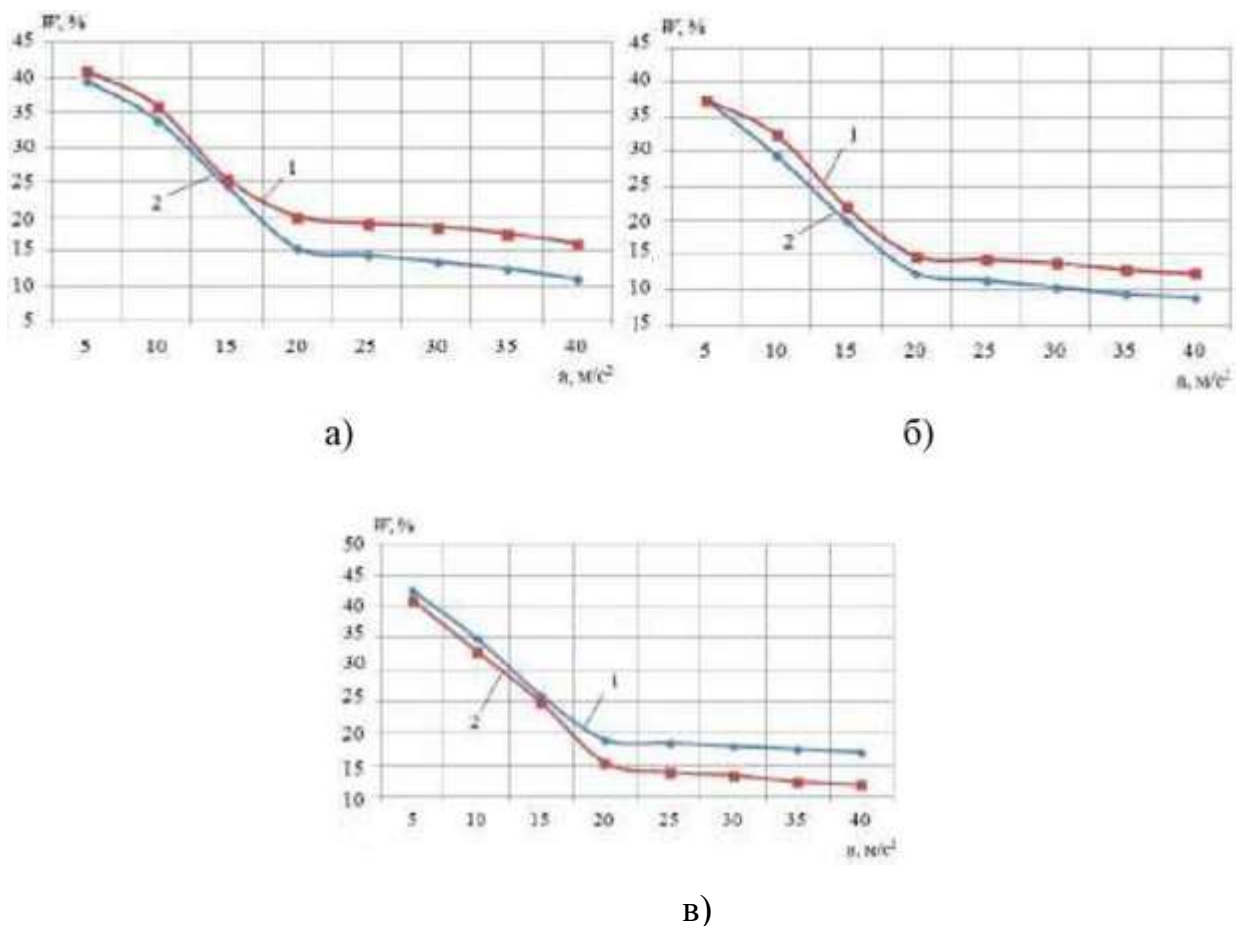


Рис. 5.9. Залежність зміни вологості казеїну-сирцю в залежності від віброприскорення.

а - при температурі повітря 80 оС; б - при температурі повітря 100оС; в - при температурі повітря 110 оС;

1 - при завантаженні сушильної камери ZLG4 -0,3 75% від повного об'єму; 2 - при завантаженні сушильної камери ZLG4 -0,3 50% від повного об'єму

Грунтуючись на отриманих даних кінетики процесу сушіння казеїну – сирцю можна зробити висновок, що підвищення температури сушильного агенту сприяє пришвидшенню вологовиділення, при чому температура вище 110 оС не

дає суттєвих результатів. Тобто, температура сушильного агенту вище зазначеного значення є не доцільною з точки зору енерговитрат на процес зневоднення

Найбільш інтенсивне вологовиділення із казеїну – сирцю відбувається при віброприскоренні $a=20-22,5$ м/с², після чого залишається на рівні. Отже, віброприскорення вище цього значення не раціональне, і не сприяє істотному зниженню рівня вологи.

6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

6.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки

6.1.1. Заходи з безпечної експлуатації технологічного обладнання цеху виробництва казеїну

До основного технологічного обладнання по виробництву казеїну відносяться: зважуючі приймальні місткості, відцентрові насоси, сепаратори ОЦМ-10, сепаратор-вершковідділювач ОСЦП-3, пастеризаційні установки ОП2-У5, ванни ОСВ-5, установка для неперервної промивки казеїну-сирцю ЯВ-ОПК, прес, дробарка для казеїну, сушарка ВС-150, фасувальний автомат ДВП-30, транспортер Л5-ВРМ-22.

Основні вимоги з безпечної експлуатації електричних насосів передбачають в першу чергу якісне складання і забезпечення точності монтажу. При складанні насосу слід старанно встановлювати ущільнюючі прокладки, кільця і манжети. Основними небезпечними для людей факторами роботи насосів є вібрації та можливість ураження електричним струмом внаслідок надмірної вологості. Для мінімізації і уникнення шкідливої дії вищеназваних чинників передбачається встановлення віброізоляції і заземлення. Заземлення повинно відповідати ГОСТ 12.1.030–81 “ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення”.

Нормативним документом, який регламентує рівень шумів для різних категорій робочих місць і службових приміщень являється ГОСТ 12.1.003-83 “ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки”.

Під час роботи підтікання насосу не повинно перевищувати встановлених для даної конструкції максимальних нормативних значень.

При несправному насосі (при задіванні робочих органів за корпус, кришку, при підвищеній вібрації та шумі) працювати не дозволяється.

Технологічні місткості закритого типу повинні в першу чергу забезпечувати герметичність. Підтікання є недопустимим фактором, оскільки створює додаткові небезпечності для обслуговуючого персоналу (слизька підлога, підвищена вологість). Зростає імовірність падіння і отримання травм, а також ураження електричним струмом.

Головними вимогами, які слід витраматити при експлуатації молочних сепараторів, є:

- пуск і зупинка машини може проводитись тільки відповідальною за експлуатацію особою, призначеною відповідним наказом або розпорядженням на підприємстві;
- до обслуговування сепараторів допускаються працівники, які мають досвід роботи, пройшли спеціальну підготовку і вивчили інструкцію з експлуатації;
- перед пуском слід перевірити наявність заземлення, надійність кріплення болтових з'єднань, щільність закриття кришок;
- категорично забороняється знімати кришку сепаратора до повної зупинки;
- тарілки після миття слід монтувати суворо у встановленому порядку згідно нанесеної на них нумерації;
- у випадку постійного наростання вібрацій при роботі (входженні сепаратора у зону резонансу) слід відключити подачу електричного струму і негайно покинути приміщення цеху до повної самовільної зупинки сепаратора.

Відкриті місткості слід розміщувати на висоті, яка б унеможлиблювала випадкове падіння у них обслуговуючого персоналу. Рекомендується встановлення захисних огорож.

Перед і після подачі продукту місткість слід обов'язково піддавати миттю.

При експлуатації установок для пастеризації і сушарок суттєву небезпеку становлять ситуації, пов'язані з тепловими опіками. Стандартами передбачається максимально допустима температура поверхонь, які є вільні для дотику, не більша від 50°C. З метою забезпечення нормальних умов праці

пропонується застосовувати теплоізоляцію або кожухи, які б забезпечували відсутність вільних умов дотику до нагрітих поверхонь. Для деяких випадків допускається застосування тканинних рукавиць (ГОСТ 12.4.020–82).

При експлуатації установки для неперервної промивки казеїну-сирцю ЯВ-ОПК та особливу увагу слід звернути на герметичність і відсутність підтікання. Відкриті рухомі частини повинні мати захисні засоби, які забезпечують безпеку при обслуговуванні, виступаючі частини машин, що обертаються закриті гладенькими футлярами; зубчасті шестерні, муфти редукторів закриті з усіх сторін кожухами (щитками).

Перед вмиканням преса необхідно шляхом зовнішнього огляду переконатися в справності усіх його частин, наявності надійного заземлення. Величина опору захисного заземлення повинна бути не більше 4 Ом і підлягає перевірці не рідше одного разу на місяць.

Забороняється замикати контакти електричних блокувань при відкинутому в неробоче положення бункері і знятій конусній насадці.

Для зниження ступеня ураження електричним струмом передбачено окремий вимикач. На протязі всього терміну експлуатації преса необхідно слідкувати за станом ізоляції на струмоведучих елементах мережі та використовуваного заземлення. Останнє діє можливість уникнути ураження електричним струмом при торканні корпусу неізольованих частин. Вибір заземлення вибирається згідно з ГОСТ 12.1.030-81.

Санобробку преса проводити тільки при відключенні його від мережі.

При проведенні робіт із заміни змінних частин (цівки, насадки, витіснювачі), елементів електроприводу і регулювання педалі керування, механізму переключення, датчика кута повороту, механізмів блокування бункера і конусної насадки, електроживлення преса повинне бути відключене за допомогою кнопки "МЕРЕЖА".

До роботи зі пресом допускаються особи, які мають практичні навички в експлуатації й обслуговуванні преса і знаючі відповідні правила мір безпеки.

У разі потреби негайно виключити прес, необхідно натиснути на червоний грибок, що знаходиться на передній панелі над педаллю керування.

Пристрої для пуску і зупинки машин і агрегатів розміщують так, щоб ними можна було користуватися зручно і швидко. Всі частини машин, апаратів, які треба змащувати, мають автоматичні мастильні прилади. Якщо таких приладів немає, а підшипники треба наповнити мастилом під час роботи трансмісій, змащувати їх можна лише при безпечному підході до підшипників, або при допомозі спеціальних трубок і маслянок, виведених у безпечну і зручну зону.

Для фасувального автомата і дробарки характерним із виробничих небезпечних факторів є наявність елементів з підведеним електричним струмом. В зв'язку із загальною сирістю в приміщенні для забезпечення нормальних умов праці слід передбачити дерев'яні підставки для ніг, ретельну ізоляцію електричних з'єднань, а також заземлення відповідно ГОСТ 12.1.030–81 “ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення”.

6.1.2. Санітарно-гігієнічні вимоги до експлуатації цеху з виробництва казеїну

При проектуванні і монтажі нового устаткування треба забезпечити: основні проходи в місцях постійного перебування працюючих шириною не менше 1,5 м; проходи біля віконних прорізів, доступних з рівня підлоги, або площадки - не менше 1 м; проходи для огляду і регулювання апаратів і приладів - не менше 0,8 м; проходи для огляду трубопроводів і апаратів, які не треба регулювати - не менше 0,7 м; ширина проходів між автоматичними і механізованими лініями (по їх осях) і головних проїздів - не менше 2,4 м. Розриви між окремими машинами, верстатами, ємкостями, розміщеними в одному ряду - не менше 0,35 м.

При розміщенні стрічкових, роликових та інших транспортерів треба передбачати проходи між стіною і однією поздовжньою стороною транспортера не менше 0,7 м, а між двома паралельно розміщеними транспортерами - не менше 0,9 м. При цьому з протилежної сторони транспортери при стрічці

завширшки до 60 см можна встановлювати впритул до стіни, а при стрічці завширшки понад 60 см роблять розрив від стіни завширшки не менше 0,4 м; при наявності на транспортерах перекидних візків проходи збільшують з врахуванням виступаючої частини візка.

Експлуатація обладнання, пов'язаного з відкритими дзеркалами технологічних рідин (приймальні місткості, посолочні ванни, ванни тощо) пов'язана з інтенсивним випаровуванням і виділенням теплоти. Одним з найбільш ефективних засобів боротьби з ними є встановлення місцевої вентиляції. До найбільш ефективних прикладів застосування місцевої вентиляції належать повітряні душі. Температури і швидкості руху повітря на постійних робочих місцях, які обслуговуються повітряними душами, слід приймати згідно з СН 245-71, а розрахункові параметри оточуючого повітря – згідно СНіП II-33-76.

Одними з найбільш поширених на переробних підприємствах небезпечних ситуацій є ситуації, пов'язані з використанням обладнання, яке має рухомі елементи (так звані механічні небезпеки). До механічних відносять небезпечності, які можуть виникнути біля любого об'єкту, здатного спричинити травму в результаті неспровокованого контакту об'єкту або його частини з людиною. До таких небезпечних елементів на молокозаводі в першу чергу відносяться ланцюгові та пасові передачі приводу технологічного обладнання, відкриті зубчаті передачі (привід ванниавача), перемішуючі робочі органи (перемішуючі органи ванн, мішалки резервуарів для зберігання молока) тощо. Ситуації, пов'язані з механічними небезпечностями нормуються ГОСТами 12.0.003–74, 12.0.002–80, 12.4.125–83 та ін.

Секції агрегатів повинні мати двері, які легко відчиняються, запобіжні прилади, що запобігають травматизму працівників і забезпечують свободу рухів і дій операторів. Для цього монтуються механізми фотоелектричного блокування, що у випадку виникнення перепон на шляху променя світла не дозволяє ввімкнути привід машини.

Найбільш дієвими в такому випадку запобіжними заходами є створення умов, коли небезпечна частина не є легкодоступною (наприклад, закривається кожухом чи кришкою), а також застосування кінцевих електричних контактних датчиків, які припиняють подачу струму у випадку відкриття або демонтажу запобіжної кришки чи кожуха.

6.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

5.2.1. Оцінка можливої хімічної обстановки на СП «Козівське молокопереробне підприємство «Біопродукт»»

Цивільна оборона України організується за територіально-виробничим принципом на всій території і являє собою сукупність структур державного управління, підприємств, організацій і спеціально створених органів керівництва та сил цивільної оборони. Заходи цивільної оборони проводяться на всій території держави, як правило, заздалегідь, з врахуванням особливостей кожного району. Цивільна оборона організується за територіально-виробничим принципом. Згідно з класифікацією надзвичайних ситуацій, затвердженою постановою Кабінету Міністрів України 15.05.1998 р. №1099 надзвичайні ситуації (НС) на території України поділяються на:

- НС техногенного;
- НС природного;
- НС соціально-політичного;
- НС воєнного характеру.

Крім того, з такою класифікацією добре узгоджується класифікація небезпечних та шкідливих виробничих факторів, встановлена ГОСТ 12.0.003-74.

У більшості випадків техногенні аварії пов'язані з неконтрольованим, мимовільним виходом у навколишнє простір речовини чи енергії. Мимовільне вивільнення енергії приводить до промислових вибухів, а речовини - до вибухів, пожежам і хімічному забрудненню навколишнього середовища.

Вибух - процес швидкого некерованого фізичного чи хімічного перетворення системи, що супроводжується переходом її потенційної енергії в механічну роботу. Механічна робота, чинена при вибуху, обусловлена швидким розширенням газів чи пари. Причиною вибухового процесу можуть лежати як фізичні так і хімічні перетворення.

Фізичний вибух найчастіше зв'язаний з неконтрольованим вивільненням потенційної енергії стиснутих газів із замкнутих обсягів машин і апаратів, сила вибуху стиснутого чи зрідженого газу залежить від внутрішнього тиску цього резервуара.

Параметрами, по яких визначають потужність вибуху, є енергія вибуху і швидкість її виділення. Енергія вибуху визначається фізико-хімічними перетвореннями, що протікають при різних типах вибухів.

У виробничих умовах можливі наступні основні види вибухів: вільний повітряний, наземний, вибух у безпосередній близькості від об'єкта, а також вибух усередині об'єкта (виробничого спорудження).

Суттєву небезпеку становлять пожежі.

Під пожежею розуміють неконтрольований процес горіння, що супроводжується знищенням матеріальних цінностей і створює небезпеку для життя людей. Причиною виникнення пожеж на промислових об'єктах можна розділити на двох груп. Перша - це порушення протипожежного режиму чи необережне поводження з вогнем, друга - порушення пожежної безпеки при проектуванні і будівництві будинків. Пожежі можуть виникнути при вибуху в чи приміщеннях виробничих апаратах при витоках і аварійних викидах пожежовибухонебезпечних середовищ в обсяги виробничих приміщень.

Пожежа є хімічною реакцією між горючими речовинами і киснем повітря (чи іншим видом окисного середовища). Для того щоб виникла пожежа необхідно три компоненти: пальне, кисень і первісне джерело теплоти з енергією, достатньої для початку реакції горіння.

Утворення полум'я пов'язано з газоподібним станом речовини, тому горіння рідких і твердих речовин, що супроводжується виникненням полум'я, припускає їхній попередній перехід у газоподібну фазу.

При пожежах існує кілька різних небезпечних факторів. Перший з них - це підвищені температури в зоні горіння. Вони можуть привести до теплових опіків поверхні шкіри і внутрішніх органів людей, а також викликати втрату несучої здатності будівельних конструкцій будинків і споруджень. Другим фактором є надходження в повітря робочої зони значної кількості шкідливих продуктів згоряння, у більшості випадків, що приводить до гострих отруєнь людей.

На багатьох підприємства для технологічних цілей застосовують шкідливі, у тому числі сильнодіючі отруйні речовини (СДОР). Так, наприклад, часто застосовуються хлор і аміак. Широко застосовуються також луги, кислоти й інші агресивні і сильнодіючі речовини. При аварійних розгерметизаціях ємкостей, устаткування, зі змістом токсичних чи речовин їхнім перевезенням, пов'язані з підвищеним ризиком небезпек, тому що при виході на рудію цих речовин приводить до перевищення гранично припустимої концентрації, що може викликати людські жертви.

У залежності від термодинамічного стану рідини при збереженні в ємності, можливо три варіанти протікання процесу при розгерметизації ємності:

- при великих перегрівах рідина може цілком переходити в зважений і пароподібний стан з утворенням токсичних, шкідливих і пожежовибухонебезпечних сумішей;

- при низьких енергетичних параметрах рідини відбувається спокійний її пролив на тверду поверхню, а випар здійснюється шляхом тепловіддачі від твердої поверхні;

- проміжний режим, коли в початковий момент відбувається різке скипання рідини з утворенням мілкодисперсної фракції, а потім настає режим вільного випару з відносно низькими швидкостями.

Ряд речовин у промислових умовах зберігається і використовується при низьких температурах (криогенних температурах) у рідкому стані. Найбільше часто зустрічаються: рідкий кисень і азот, рідкий водень, гелій і т.д. Ці речовини в загальноприйнятому розумінні не можна назвати отруйними чи токсичними, але надходження їхній в атмосферу у великій кількості може викликати витиснення з її кисню, що також створить визначених розмірів небезпечну зону. Крім того деякі з цих речовин є чи окислювачами пожежовибухонебезпечними речовинами, низькі температури цих речовин можуть привести до додаткових небезпечних факторів, таким як потенційна небезпека опіків поверхні тіла і внутрішніх органів у людей, а також до втрати несучої здатності силових елементів будинків, машин і механізмів за рахунок холодоломкості.

6.2.2. Оцінка хімічної обстановки в осередку ураження, що може виникнути внаслідок викиду аміаку в атмосферу

Вихідні дані для розрахунку:

Внаслідок аварії було зруйновано ємність де знаходилось 3 тони аміаку. Ємність обволонана. Висота обволонки 1м. Ємність знаходиться на території заводу біля компресорної. Вітер під час аварії повернув в бік виробничих цехів, азимут вітру - 315°. На заводі працює 160 чоловік, забезпеченість протигазами - 90%.

Метеорологічні умови: ясно, температура повітря 20°C, швидкість вітру менше 1м/с (інверсія) .пропоную розрахунки в наступному порядку.

Визначаємо еквівалентну кількість аміаку у первинній хмарі за формулою:

$$Q_{e1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot Q_0; (m);$$

де: K_1 - коефіцієнт, що залежить від умов зберігання аміаку, $K_1 = 0,18$;

K_3 - коефіцієнт, що дорівнює відношенню значення вражаючої токсичної дози аміаку до значення вражаючої токсичної дози іншої СДОР; $K_3 = 0,04$;

K_5 - коефіцієнт, що враховує ступінь вертикальної стійкості атмосфери, для інверсії $K_5 = 1$;

K_7 - коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря, для 20°C $K_7 = 1$.

Q_0 - маса розлитого аміаку ($Q_0 = 3\text{т}$).

$$Q_{e1} = 0,18 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3 = 0,022\text{т};$$

Визначимо еквіваленту кількість аміаку у вторинній хмарі:

Тоді:

$$Q_{e2} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot \frac{Q_0}{h \cdot d}, \text{ (т)};$$

де: K_2 - коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей аміаку, ($K_2 = 0,025$) [8];

K_4 - коефіцієнт, що враховує швидкість вітру у приземному шарі, ($K_4=1$) [8];

K_6 - коефіцієнт, що залежить від часу, що пройшов після аварії, ($K_6 = 3,03$)[8].

d - густині аміаку ($d = 0,681 \text{ т/м}^3$) [8];

h - товщина шару рідини, $h = H - 0,2$; де: H - висота обваловування, ($H = 1\text{м}$);

$$h = 1 - 0,2 = 0,8\text{м};$$

Тоді:

$$Q_{e2} = (1 - 0,18) \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3,03 \cdot \frac{3}{0,8 \cdot 0,681} = 0,013\text{т};$$

Із таблиці Д1[8] глибина зони зараження первинною хмарою дорівнює $1,25\text{км}$, тобто $r_1 = 1,25\text{км}$.

Із таблиці Д1 знаходимо глибину зони зараження вторинною хмарою $r_2 = 1,25\text{км}$.

Повна глибина зони зараження r :

$$r = r_2 + 0,5r_1 = 1,25 + 1,25 \cdot 0,5 = 1,8\text{км};$$

Визначаємо площу зони хімічного зараження:

$$S = \frac{\pi \cdot r^2}{n} = \frac{3,14 \cdot 1,8^2}{1} = 10,2\text{км}^2;$$

де: n - коефіцієнт, що залежить від швидкості вітру (при $V < 1$ м/с, $n=1$) [8].

Визначаємо час розповсюдження хмари зараженого повітря по території заводу:

$$t = \frac{x}{V} = \frac{0,1}{5} = 0,02 \text{ год} = 72 \text{ сек};$$

де: x - відстань від джерела зараження до заданого об'єкту. В нашому випадку це відстань від компресорної станції до промислово-виробничого цеху:
 $x = 0,1$ км;

V - швидкість переміщення по переднього фронту зараженої хмари, для інверсії $V = 5$ км/год.

Визначаємо тривалість урожаючої дії аміаку. Тривалість урожаючої дії аміаку залежить від часу її випаровування у площі розливу:

$$П_1 = \frac{90 \cdot 9}{100} = 9 \text{ чол};$$

$$T = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7} = \frac{0,8 \cdot 0,681}{0,025 \cdot 1 \cdot 1} = 21,7 \text{ год};$$

із них смертельні: $80,35 = 3$ чол;

середнього і важкого ступеня: $80,4 = 4$ чол; легкого ступеня: $80,25 = 2$ чол;

Таким чином, за результатами розрахунків маємо:

Глибина зони зараження становить до 1,8 км.

Через 72 сек хмара зараженого повітря з вражаючого концентрацією підійде до виробничих цехів.

Таблиця 6.1 - Результати оцінки хімічної обстановки.

Джерело забруднення	Тип СДОР	Кількість СДОР, т	Глибина зони зараження, км	Площа зони зараження, км ²	Площа осередку зараження, км ²	Втрати від СДОР, чол.	Примітки
Зруйновано ємність	Аміак	3	1.8	10,2		9	

Тривалість вражаючої дії аміаку в зоні зараження - до 22 год.

Визначаємо можливі витрати n1 виробничого персоналу в осередку ураження (табл.. Д7 [8]).

При ліквідації аварії з виливом аміаку пропоную користуватися :

Ізолюючими протигазами; ІЛ-4, ІЛ-5.

Фільтруючими промисловими протигазами з фільтруючими коробками великого габариту марки КД (коробка сірого кольору).

Термін захисної дії протигазу при концентрації 2,3 мг/л без фільтру - 240хв, з фільтром і індексом "В" - 120хв.

Респіратори ГРПР-67 з патроном КД при концентрації пари аміаку в повітрі не більше 10-15 ГПК 0,2 - 0,3 мг/л.

Для захисту шкіри пропоную використовувати захисний одяг, гумові чоботи, рукавиці. Ліквідація наслідків аварії з виливом аміаку передбачає своєчасне (негайне) сповіщення виробничого персоналу і населення, яким загрожує небезпека. Із зони аварії необхідно вивести сторонніх, на її території треба бути лише у засобах захисту. Необхідно усунути джерела відкритого вогню й почати усунення витікання або перекочування аміаку. Не допускати надходження аміаку у водоймище, тунелі, підвали, каналізацію.

Якщо виникла пожежа то необхідно прибрати із зони пожежі все, що можливо і дати догоріти, треба охолоджувати ємності водою і гасити пожежу піском, водою з максимальної відстані.

Для зменшення глибини зони зараження пропоную використовувати водяні завіси. За допомогою пожежних гідрантів, та поливальних шлангів.

Перша допомога при ураженні аміаком - вивести потерпілого на свіже повітря, надати спокій, промити очі, шкіру, слизові оболонки

водою, або 2% розчином борної кислоти. В очі закапати 2-3 краплі альбуциду, провести інгаляцію киснем або теплою водяною парою. Якщо аміак потрапляє всередину організму, то він спричиняє блювоту і пронос. В цьому разі необхідно промити шлунок водою, підкисленою оцетом, випити склянку молока, лимонного соку або олії.

6.2.3. Вибір технічних засобів запобігання техногенних аварій на СП «Козівське молокопереробне підприємство «Біопродукт»»

5.2.3.1. Засоби вибухозахисту герметичних систем

Будь-яке устаткування підвищеного тиску повинне бути укомплектовано системами вибухозахисту, що припускають:

- застосування устаткування, розрахованого на тиск вибуху;
- застосування гідрозатворів, вогнезагороджувачів, інертних чи парових завіс;
- захист апаратів від руйнування при вибуху за допомогою пристроїв аварійного скидання тиску (запобіжні мембрани і клапани, швидкодіючі засувки, зворотні клапани і т.д.).

Вибухозахист систем підвищеного тиску досягається також організаційно-технічними заходами; розробкою інструктивних матеріалів, регламентів, норм і правил ведення технологічних процесів; організацією навчання й інструктажу обслуговуючого персоналу; контролем і наглядом за дотриманням норм технологічного режиму, правил і норм техніки безпеки, промисловій санітарії і пожежній безпеці і т.п.

Трубопроводи. Для того щоб зовнішній вигляд трубопроводу вказував на властивості середовища, що транспортується, уведене їх пізнавальне (сигнальне) фарбування (ДСТ 1402-69). Наприклад: вода - зелений, повітря - синій, луку - фіолетові і т.д.

Для позначення виду небезпеки речовини, що транспортується по трубопроводу, на його поверхню додатково наносять сигнальні кільця. Їхнє число визначається ступенем небезпеки. Кільця передбачені: червоного кольору - для вибухонебезпечних; зеленого кольору - для безпечних і нейтральних речовин; жовтого кольору - для токсичних речовин, а також глибокого вакууму, високого тиску.

Усі трубопроводи після монтажу і періодично в процесі експлуатації піддаються гідравлічним іспитам на міцність при спробному тиску на 25% перевищуючому робоче, але не менш 0,2 Мпа.

Запобіжні пристрої. Кожна судина чи ємність повинна додатково бути постачений пристроєм від підвищення тиску вище припустимого. Як запобіжні пристрої застосовуються:

1) запобіжні мембрани - гранична простота їхньої конструкції характеризує їх як самі надійні з всіх існуючих засобів вибухозахисту, крім того вони практично не мають обмежень по пропускній здатності. Хоча в них є свої істотні недоліки, що після спрацьовування устаткування, що захищається, залишається відкритим, що приводить до зупинки устаткування і викиду в атмосферу вмісту апарата;

2) вибухові клапани - використання їх на технологічному устаткуванні дає можливість усунення негативних наслідків, тому що після спрацьовування і скидання необхідної кількості газу через вибуховий клапан його отвір знову закривається, забезпечуючи тим самим тривалість роботи устаткування. До їхнього недоліку варто віднести велику інерційність у порівнянні з мембранами, значну складність конструкції, а також недостатню герметичність;

3) пружинні запобіжні клапани є самими розповсюдженими в даний час засобом захисту технологічного устаткування від вибуху. Однак і вони мають ряд істотних недоліків, в основному через велику інерційність як вантажних, так і пружинних конструкцій клапанів.

6.2.3.2. Пожежний захист виробничих об'єктів

Автоматична пожежна сигналізація є важливою мірою запобігання великих пожеж, тому що час між виникнення пожежі і приїзду пожежної бригади проходить значно багато, що в більшості випадків приводить до повного охоплення полум'ям приміщення. Основна задача автоматичної пожежної сигналізації - виявлення початкової стадії пожежі, передача повідомлення про

місце і час его виникнення і при необхідності включення автоматичних систем пожежегасіння і димовидалення.

Функціонально автоматична пожежна сигналізація складається з приймально-контрольної станції, що через сигнальні лінії з'єднана з пожежними сповіщувачами. Задача сигнальних сповіщувачів є перетворення різних проявів пожежі в електричні сигнали.

Швидкість спрацьовування автоматичної пожежної сигналізації в основному визначається швидкістю спрацьовування первинних сповіщувачів. В даний час найбільш часто використовуються теплові, димові, світлові і звукові пожежні сповіщувачі.

Запобігання розвитку пожежі залежить не тільки від швидкості его виявлення, але і від вибору засобів і способів пожежегасіння.

Вибір засобів і способів пожежегасіння. Для придушення процесу горіння можна знижувати вміст пального компонента, окислювача (кисню повітря), знижувати температуру чи процесу збільшити енергію активації реакції горіння. Відповідно до цього в даний час при гасінні пожеж використовують один з наступних основних способів:

- ізоляцію вогнища горіння від чи повітря зниження шляхом розведення повітря непальними газами, концентрації кисню в повітрі до значення, при якому не може відбуватися процес горіння;

- охолодження вогнища горіння нижче визначених температур (температур самозапалювання, запалення і спалахи пальних речовин і матеріалів);

- інтенсивне інгібування (гальмування) швидкість хімічної реакції окислювання;

- механічний зрив полум'я в результаті впливу на нього сильного струменя чи газу рідини;

- створення умов вогнезагородження, при яких полум'я змушене поширюватися через вузькі канали.

Для реалізації перерахованих способів гасіння пожеж використовують різні вогнегасячі речовини. До них відносяться в першу чергу вода найдешевший і доступний матеріал, пісок, пожежні щити з устаткуванням, вогнегасники є одним з найбільш ефективних первинних засобів пожежегасіння, інертні розріджувачі застосовуються для об'ємного гасіння, останнім часом для гасіння пожеж усе більш широко застосовують вогнегасячі порошки.

Багато хто вогнегасячі речовини, застосовувані в автоматичних системах пожежегасіння, ушкоджують технологічні установки. Тому вибір типу вогнегасячої речовини повинний визначатися не тільки швидкістю і якістю гасіння пожежі, але і необхідністю забезпечити мінімальне сумарне ушкодження, що може бути заподіяно будинку й устаткуванню.

Висновки. Для уникнення і мінімізації важких наслідків надзвичайних ситуацій надзвичайно важливим є забезпечення заходів з інженерного захисту від можливих негативних чинників.

Загальні висновки.

В результаті проведення дослідження двостадійного зневоднення казеїну з використанням вібраційної сушарки типу ZLG4 -0,3 прод. 300кг/год можна зробити наступні висновки:

Запропонована технологічна схема виробництва казеїну з використанням декантора для механічного зневоднення та подальшого сушіння казеїну на вібраційній конвективній сушарці дозволяє зменшити втрати білку із сироваткою та зменшити теплові втрати на 45 %.

При використанні декантора для механічного зневоднення казеїну зменшується розмір частинок казеїну сирцю та їх вологість, що зменшує гідравлічний опір проходженню повітря через шар продукту.

При використанні сушарки віброкип'ячого шару тиск, який створюється нагнітальним вентилятором визначається тільки гідравлічним опором цілої установки без напору для створення псевдо кип'ячого шару.

Проведені розрахунки вібросушарки сушіння казеїну типу ZLG4 -0,3 прод. 300кг/год.

Встановлена залежність амплітуди коливань сушильної установки типу ZLG4 -0,3 від кутової швидкості обертання валу дебалансу . Встановлено, що при швидкості 46-48 рад /с амплітуда приймає лінійний характер і рівна 280 мм/с, що можна рекомендувати для експлуатаційного режиму роботи.

Підвищення температури сушильного агенту сприяє пришвидшенню вологовиділення, збільшення температури вище 110°C не дає суттєвих результатів. Тобто, температура повітря вище 110 °C є не доцільною з точки зору енерговитрат на процес зневоднення.

Найбільш інтенсивне вологовиділення із казеїну – сирцю відбувається при віброприскоренні $a = 20-22,5 \text{ м/с}^2$, після чого залишається на рівні. Отже, віброприскорення вище цього значення не сприяє зниженню рівня вологи.

Для уникнення і мінімізації важких наслідків надзвичайних ситуацій надзвичайно важливим є забезпечення заходів з інженерного захисту від можливих негативних чинників.

Перелік посилань

1. Вукалович М. П. Термодинамика / М. П. Вукалович, И. Я. Новиков. – М. : Машиностроение, 1972. – 270 с.
2. Грановский В. А. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях / В. А. Грановский, Т. Н. Сирая. – Л. : Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. –173 с
3. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки продуктов / А.С.Гинзбург. – М.: Пищ. пром-сть, 1973. –527 с.
4. Корн Г. А. Справочник по математике для научных работников и инженеров : пер. с англ. / Г. А. Корн, Т. М. Корн. – М. : Наука, 1977. – 831 с.
5. Конвективне сушіння неоднорідних сільськогосподарських матеріалів / В. Ф. Дідух // Зб. наук. праць. – К.: Видавництво НАУ. - 2000. – Т. IX. – С. 8 – 11. 88. Кречетов И. В. Сушка древесины / И. В.
6. Лыков А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. – М. : Энергия, 1968. – 470 с.
7. Лыков А. В. Теория теплопроводности. – М. : Высш. шк., 1967. – 599 с.
8. Лыков А. В. Тепломассообмен : справочник / А. В. Лыков – М. : Энергия, 1978. –480с.
9. Науково-методологічні аспекти енергозбереження у харчових технологіях / О. Г. Бурдо, В. Г. Терзієв, О. В. Зиков, С. Гайда // Вісник Державного університету “Львівська політехніка” : Проблеми економії енергії. – 1999. - № 2. – С. 25-28.
- 10.Борисюк В. Сушіння молока в апаратах контактного типу / В. Борисюк В, В.Головач// Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей V Міжнародній студентській науково - технічній конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання". 28-29 квітня 2022 р./ М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ТНТУ, 2022. – С. 92.

11. Озарків І. М. Основи аеродинаміки і тепломасообміну: навч. посіб. / І. М. Озарків, Л. Я. Сорока, Ю. І. Грицюк. – К. : ІЗМН, 1997. – 280 с.
- 12.. Оптимальный режим сушки на основе математического моделирования / Г. И. Хараев, Т. И. Котова, Ю. А. Комиссаров, Г. И. Хантургаева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 9. – С. 28–30.
13. Haraev, G.I., Kotova, T.I., Komissarov, Yu.A., Hanturgaeva G.I. (2007), "Optimal drying on the basis of mathematical modeling" ["Optimalnyiye rezhim sushki na osnove matematicheskogo modelirovaniya"], Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya, p. 28-30.
14. Ребиндер П. А. О формах связи с материалами в процессе сушки / П. А. Ребиндер // Всесоюзное научно-техническое совещание по сушке. – М. : Профиздат, 1958. – 286 с.
15. Лавриненко Н. М. Аналитическое исследование сушки плодов кизила в псевдосжиженном слое / Н. М. Лавриненко, А. М. Поперечный, Н. М. Варварина / Одеська нац. акад. харчових технологій. – Одеса, 2006. – С.194–198.
16. Моделювання процесу сушіння окремої зернини пивної дробини в киплячому шарі продукту / Н. М. Лавріненко, В. О. Сукманов, Г. І. Русланов, О. В. Гура // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2006. – № 10 (104). – С. 123–130.
17. Озарків І. М. Основи аеродинаміки і тепломасообміну: навч. посіб. / І. М. Озарків, Л. Я. Сорока, Ю. І. Грицюк. – К. : ІЗМН, 1997. – 280 с

Міністерство освіти і науки України,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет в Кошице (Словаччина)
Каунаський технологічний університет (Литва)
Львівський національний університет
імені Івана Франка,
Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця (Польща)
Луцький національний технічний університет,
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича,
Вроцлавський економічний університет (Польща)
Університет технологій та економіки
імені Хелени Ходковської (Польща)
Донбаська державна машинобудівна академія



Студентське наукове товариство



V МІЖНАРОДНА
студентська науково - технічна конференція
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ
НАУКИ.

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"

28-29 квітня 2022 р.

(збірник тез конференції)

Тернопіль 2022

УДК 664

Борисюк В., Головач В. – ст. гр. МОМ-51

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

СУШІННЯ МОЛОКА В АПАРАТАХ КОНТАКТНОГО ТИПУ

Науковий керівник к.т.н., доц. Шинкарик М.М.

Borysiuk V., Holovach V.

Ternopil Ivan Poluj National Technical Universite

MILK DRYNG IN CONTACT TYPE APPLIANCES

Ключові слова: сушіння, молоко, подача повітря

Keywords: dryng, milk, air supply

Основний принцип сушіння молока в апаратах контактного типу полягає підведенні енергії до продукту при безпосередньому контакті з робочим середовищем. Молоко в сушарку поступає попередньо згущене до 45% сухих речовин. В даному випадку поверхню нагрівання є безпосередньо поверхня краплин. Теплообмін відбувається в пустотілій контактній камері (башті сушарки) на поверхні багаточисельних крапель, які утворюються при подачі рідини через розпилювальні диски або форсунки при достатньо розвинутій поверхні теплообміну. При цьому рух робочого середовища (повітря) може бути прямотечійним, протитечійним чи перехресним. Якщо розглядати процес теплообміну як масообмінний процес, який проходить при підведенні теплоти, то з точки зору процесу теплообміну ефективнішим є протитечійна схема руху продукту і робочого середовища. В даному випадку спостерігається максимальний середній температурний перепад між краплиною і повітрям і, в такому випадку, можна забезпечити меншу температуру на виході повітря із сушарки. Дрібні краплини молока, які забираються повітрям можуть зустрічатися з вологими краплинами і утворювати агломерати і повертатися назад у башту сушарки. Недоліком є те, що майже сухі краплини молока піддаються значному перегріванню повітрям, яке подається в башту при температурі 180 – 200° С. Тому в сушарках використовують прямотечійний або комбінований рух повітря.

При прямотечійному русі повітря подається тангенціально до циліндричної поверхні башти набуває руху по спіралі по висоті башти, захоплюючи краплини молока, які також рухаються по спіралі. При максимальній температурі повітря краплини містять багато вологи і основна кількість підведеної теплоти витрачається на її випаровування – перегрівання продукту не відбувається. Частину повітря подають зверху для охолодження розпилювального диску. Сушіння продукту проходить біля стінок башти при високій концентрації молока, а центральна частина башти не використовується, може також спостерігатися прилипання молока до стінок через високу адгезійну здатність частково висушеного молока. Висока концентрація молока в конусі може призвести до його часткового комування. При прямотечійній подачі повітря в центр башти передбачають його реверс з відведенням його з максимального радіусу башти у верхній частині. В такому випадку сушіння продукту проходить в центрі. Відділення висушеного молока від повітря відбувається в результаті зміни напрямку руху, одночасно з цим мінімальна кількість молока може потрапляти на стінки і прилипати. Реверсне повітря також охолоджує поверхню башти.

Лотоцький Ю. ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	73
Shadrack Omosebi Oreofe USE OF PROCAST COMPUTER SYSTEM IN FOUNDRY PROCESSES OF INVESTMENT CASTING	74
Пітух А. ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ КАНАТА ПІДЙІМАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ ПРИ ВІДРИВАННІ ВАНТАЖУ ВІД ЖОРСТКОЇ ОСНОВИ	76
Редьква Р. РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДСИЛЕННЯ СТИСНУТИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ	77
Савіцький Д., Замостний В. ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ 3D МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ В ОБ'ЄКТАХ ГАЛУЗЕВОГО МАШИНОБУДУВАННЯ	79
Савчук О., Фік М. РОЗВИТОК ХАРЧОВОГО МАШИНОБУДУВАННЯ – ОДИН З ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ	82
Сарабун С. ТРИБОЛОГІЯ КОНТАКТУ. САМООРГАНІЗАЦІЯ ДИСИПАТИВНИХ СТРУКТУР	84
Сметанкін С., Сапронова А., Палагній В. ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ ТРИВКОСТІ ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИТІВ У ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ	86
Сапронов О., Воробйов П., Соценко В. ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ ТРИВКОСТІ ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИТІВ У ПРИРОДНИХ УМОВАХ	88
Tanoe Ezekiel SIMULATION OF STRESS-DEFORMED STATE OF CASTING DURING CRYSTALLIZATION	90
Борисюк В., Головач В. СУШІННЯ МОЛОКА В АПАРАТАХ КОНТАКТНОГО ТИПУ	92
Кобзар І., Криворучко О. ЗНОШУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ОБЛАДНАННЯ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	93
Кравченко Р., Фік М. ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	94