

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)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Модернізація сепаратора MSE 100-01-177 з дослідженням впливу технологічних і конструктивних параметрів на процес розділення молока

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи МОНм-61
спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

Василько М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Зварич Н.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Ворощук В.Я
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Вітенько Т.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2021

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри обладнання харчових технологій

_____ д.т.н., проф. Вітенько Т.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« _____ » 2021 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(Назва освітнього ступеня)

за спеціальністю

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

студенту

Васильку Мечиславу Олександровичу

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

1. Тема роботи

Модернізація сепаратора MSE 100-01-177 з дослідженням впливу

технологічних і конструктивних параметрів на процес розділення молока

Керівник роботи

ЗВАРИЧ НАТАЛЯ МИКОЛАЇВНА

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

Затверджені наказом по університету від 04.03.21 року № 4/7-175

2. Термін подання студентом завершеної роботи 15 травня 2021р.

3. Вихідні дані до роботи Паспорт: сепаратор MSE 100-01-177, продуктивність по молоку 15000л/год., сировина – цільне молоко.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Аналіз сучасного стану ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВІДЦЕНТРОВОГО РОЗДІЛЕННЯ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ МОЛОКА. 2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ. 3. ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ Й ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПО КОНСТРУКЦІЇ СЕПАРАТОРА MSE 100-01-177. 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВІДДІЛЕННЯ ВЕРШКІВ У СЕПАРАТОРІ MSE 100-01-177. 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ. ВИСНОВКИ. ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.

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

Сепаратор марки MSE 100-01-177. Вигляд загальний. Ф.А1. Вузол барабана сепаратора MSE 100-01-177. Складальне креслення. Ф.А1. Вузол шпінделя сепаратора MSE 100-01-177. Складальне креслення. Ф.А1 Плакати (слайди): Поділ молока на фракції в сепараторі. Фактори, що впливають на виробництво та якість молока. Фактори, що впливають на переробку молока. Математичне представлення процесу відділення вершків в сепараторі. Визначення критичних розмірів частинок молочного жиру. Встановлення оптимальних відстаней між тарілками. Турбулізація потоку при обробці в сепараторі

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кравець О.І., доц. каф ОХ,		
Нормоконтроль	Стадник І.Я., проф. каф. ОХ		
	Ворошук В.А, доц. каф.ОХ		

7. Дата видачі _____ року
завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	<i>Вступ.</i>	15.03.2021	
1.	<i>Аналіз сучасного стану технології та обладнання для відцентрового розділення при переробці молока</i>		
2.	<i>Методи та методика досліджень.</i>	10.4.2021	
3.	<i>Проектно-технологічні й технічні рішення по конструкції сепаратора MSE 100-01-177</i>	15.04.2021	
4	<i>Дослідження процесу відділення вершків у сепараторі MSE 100-01-177.</i>	05.05.2021	
5	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.</i>	10.05.2021	
	<i>Висновки. Перелік посилань</i>	15.05.2021	
	Графічна частина		
1.	<i>Сепаратор марки MSE 100-01-177. ВЗ. Ф.А1</i>	25.03.2021	
2.	<i>Вузол барабана сепаратора MSE 100-01-177</i>		
	<i>Складальне креслення. Ф.А1.</i>	01.04.2021	
3.	<i>Вузол шпінделя сепаратора MSE 100-01-177. Складальне креслення. Ф.А1</i>	10.05.2021	
4	<i>Плакати (слайди):</i>	10.05.2021	
	<i>1. Поділ молока на фракції в сепараторі.</i>	10.05.2021	
	<i>2. Фактори, що впливають на виробництво та якість молока</i>		
	<i>3. Фактори, що впливають на переробку молока.</i>		
	<i>4. Математичне представлення процесу відділення вершків в сепараторі.</i>		
	<i>5. Визначення критичних розмірів частинок молочного жиру</i>		
	<i>6. Встановлення оптимальних відстаней між тарілками.</i>		
	<i>7. Турбулізація потоку при обробці в сепараторі</i>		

Студент

Василько М.О.

Керівник проекту (роботи)

Зварич Н.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Василько М. О. Модернізація сепаратора MSE 100-01-177 з дослідженням впливу технологічних і конструктивних параметрів на процес розділення молока. 133 «Галузеве машинобудування». - Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. - Тернопіль, 2021

В кваліфікаційній роботі досліджено вплив технологічних і конструктивних параметрів на процес розділення молока на сепараторі MSE 100-01-177 та запропоновано заходи з модернізації.

Ключові слова: процес сепарації молока, переробка молока

Vasylo M. O. The separator 100-01-177 retrofit including the study the effect of technological and design parameters on the process of milk separation. 133 “Industrial Machinery Engineering” – Ternopil Ivan Puluj National Technical University.-Ternopil, 2021.

The impact of the separator' technological and design parameters on the process of milk separation was researched and modernization measures are suggested.

Keywords: process of milk separation, milk processing

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	4
ЗМІСТ	5
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	9
1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВІДЦЕНТРОВОГО РОЗДІЛЕННЯ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ МОЛОКА	11
1.1. Аналіз сучасних технологічних процесів виробництва молока ..	11
1.2. Аналіз особливостей конструкцій та роботи сепараторів для переробки молока	15
1.3. Аналіз та короткий опис об'єкту дослідження.....	24
1.4. Актуальність, мета та завдання кваліфікаційної роботи.....	27
2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	28
2.1. Обґрунтування методів і засобів досліджень	28
2.2. Алгоритм і методики проведення дослідження в роботі	29
2.3. Методи аналізу похибок досліджень.....	30
3. ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ Й ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПО КОНСТРУКЦІЇ СЕПАРАТОРА MSE 100-01-177	31
3.1. Розрахунок продуктивності сепаратора MSE 100-01-177.....	31
3.2. Визначення напору сепаратора MSE 100-01-177	32
3.4. Розрахунок отвору для відведення вершків	33
3.5. Визначення потужності на валу сепаратора MSE 100-01-177.....	35
3.6. Структурний аналіз конструкції сепаратора MSE 100-01-177. ...	38
3. 7. Кінематичний розрахунок сепаратора марки MSE 100-01-177 ..	39
3.8. Розрахунок корпусу ротора сепаратора MSE 100-01-177	40
3.9. Розрахунок кришки ротора сепаратора MSE 100-01-177.....	43
3.10. Розрахунок кришки ротора сепаратора MSE 100-01-177.....	45
3.11. Особливості експлуатації сепаратора марки MSE 100-01-177 ..	49

4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИДІЛЕННЯ ВЕРШКІВ У СЕПАРАТОРІ MSE 100-01-077.....	50
4.1. Фактори, що впливають на отримання вершків з молока.....	50
4.2. Дослідження впливу температури на процес відцентрового розділення молока.....	54
4.4. Встановлення граничних розмірів відсепарованих частинок.....	61
4.5. Аналіз результатів зміни розмірів відсепарованих частинок.....	63
4.6. Встановлення рекомендованої відстані між тарілками сепаратора MSE 100-01-077.....	65
4.7. Турбулізація потоку рідини при відцентровій обробці продукту.....	68
4.8. Конструктивні параметри тарілок.....	70
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	72
5.1. Охорона праці.....	72
5.1.1. Вимоги пожежної безпеки до утримання будівель, споруд, приміщень молокопереробних підприємств.....	72
5.1.2. Заходи безпеки при експлуатації сепаратора марки MSE 100-01-177.....	74
5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	77
5.2.1. Оцінка стійкості роботи харчових підприємств в надзвичайних ситуаціях.....	77
5.2.2. Знезараження продовольчих та непродовольчих товарів.....	79
ВИСНОВКИ.....	81
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	82
ДОДАТКИ	
СПЕЦИФІКАЦІЇ	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

БС – барабан сепаратора;

ВВ – вертикальний вал (веретено);

ЕД – електродвигун;

ЗК – зубчате колесо;

ЗМ – знежирене молоко;

КЧО – критична частота обертання;

МЗ – міжтарілковий зазор;

ПВП – приймально-вивідний пристрій;

ПМ – привідний механізм;

ПУ – пульт управління;

РЧО – робоча частота обертання;

СВВ – сепаратор-вершковідділювач;

СМО - сепаратор-молокоочищувач;

СП – сепаруючий пристрій;

ТТ – тарілко тримач;

ФВМ – фрикційно-відцентрова муфта;

a - відстань від осі потоку до розглянутої точки;

b - відстань від поверхні тарілки до осі потоку, рівне половині відстані між тарілками, м;

d_1 - діаметр частинки, м;

h - відстань між тарілками;

k - постійна по Стоксу,

m - витрата рідини в одному міжтарілковому проміжку;

n - число оборотів ротора в секунду;

r_1 - радіус частинок, які досягли поверхні тарілки;

r_2 - граничний розмір частки, утримуються на поверхні тарілок;

R - радіус, на якому знаходиться частинка, м;

R_m – максимальний радіус тарілки, м;

R_g - мінімальний радіус тарілки в зоні розділення, м;

v - швидкість руху частки в середовищі під дією відцентрової сили, м/с;

v_x - швидкість потоку в будь-якій точці перетину, м/с;

v_{\max} - максимальна швидкість на осі потоку в м / с;

v_c - швидкість Стокса;

t – час перебування рідини між тарілками, с;

S - відстань між тарілками в радіальному напрямку, м;

Q - продуктивність сепаратора (кількість рідини, що поступає в ротор), м³/с.;

Z - кількість міжтарілкових проміжків (тарілок);

α - кут нахилу твірної конуса тарілки;

δ - відстань між тарілками по вертикалі, м;

φ - об'ємне відношення легшої фракції до важчої;

μ - коефіцієнт динамічної в'язкості середовища в кг / (м·с);

ρ_1 - густина середовища, кг/м³;

ρ_2 - густина частинки, кг/м;

ω - кутова швидкість ротора.

ВСТУП

Забезпечення повноцінною та здоровою їжею завжди було і є однією із самих важливих проблем, що стоять перед людством. Для нашої держави основним напрямом в забезпеченні здоров'я населення вважається безпечне харчування. Молочні продукти в харчуванні населення займають особливе значення, оскільки містять необхідні для організму людини сполуки і вживаються різними групами населення: від дітей до людей похилого віку.

У виробництві молочних продуктів сьогодні широко використовуються сепаратори для: сепарації теплого молока, сепарації холодного молока, сепарації сироватки, сепарація склотин, очищення молока та сироватки, нормалізації молока, видалення бактерій з молока і молочних продуктів. Вони використовуються також при переробці певних продуктів, таких як: сир (м'який сир), подвійний вершковий сир, молочний жир, суха знежирена сироватка, для оптимізації виробництва лактози.

Відділення окремих фракцій, таких як жир і білки вже неможливо без допомоги спеціально розроблених сепараторів. У всіх сепараторах реалізується сучасний підхід до конструювання центрифуг. Вони можуть працювати в безперервному режимі, забезпечуючи найвищий рівень безпеки та ефективності виробництва.

Постійна раціоналізація і автоматизація молочних підприємств змушують інженерів модернізувати старі процеси і розробляти нові. Додаткове технічне удосконалення сепараторів дає можливість модернізувати процес відповідно до сучасних економічних вимог. Сучасні сепараційні установки, що містять системи безрозбірного миття можуть експлуатуватися 24 години на добу.

Мета роботи: Встановлення впливу технологічних і конструктивних параметрів на процес розділення молока на сепараторі MSE 100-01-177 та розроблення заходів по його модернізації

Об'єкт дослідження: процес розділення молока у полі відцентрових сил.

Предмет дослідження: розділення молока у сепараторі MSE 100-01-177.

Методи дослідження: аналіз процесу розділення, синтез впливу різних параметрів на процес, математичного моделювання, аналогія, ідеалізація, порівняння впливу різних факторів.

Наукова новизна: встановлено вплив технологічних і конструктивних параметрів на процес сепарування молока у відцентровому сепараторі, отримано емпіричні рівняння для визначення залежностей густини та динамічної в'язкості деяких молочних продуктів від температури, отримано графічні залежності мінімального та максимального радіусів відсепарованих частинок молочного жиру від температури, мінімального радіуса відсепарованих частинок від кількості обертів ротора, графічні залежності рекомендованих зазорів між тарілками сепаратора та радіуса розміщення отворів на тарілках сепаратора MSE 100-01-177

Практична цінність: отримані рівняння та графіки дозволять забезпечити якість обробки молока в сепараторі MSE 100-01-177. Результати кваліфікаційної роботи можуть бути використані при аналізі процесів відцентрового сепарування в різних галузях, де використовується аналогічне обладнання.

Кваліфікаційна робота складається з текстової частини, що представлена на 82 аркушах формату А4, таблиць __, рисунків __.

Графічна частина представлена на 8 аркушах формату А1.

1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВІДЦЕНТРОВОГО РОЗДІЛЕННЯ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ МОЛОКА

1.1. Аналіз сучасних технологічних процесів виробництва молока

Технологічна схема сучасної лінії переробки молока показана на рис.

1.1.

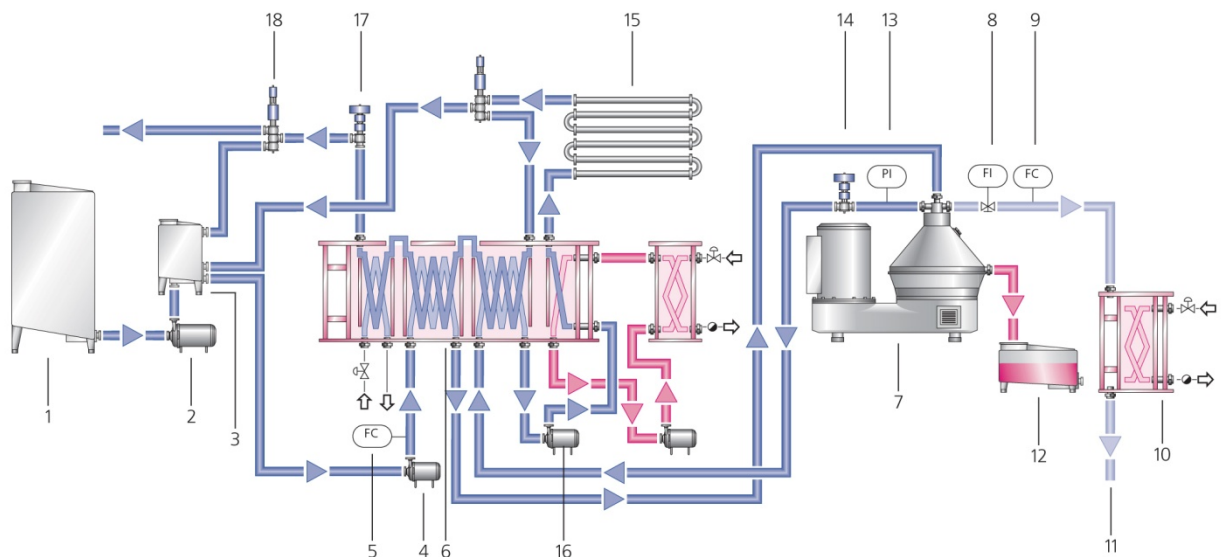


Рисунок 1. 1. - Технологічна схема лінії переробки молока:

1. – накопичувальний танк, 2. – насос, 3 – буферний бак, 4. – живильний насос, 5. – обмежувач потоку, 6. – пластинчастий теплообмінник, 7. – молочний сепаратор, 8. – витратомір, 9. – регульований обмежувач потоку, 10. – нагрівач / охолоджувач вершків, 11. – пропускний клапан, 12. – бак для осаду, 13. – лінія до танка для вершків, 14. – манометр, 15. – тепловий витримував, 16. – буферний насос, 17. – клапан тиску, 18. – пропускний клапан

Основними етапами технологічних процесів переробки молока є: первинна обробка молока, механічна обробка молока, охолодження, розділення молока на фракції, пастеризація, та інші.

Первинна обробка молока застосовується, щоб зберегти природні властивості молока перед його переробкою. Завдяки наявності таких бактерицидних речовин, як лактелин-1, лактенин-2, лізоцим і поверхнево-

активний лецитин, які затримують розвиток бактерій, свіжовидоєне молоко має бактерицидні властивості. Бактерицидні речовини термолабільні і при нагріванні втрачають свої властивості протягом однієї години при 55°C або протягом 20 хвилин при 70°C. Тривалість періоду, протягом якого в молоці не розмножуються бактерії, (бактерицидної фази) залежить від кількості бактерій у молоці, температури його зберігання, індивідуальних властивостей тварин, може становити від 2 годин (37°C) до 48 (0°C).

Для очищення молока, що надходить на молочні підприємства, від домішок здійснюється його механічна обробка за допомогою відцентрових фільтрів або молокоочищувачів. Найбільш ефективним методом очищення молока від зважених механічних домішок є використання відцентрової сили, яке здійснюється у сепараторах-очисниках.

Швидке охолодження молока до низької температури здійснюють за допомогою охолоджувачів, ванн і танків. Охолоджувачі працюють за принципом теплообміну між молоком та холодоагентом і бувають зрешувальні й пластинчасті. Охолоджене молоко зберігають за низьких температур протягом певного часу: 6 год. при 10 °C, 12 — 8 °C, 24 год. — 5 °C . Транспортують молоко за допомогою автомобільних молочних цистерн, які дозволяють підтримувати низьку температуру молока, полегшує процеси завантаження, розвантаження, миття, дезінфекції обладнання.

Пастеризація. Залежно від виду і властивостей харчової сировини використовують різні режими пастеризації. Розрізняють тривалу (при температурі 63-65°C протягом 30-40 хв), коротку (при температурі 85-90 ° C протягом 0,5-1 хв) і миттєву пастеризацію (при температурі 98 ° C протягом декількох секунд).

Пастеризацією без помітної зміни органолептичних властивостей молока знищуються туберкульозні, бруцельозні та інші хвороботворні бактерії. Молоко пастеризують також при виробництві всіх молочних продуктів, щоб уникнути небажаних процесів, викликаних життєдіяльністю бактерій. Застосовуються три режими пастеризації: при тривалій пастеризації

молоко нагрівають до 63-65 ° С і витримують при цій температурі 30 хв; короткочасна пастеризація проводиться при 72-75 ° С з витримкою протягом 15-20 с, що здійснюється в потоці; миттєва пастеризація - нагрівання молока до температури 85-90 ° С без витримки.

Для отримання молока певного якісного складу та у виробництві більшості молочних продуктів здійснюють його розділення на фракції. Зазвичай процес відбувається в сепаруючому пристрої (барабані сепаратора (БС), що складається з основи (днища), кожуха (кришки) обтічної форми, тарілко тримача (ТТ) та пакету конічних проміжних і розділювальних тарілок (РТ). РТ мають приварені на зовнішній стороні шипики для утворення заданого міжтарілкового зазору (МЗ). Молоко подається в БС і рівномірно розподіляється в нижній частині барабана між тарілками. Залежно від призначення та конструктивних особливостей розрізняють сепаратори-молокоочишувачі (СМО) та сепаратори-вершковідділювачі (СВВ). На рис. 1. 2 показана схема руху фракцій молока в таких сепараторах.

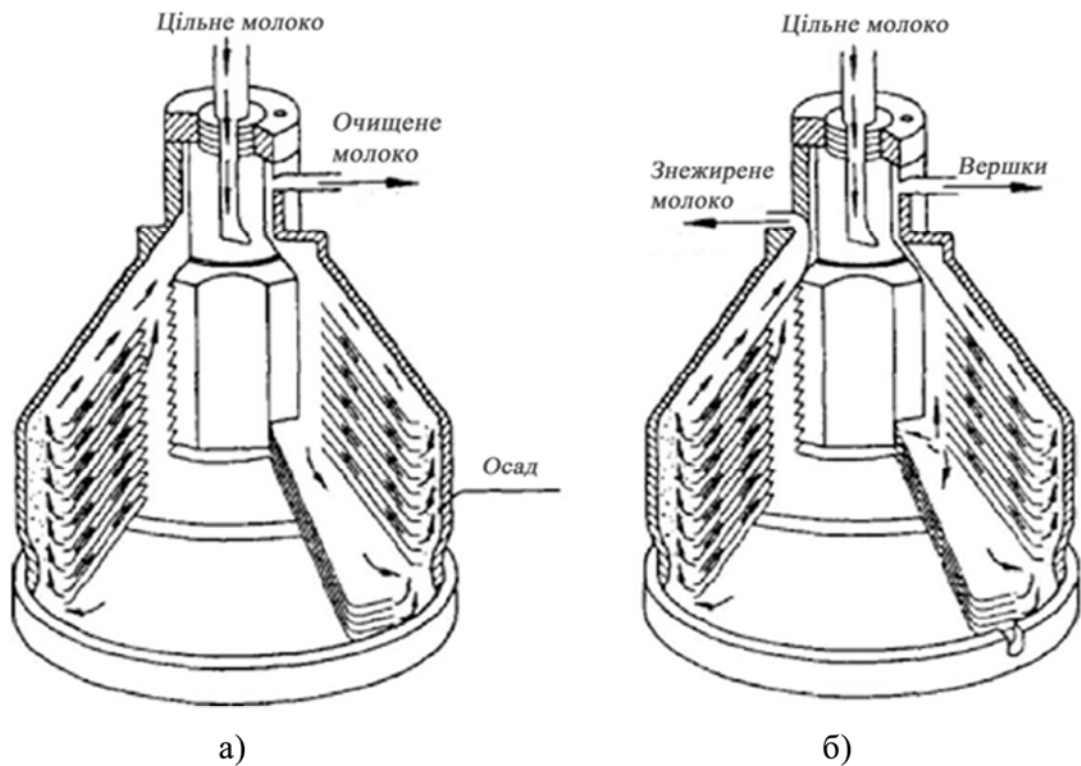


Рисунок 1.2. – Схеми руху продукту в барабані сепаратора-молокоочишувача (а) та вершковідділювача (б)

В СМО молоко з приймальної камери надходить в БС і через канали ТТ відкидається на периферію барабана. Під дією відцентрової сили сторонні домішки, густина яких більше густини молока, осідають на внутрішній поверхні БС в грязьовому (шламовому) просторі, після заповнення якого сепаратор зупиняють і БС промивають, Тривалість безперервної роботи сепаратора залежить від об'єму грязьового простору і забрудненості молока і становить 2-2,5 год.

У СВВ під дією відцентрової сили молочна плазма як важка фракція рухається до периферії, а жирові кульки як легка фракція молока – до осі обертання. Спливаючи і збираючись біля зовнішньої поверхні тарілки, жирові кульки утворюють потоки вершків (концентрована суміш жирових кульок в молочній плазмі), які рухаються по тарілках до осі БС. Жирові кульки, які не досягли поверхні нижче розміщеної тарілки, залишаються у знежиреному молоці (ЗМ) і становлять втрати. Розділення молока на вершки і ЗМ практично завершується в МЗ. Через постійну подачу молока в БС потоки вершків і ЗМ витісняються в його верхню частину й виходять через спеціальні окремі отвори (для вершків і ЗМ). ЗМ рухається по простору між розділовою тарілкою і кожухом БС у верхню частину кожуха, в якій відводиться з сепаратора. Вершки піднімаються вгору по каналах ТТ в камеру вершків і безперервно відводяться.

1.2. Аналіз особливостей конструкцій та роботи сепараторів для переробки молока

Сепаратори для обробки молока поділяються на дві основні групи за технологічним призначенням: СМО та СВВ. На СМО крім відцентрового очищення молока від механічних і природних домішок також відділяють білок від сироватки, зневоднюють сирний згусток, відділяють бактерії. У СВВ крім поділу молока на вершки і ЗМ відбувається нормалізація молока по жиру (при застосуванні додаткових пристроїв), знежирення сироватки та отримання високожирних вершків.

За конструктивними особливостями сепаратори можуть бути відкриті, напівзакриті, закриті. У відкритих сепараторах введення молока і виведення його фракцій не герметизовані, тобто вершки і ЗМ контактують з повітрям навколишнього середовища. Такі сепаратори призначені зазвичай для обробки невеликої кількості молока і на промислових підприємствах не використовується. В напівзакритих сепараторах введення молока може бути відкритим чи закритим без тиску, а вихід продукту - закритим, під тиском, створюваним в сепараторі. У закритих сепараторах введення молока, поділ на фракції і їх вихід повністю герметизовані. На сучасних молокопереробних підприємствах використовують лише закриті сепаратори. Надходження молока і відведення фракцій здійснюють під тиском.

Сепаратори класифікують також за способом видалення осаду з БС: з ручним вивантаженням осаду після їх повної зупинки і розбирання БС, відцентровим періодичним і безперервним вивантаженням при безперервній роботі сепаратора.

Основними частинами сепараторів є: станина у вигляді чаші, БС, приймально-вивідний пристрій (ПВП) і привідний механізм (ПМ).

На станині змонтовані всі частини та вузли сепаратора, в нижній її частині розташований ПМ. У чаші станини закріплені гальма, стопори, що

утримують БС від довільного обертання при складанні і розбиранні, а також ПВП. Внутрішня частина станини (картер) одночасно служить масляною ванною.

БС (сепаруючий пристрій) - виконавчий орган сепаратора, він буває з верхнім і нижнім введенням молока. Найбільше застосовуються СП з верхнім введенням молока. Конструкція СП СМО і СВВ має такі відмінності: у ВВС молоко в МЗ надходить через отвори в тарілках, а в МОС з периферії, оскільки в тарілках МОС відсутні отвори; ПВП МОС має один відвідний патрубок (для очищеного молока), а ВВС – два (для вершків і ЗМ); МЗ у МОС більший (2 - 5 мм), ніж у ВВС (0,6 – 0,8 мм); периферійний (грязьовий) простір МОС більший, ніж ВВС.

Основні деталі БС для обробки молока виготовляють з неіржавіючої харчової сталі. Затяжні кільця мають ліву різьбу для виключення можливості їх самовідкручування при обертанні БС за годинниковою стрілкою. Листи які використовують для виготовлення тарілок БС повинні мати маркування заводу - постачальника металу. Торцеві ущільнюючі кільця БС повинні бути виготовлені з пружних полімерних матеріалів, гумові ущільнення БС - з харчової гуми. Всі ущільнення БС (полімерні та гумові) повинні бути стійкими до дезінфікуючих і миючих розчинів, а також мати такі властивості: теплостійкість не менше 80 °С; нетоксичність, відсутність стороннього запаху; стійкість в 20% - них розчинах азотної кислоти і їдкого натру; працездатність в умовах високого тиску 20-30 МПа [7-9].

ПВП розміщені у верхній частині сепаратора, забезпечують подачу молока в барабан і відведення з нього фракцій молока (вершків, ЗМ, очищеного молока). Конструкції ПВП різні, однак у всіх є приймач для вершків і ЗМ і диски напору для кожної фракції. Приймач ПВП складається з двох ізольованих камер для вершків і ЗМ. Вершки (легка фракція) виходять з БС по нижньому патрубку, а ЗМ - по верхньому. На вихідному патрубку вершків встановлені регулювальний гвинт для регулювання жирності

вершків, і ротаметр для визначення їх кількості. ПВП можуть бути забезпечені пристроями для нормалізації молока по жиру.

Сьогодні всі промислові сепаратори оснащені електричним приводом. Основними частинами привідного механізму (ПМ) є електродвигун (ЕД); відцентрова муфта, що складається з ведучої та веденої напівмуфт; ведучого зубчатого колеса (ЗК); ведене колесо мультиплікатора, вертикальний вал (ВВ) (веретено). Передача руху від ЕД до БС зазвичай здійснюється шляхом передачі обертання ведучій відцентровій напівмуфті, далі веденій відцентровій напівмуфті, розміщеній на горизонтальному валу. Ведуче ЗК на горизонтальному валу входить в зачеплення із ЗК мультиплікатора і передає обертання на ВВ, а разом з ним і на БС. Цей спосіб передачі руху від електродвигуна на БС досить поширений, але сучасні сепаратори провідних світових фірм широко використовують для передачі обертання від ЕД до ВВ сепаратора широкоремінну плоску передачу, що забезпечує більшу плавність і рівномірність ходу сепаратора, менші динамічні навантаження, зменшують шум і вібрацію обладнання.

СМО ОМ-1А (рис.1. 3.) застосовується на фермських господарствах для первинного очищення молока. Він містить ПМ, БС і ПВП. ПМ складається з станини, ЕД з фрикційно-відцентровою муфтою (ФВМ), горизонтального валу та ВВ, пульсатора. ФВМ призначена для поступової і плавної передачі обертання від ЕД до БС. Для заливання і видалення масла є спеціальні отвори, для контролю рівня масла – оглядове скло.

ВВ встановлений у верхньому радіальному і нижньому радіально-упорному шарикопідшипниках. Верхня горлова опора виконана пружною, що дозволяє БС при розгоні і зупинці плавно переходити критичну частоту обертання (КЧО) і зберігати стійкий хід при робочій частоті обертання (РЧО). У встановленій на станині чаші закріплено два гальма для зупинки БС після вимкнення ЕД і два стопора, що утримують БС від довільного обертання при складанні і розбиранні. БС закріплений на ВВ. ПВП пристрій через кришку кріпиться до чаші притисками.

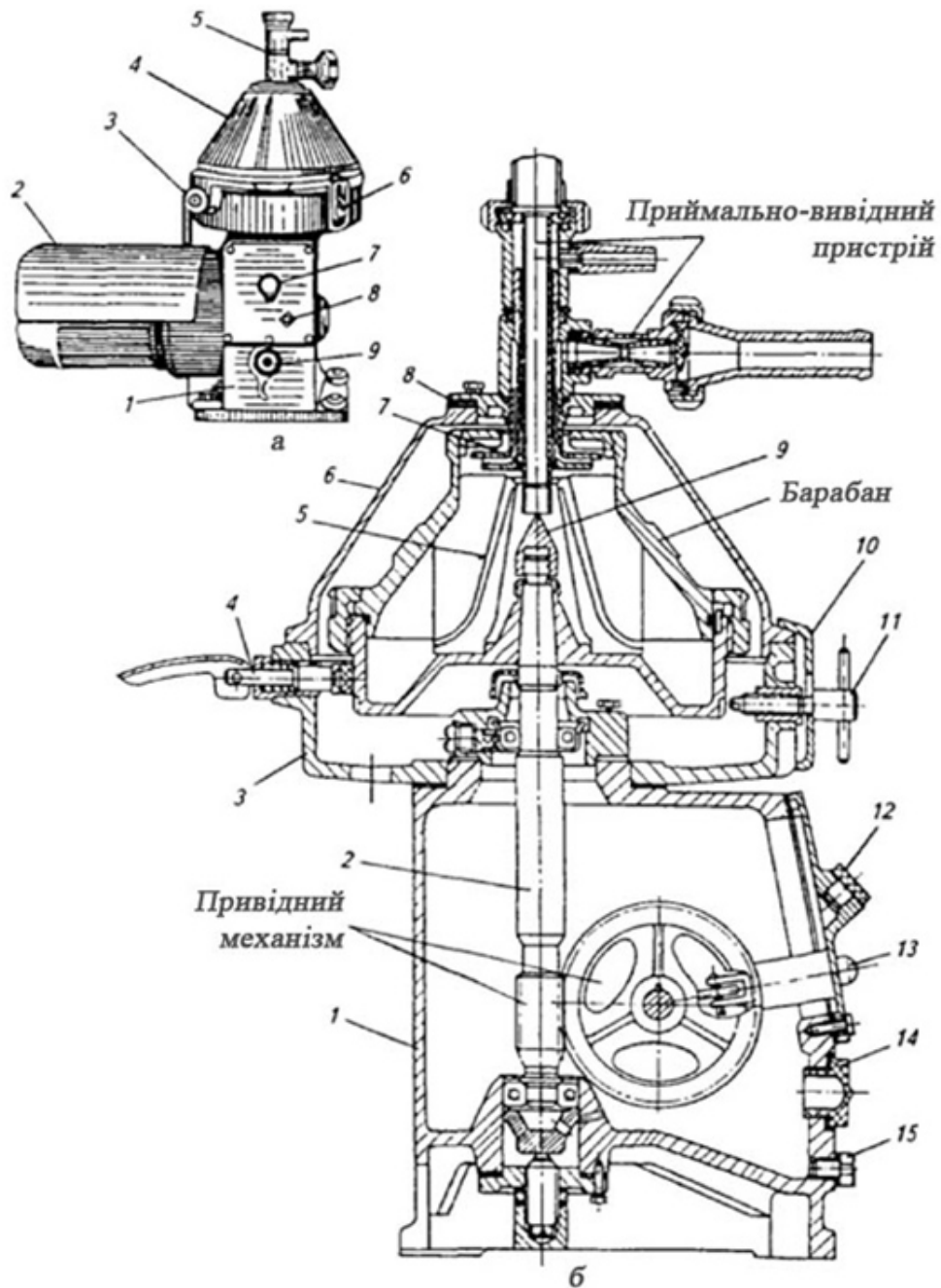


Рисунок 1. 3. – Сепаратор-молокоочищувач ОМ-1А: а – загальний вигляд: 1 – станина, 2 – привід, 3 – стопор, 4 – кожух, 5 - приймально-вивідний пристрій, 6 – ручка гальма, 7 – отвір для заливання мастила, 8 – кнопка пульсатора, 9 – оглядове скло;

б – вид в розрізі: 1 – станина, 2 – вертикальний вал (веретено), 3 – чаша, 4 – гальмо, 5 – крильчатка, 6 – кришка, 7 – напірний диск, 8 – кільце гумове, 9 – гайка, 10 – притиск, 11 – стопор, 12 – пробка, 13 – кнопка пульсатора, 14 – оглядове скло, 15 – отвір для зливу мастила

Особливість конструкції СП – відсутність пакету розділових тарілок. Роль СП виконує крильчатка. Даний СМО зазвичай працює в комплексі з пластинчастим охолоджувачем.

Аналогічне призначення мають СМО Г9-ОМА і Г9-ОМА-3М. Порівняння технічних характеристик цих сепараторів наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1. 1. – Порівняння технічних характеристик відкритих молокоочищувачів з ручним вивантаженням осаду

Показник	ОМ-1А	Г9-ОМА	Г9-ОМА-3М
Продуктивність, л/год.	1020-1060	5000	5000
Частота обертання барабана, с ⁻¹	132-139	108,1	105
Кількість тарілок в барабані	-	29	27
Температура сепарування, °С	24-36	35-40	35-40
Тривалість неперервної роботи, год	2,5	2,5	2
Встановлена потужність, кВт	1,5	4	6
Габаритні розміри, мм	1210x350x950	868x662x1195	900x680x1265
Маса, кг	95	364	395

А1-ОЦМ-5 та А1-ОЦМ-10 відрізняються типами встановлених ЕД і конструкцією дисків. Сепаратори А1-ОЦМ-5 та А1-ОЦМ-10 - СМО напівзакритого виконання з періодичним вивантаженням осаду.

Сепаратор А1-ОЦМ-5 (рис. 1.4.) складається з станини з ПМ, ПВП, кришки з приймачем осаду, тахометра, пульта управління (ПУ), гідросистеми. Обертання від ЕД передається БС через ПМ, що включає розгінну фрикційну муфту, горизонтальний і ВВ. Горизонтальний вал обертається в шарикопідшипникових опорах. Обертання передається ВВ за допомогою гвинтової пари.

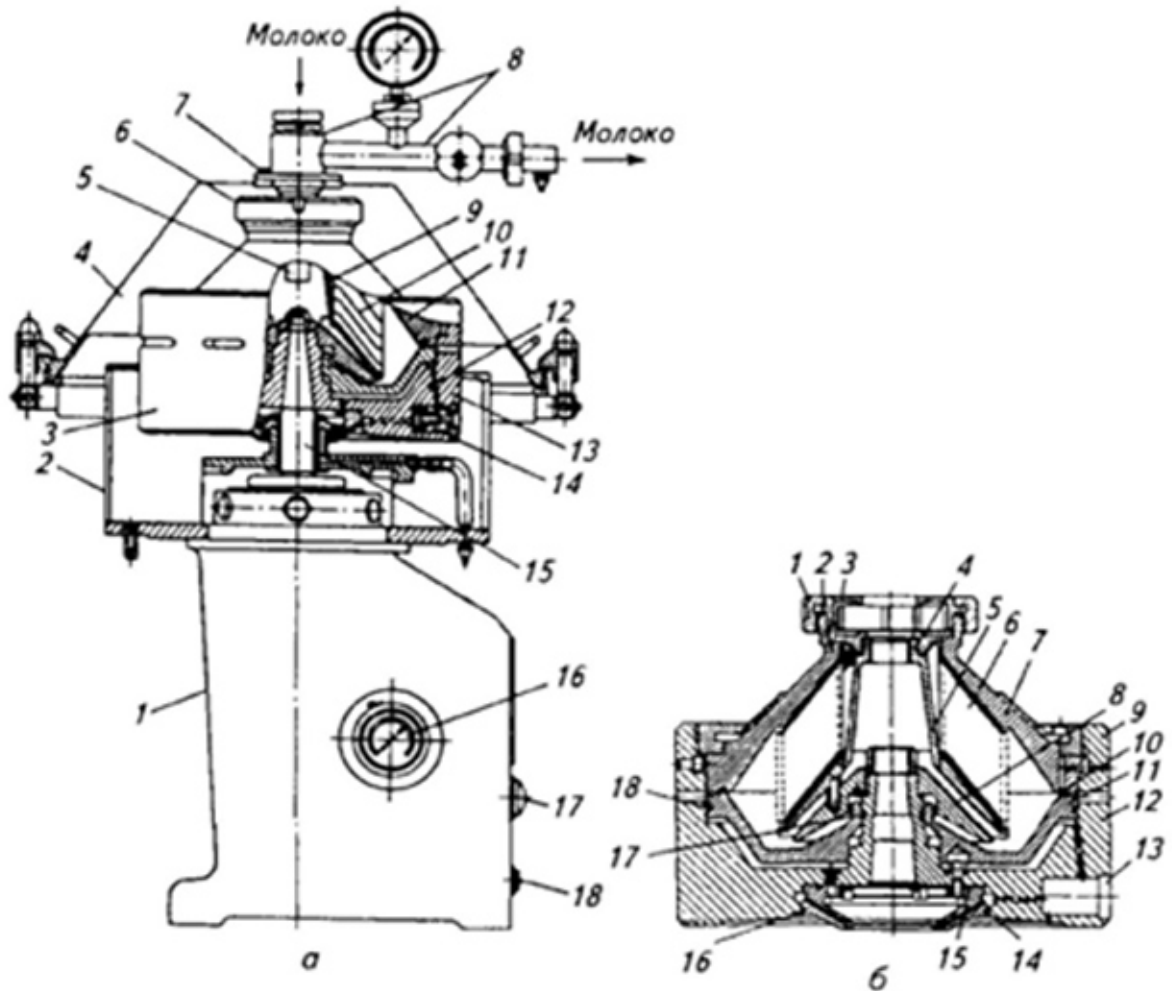


Рисунок 1.4. – Сепаратор – молокоочищувач А1-ОЦМ-5:

а – загальний вигляд: 1 – станина, 2 – прийомник осаду, 3 – барабан, 4 - кришка сепаратора, 5 – живильна (центральна) трубка; 6 – мале зтяжне кільце (гайка), 7 – болт, 8 – приймально-вивідний пристрій, 9 – тарілко тримач, 10 – пакет тарілок, 11 – кришка барабана, 12 – запірний поршень, 13 – основа, 14 – клапанний пристрій, 15 – вертикальний вал (веретено); 16 – тахометр, 17 – мастиловказівник, 18 – пробка; б – барабан сепаратора: 1 - накидна гайка; 2, 4, 10, 14-18 – ущільнення, 3 - горловина, 5 – тарілотримач, 6 – тарілки, 7 – корпус, 8 – основа, 9 – кільце, 11 – приймач, 12 - основа барабана; 13 – вихід для осаду

ВВ обертається в радіально-сферичному та здвоєному радіально-упорному підшипниках. Горлова опора пружна, що дозволяє БС при розгоні і зупинці плавно проходити КЧО.

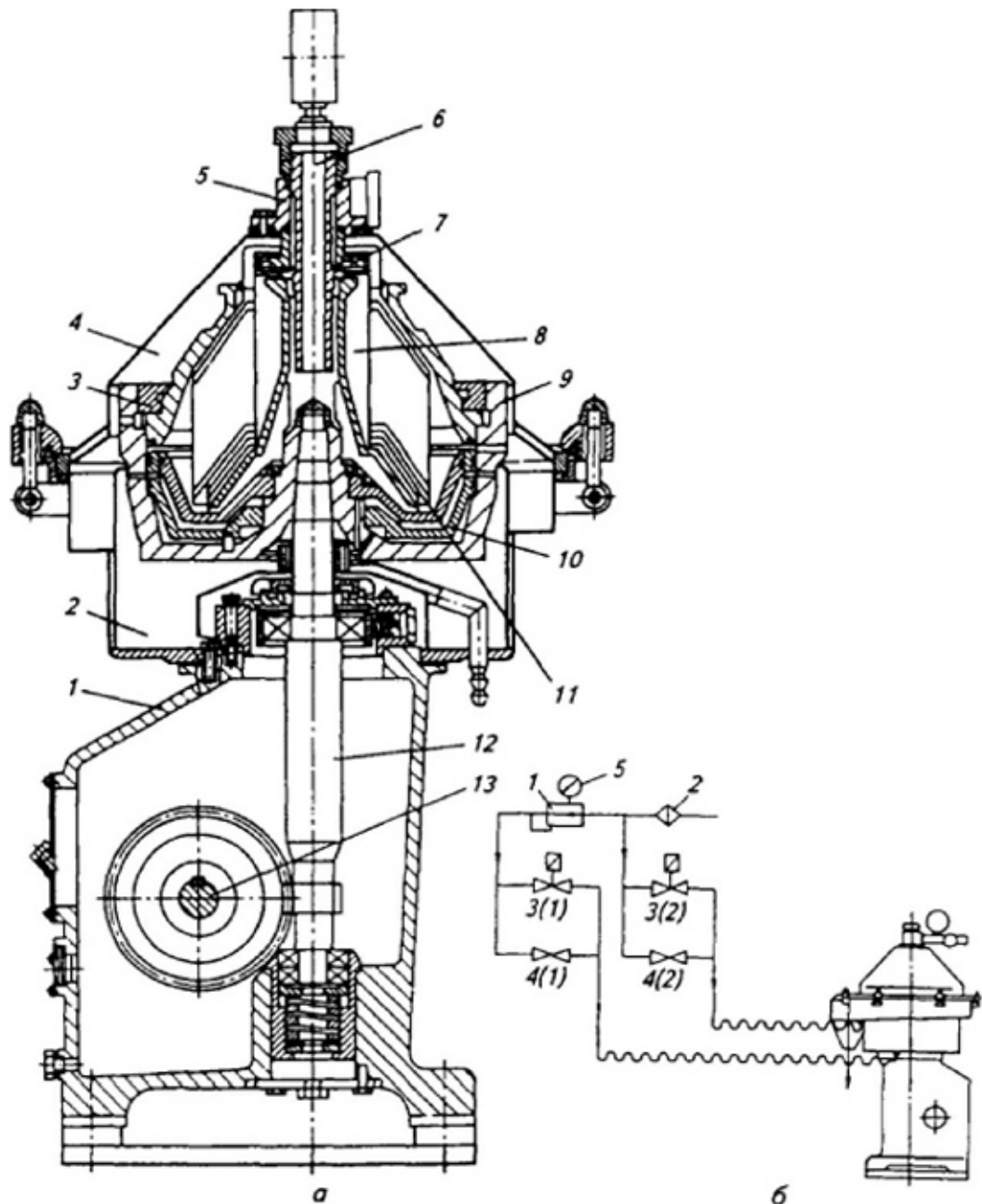


Рисунок 1.5. – Сепаратор А1-ОЦМ-15: а – загальний вигляд: 1 – станина, 2 - приймач осаду, 3 – барабан, 4 – кришка сепаратора, 5 – приймально-розвантажувальний, 6 – центральна труба; 7- напірний диск; 8 – тарілотримач, 9 - основа, 10 – поршень, 11 - пакет тарілок, 12 – вертикальний вал, 13 - горизонтальний вал; б – схема підключення гідросистеми: 1 – редукційний клапан, 2 – фільтр, 3(1), 3(2) – електромагнітні клапани, 4 (1), 4 (2) – вентилі, 5 - манометр

Основний виконавчий орган БС (рис. 1.4.б) закріплений на ВВ і складається з основи, ТТ з пакетом тарілок, кришки, зтяжних кілець і запірною поршня конічного типу.

Шламний простір періодично частково або повністю очищується (розвантажується) під час роботи. Автоматичне розвантаження осаду управляється електромагнітними вентилями за допомогою трьох реле часу, розміщених в щиті керування.

СМО А1-ОЦМ-15 (рис 1.5. а) складається з ПМ, БС, приймача осаду з гідровузлом, кришки, ПВП. Привід призначений для передачі обертання від ЕД БС. На горизонтальний вал насаджені бандаж, ЗК. Обертання від ЕД плавно передається ФВМ горизонтальному валу і через зубчасту передачу ВВ. У БС, що складається з основи, поршня, ТТ з пакетом тарілок і кришки, молоко очищується від механічних домішок. Кришка сепаратора є захисним кожухом БС. На ній встановлюється ПВП пристрій для подачі вихідного і відведення очищеного молока. ПВП складається з центральної труби, напірного диска і відповідної магістралі. ПУ служить для автоматичного регулювання відцентрового вивантаження осаду.

Аналогічне призначення і принцип роботи має СМО Ж-ОМ2-Е-С.

Порівняння технічні характеристики СМО з періодичним вивантаженням осаду наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2. - Технічні характеристики сепараторів – молокоочищувачів з періодичним вивантаженням осаду

Показник	A1-ОЦМ-5	ЛІ-ОЦМ-І0	A1-ОЦМ-І5	Ж-ОМ2-Е-С
Продуктивність, л/год.	5000	10000	15000	30000
Частота обертання барабана, с ⁻¹	108	108	108	74
Температура сепарування	35-40	35-40	35-40	40-60
Група очистки молока	I	I	I	I
Число тарілок	53	53	100	66-67
Міжтарілковий зазор, мм	0,7	0.7	0.7	1.5
Титруема кислотність молока, Т, не більше	22	22	19	19
Встановлена потужність, кВт	5,5	7,5	11	18,5
Габаритні розміри, мм	975 x 705 x 1210	1025 x 705 x1210	1010x792 x 1230	1300 x 950x 1580
Маса, кг	460	470	525	1450

1.3. Аналіз та короткий опис об'єкту дослідження

Загальний вид СВВ MSE 100-01-177 показано на рис. 1.6.

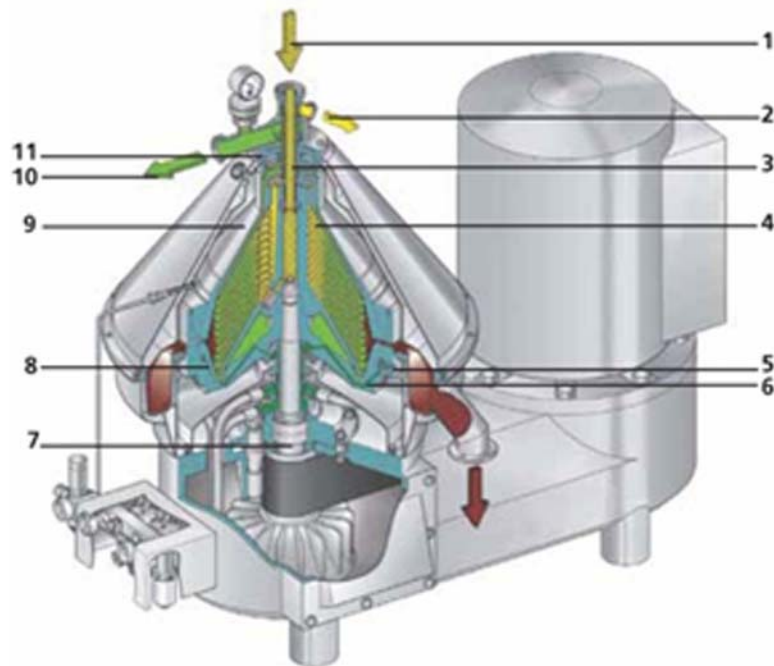


Рисунок 1.6. – Загальний вигляд сепаратора MSE 100-01-177
 1 - вхід сировини, 2 - вихід легкої фази, 3 - гідрогерметична подача продукту, 4 - пакет тарілок, 5 – поршневі клапани, 6 - регульована система викиду твердих речовин, 7 - привід вертикального вала з плоским ременем, 8. - розсувний поршень, 9 - гігієнічний дизайн, 10 - важка фаза, 11 - гідрогерметичне ущільнення

Сепаратор MSE 100-01-177 призначений для відділення вершків від молока, їх концентрації у виробництві молочних продуктів. Перевагами даного СВВ є його безперервна робота та наявність самоочисної чаші, що дозволяє його повністю автоматично очищувати від твердих частинок. Відкриття та закриття чаші СВВ відбувається гідравлічно з використанням води. Продукт подається в СВВ через герметичну систему, відвід важкої і легкої фази також відбувається в замкнуту систему відцентровими насосами.

Використання для обробки замкнутої герметичної системи унеможливило контакт продукту з навколишнім середовищем, виключає будь-яке стороннє забруднення і забезпечує високу якість продукції, що відповідає DIN 11851 або ISO 2852

Машина приводиться в дію ЕД 3-фазного змінного струму за допомогою широко пасової плоскої передачі.

Сепаратор MSE 100-01-177 містить такі деталі і складальні одиниці: корпус з ЕП, БС, приймач вершків, приймач ЗМ, кришку.

На корпусі сепаратора MSE 100-01-177 змонтовані всі його складові частини. БС є його основним робочим вузлом і складається з основи, пакету тарілок, тарілки розділової з регульовальним гвинтом, кришки, ущільнювачів. Принцип дії цього сепаратора аналогічний до всіх СВВ. У БС під дією відцентрової сили відбувається поділ цільного молока на вершки і ЗМ з одночасною очисткою від домішок. Молоко, потрапляючи через поздовжні отвори, проходить у вертикальні канали пакета тарілок, розподіляється в МЗ, де відбувається процес розділення на вершки і ЗМ. Під дією відцентрової сили ЗМ, як більш важка частина, відкидається до периферії БС, піднімається вгору до кришки, а вершки відтісняються до осі БС, піднімаються вгору по внутрішній поверхні розділювальної тарілки до горловини. Домішки, які мають більшу питому вагу, відкидаються в шламовий простір БС біля основи кришки. Шламовий простір має розвантажувальні отвори, що відкриваються і закриваються за допомогою гідравліки з заданою періодичністю. Після завершення виробничого циклу сепаратор автоматично очищується в процесі безрозбірного миття. Усі складові частини БС зібрані на рамі.

Рама і ЕД сепаратора MSE 100-01-177 повністю закриті кожухом з нержавіючої сталі. Всі частини сепаратора, що контактують з продуктом, також виготовлені з нержавіючої харчової сталі.

Технічні дані

Продуктивність:

- Молоко - відділення вершків: 15000 л / год
- Молоко - стандартизація: 20000 л / год
- Сироватка - відділення вершків: 15000 л / год
- Концентрація вершків: 4500 л / год
- Сироватка - відділення вершків: 10000 л / год

Дані процесу

- Сухий залишок: 5.0 л
- Тиск подачі: 1,5 бар
- Тиск нагнітання молоко: 3,5 бар
- Тиск на виході: 2,5 бар

Потреба в енергії

- Потужність двигуна: 22 кВт
- Операційна вода: 150 л / год
- Охолоджуюча вода: 200 л / год

Маса

- Сепаратор, в комплекті: 1500 кг
- Чаша: 400 кг

Габаритні розміри

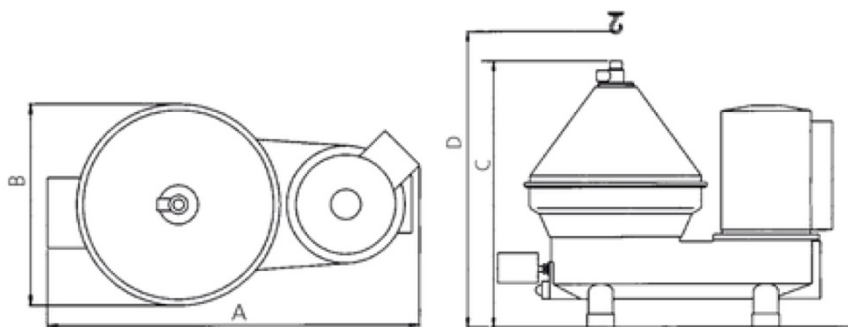


Рисунок 1.7 Габаритні розміри сепаратора MSE 100-01-177

A	B	C	D
1730 мм	850 мм	1455 мм	2600 мм

1.4. Актуальність, мета та завдання кваліфікаційної роботи

Сучасні економічні та екологічні вимоги харчових виробництв вимагають їх постійної раціоналізації та удосконалення. Це стосується як технічного удосконалення самого технологічного обладнання, так і дослідження режимів його роботи, та раціональної її організації. Лише поєднання цих складових дозволить модернізувати процес виробництва продукції відповідно до сучасних економічних вимог.

Мета кваліфікаційної роботи полягає у встановленні співвідношення між конструктивними й технологічними факторами в процесі відділення вершків на сепараторі MSE 100-01-177 та розробленні рекомендацій щодо дотримання оптимальних режимів його роботи.

Завданнями роботи є аналіз сучасних технологічних процесів та обладнання для проведення відцентрового розділення при переробці молока; дослідження впливу технологічних параметрів та конструктивних особливостей сепаратора MSE 100-01-177 на процес відділення вершків, математичний опис процесу сепарування та встановлення співвідношення між конструктивними й технологічними факторами, розроблення рекомендацій щодо підтримки оптимальних режимів роботи сепаратора MSE 100-01-177, проведення технологічного, конструктивного та енергетичного розрахунків сепаратора MSE 100-01-177, розроблення заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Обґрунтування методів і засобів досліджень

Стрімке розширення інформаційного простору сучасного суспільства вимагає ретельного пошуку, опрацювання та аналізу великої кількості інформації. В мережі Інтернет можна ознайомитися з останніми досягненнями науки, технології, найновішим обладнанням, напрямками розвитку та передовими досягненнями в різних галузях. Щоб відсортувати і проаналізувати величезну кількість наявної інформації використовуємо сучасні веб-переглядачі: Google, Chrome, Opera. Вони дозволяють ознайомитися з інформацією з різних країн і на різних мовах, оскільки мають вбудовані перекладачі, що значно розширює діапазон і зручність пошуку інформації.

При теоретичному дослідженні в роботі використані метод аналізу інформації для формулювання мети та завдань досліджень, математичного аналізу процесу сепарації для його дослідження та розробки рекомендацій по роботі. Метод синтезу в роботі використано під час дослідження узагальненого впливу різних факторів на процес відцентрового сепарування молока. Також в роботі використано метод математичного моделювання для представлення прогнозу зміни параметрів процесу сепарування. Також використано метод ідеалізації при визначенні основних параметрів впливу на процес та нехтування факторами які здійснюють мінімальний вплив.

Для виконання конструктивних розрахунків, математичної обробки результатів та їх представлення використано Microsoft Excel (табличні розрахунки, створення та опрацювання графіків) та Mathcad (інженерні розрахунки).

Для представлення та оформлення текстової частини кваліфікаційної роботи використано Microsoft Word, з його широкі можливості роботи з різними документами. Наведені в роботі ілюстрації створені за допомогою програм AdobeReader, AutoCAD, Photoshop.

Також AutoCAD використано при створенні та оформленні креслень.

2.2. Алгоритм і методики проведення дослідження в роботі

Дослідження відцентрової обробки молока на сепараторі MSE 100-01-177 проводилося за таким планом:

1. Було проаналізовано конструкції технологічного обладнання що використовується в промисловості для аналогічних процесів, відмічено його переваги та недоліки.

2. Розглянуто особливості реалізації процесу відцентрової сепарації при обробці конкретного продукту, встановлено фактори впливу різних технологічних та інших факторів на процес відділення вершків та особливості його проведення на сепараторі MSE 100-01-177. Розглядався вплив конструктивних параметрів, технологічних режимів, а також зміна властивостей оброблюваної сировини залежно від температури та початкової якості сировини. При розгляді впливу різних факторів на відцентрове розділення були використані дані представлені в різних літературних джерелах, в тому числі і дані закордонних досліджень. Результати подані у виді графіків та використані під час розрахунків процесу сепарування для сепаратора MSE 100-01-177.

3. Було розроблено математичний опис процесу відцентрового сепарування залежно від різних параметрів. За отриманими рівняннями проведені розрахунки для конкретних умов процесу, за результатами яких розроблені рекомендації.

Представлені в роботі ілюстрації полегшують розуміння суті процесу

обробки молока на сепараторі MSE 100-01-177, дають розуміння особливостей досліджуваного процесу, показують вплив конструктивних параметрів на процес та співвідношення між діючими силами,

4. Проведено технологічні та конструкторські розрахунки елементів сепаратора MSE 100-01-177.

2.3. Методи аналізу похибок досліджень

При проведенні різних досліджень завжди виникають похибки, спричиненні неточністю методів аналізу, розрахунку, обробки даних. Використання різних припущень та спрощень при математичному описі процесів також вносить в нього деякі неточності а часом і однобічний розгляд процесу.

Важливим є, щоб отриманні результати відповідали реальному стану процесу з певною точністю. Сьогодні це досягається використанням стандартних та сучасних методів фізичних експериментів, а також сучасних методів математичного опису та розрахунку.

Використання сучасної комп'ютерної техніки дозволяє здійснювати розрахунки дуже точно, з мінімальними похибками. Представлені в роботі конструктивні розрахунки були проведені відповідно до стандартних методик. Необхідну достовірність і точність математичних та конструктивних розрахунків забезпечує використання прикладних програм Microsoft Excel та Mathcad, спеціально розроблених для таких видів робіт.

3. ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ Й ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПО КОНСТРУКЦІЇ СЕПАРАТОРА MSE 100-01-177

3.1. Розрахунок продуктивності сепаратора MSE 100-01-177

Продуктивність сепаратора (в м³/год) визначається за формулою:

$$M = 16500 \cdot \beta \cdot n^2 \cdot z \cdot \tan(\alpha) \cdot (R_{\text{б}}^3 - R_{\text{м}}^3) \cdot \left(\frac{\rho_{\text{м}} - \rho_{\text{ж}}}{\mu} \right) \cdot d_{\text{ж}}^2$$

де $d_{\text{ж}} := 0.4 \cdot 10^{-6}$ (м) - розрахунковий діаметр жирової кульки [7];

$\beta := 0.68$ - технологічний к.к.д. сепаратора [7];

$n := 108$ с⁻¹ - частота обертання барабана;

$z := 254$ - число тарілок;

$\alpha := \frac{60 \cdot \pi}{180}$ $\alpha = 1.047$ (рад) - кут підйому твірної тарілки;

$R_{\text{б}} := 0.25$ (м) - великий радіус тарілки;

$R_{\text{м}} := 0.1$ (м) - малий радіус тарілки;

$\rho_{\text{м}} := 1030$ (кг/м³) - густина плазми молока;

$\rho_{\text{ж}} := 910$ (кг/м³) - густина жиру

$\mu := 1.06 \times 10^{-3}$ (Па*с) - динамічна в'язкість молока.

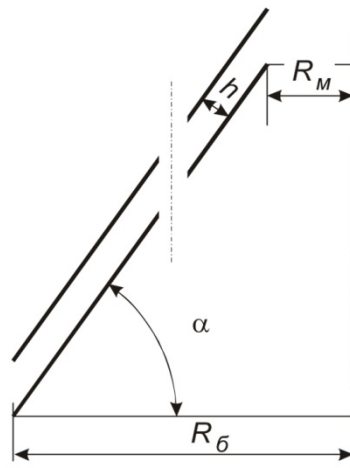


Рисунок 3. 1 - Розрахункова схема до визначення продуктивності сепаратора

$$M := 16500 \cdot \beta \cdot n^2 \cdot z \cdot \tan(\alpha) \cdot (R_{\sigma}^3 - R_M^3) \cdot \left(\frac{\rho_M - \rho_{\text{ж}}}{\mu} \right) \cdot d_{\text{ж}}^2 \quad M = 14.579 \quad (\text{м}^3/\text{год})$$

3.2. Визначення напору сепаратора MSE 100-01-177

Напор сепаратора визначаємо за формулою:

$$H = 1.9 \cdot \frac{M \cdot \nu}{3600 \cdot h^3 \cdot z \cdot 9.81 \cdot \cos(\alpha)} \cdot \ln \left(\frac{R_{\sigma}}{R_M} \right)$$

де $h := 0.0004$ (м) - товщина потоку рідини;

$\nu := 10^{-6}$ (м²/с) - кінематична в'язкість молока при температурі сепарування [].

$$H := 1.9 \cdot \frac{M \cdot \nu}{3600 \cdot h^3 \cdot z \cdot 9.81 \cdot \cos(\alpha)} \cdot \ln \left(\frac{R_{\sigma}}{R_M} \right) \quad H = 0.088 \quad (\text{м})$$

3.3. Визначення режиму течіння рідини при розділенні молока сепаратора MSE 100-01-177

В сепараторах режим руху визначається за формулою:

$$Re = \frac{M}{3600 \cdot 3.14 \cdot \nu \cdot z \cdot R_X}$$

де $R_X := R_M \dots R_{\sigma}$ біжучий радіус тарілки, м.

У верхній частині тарілки:

$$Re_B := \frac{M}{3600 \cdot 3.14 \cdot \nu \cdot z \cdot R_M} \quad Re_B = 50.777$$

У нижній частині тарілки:

$$Re_H := \frac{M}{3600 \cdot 3.14 \cdot \nu \cdot z \cdot R_{\sigma}} \quad Re_H = 20.311$$

В обох випадках режим - ламінарний.

Числа Рейнольдса є дещо більшими від паспортних, що пояснюється підвищенням його продуктивності, але перебувають в межах рекомендованих [7].

3.4. Розрахунок отвору для відведення вершків

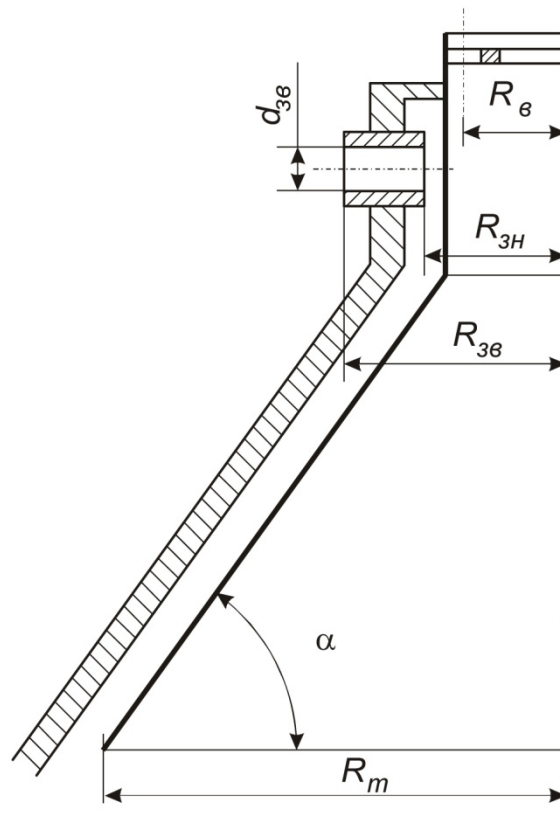


Рисунок 3.2.- Розрахункова схема до визначення параметрів отвору для відведення вершків

Регульовані відстані від відкритих поверхонь вершків і знежиреного молока до осі обертання барабана (рисунок 2.6) визначають за формулами:

$$R_B = \sqrt{R_T^2 - (R_T^2 - R_{3H}^2) \cdot \frac{\rho_M}{\rho_{HM}}}$$

$$R_{3H} = \sqrt{R_T^2 - (R_T^2 - R_B^2) \cdot \frac{\rho_{HM}}{\rho_M}}$$

де $\rho_{HM} := 1012$ (кг/м³) - густина суміші молока і вершків;

$\rho_M = 1030$ (кг/м³) - густина плазми молока;

$R_T := 0.143$ (м) - радіус розділяючої тарілки;

R_B - радіус розміщення отвору відведення вершків, м;

R_{3H} - радіус розміщення отвору відведення плазми молока, м;

Прияємо рекомендоване [7] значення $R_{3H} := 0.065$ (м). Тоді:

$$R_B := \sqrt{R_T^2 - (R_T^2 - R_{3H}^2) \cdot \frac{\rho_M}{\rho_{HM}}} \quad R_B = 0.063 \quad (\text{м})$$

Перевірка:

$$R_{3H} := \sqrt{R_T^2 - (R_T^2 - R_B^2) \cdot \frac{\rho_{HM}}{\rho_M}} \quad R_{3H} = 0.065 \quad (\text{м})$$

Розрахунок виконано вірно.

Радіус зовнішнього краю отвору знайдемо за формулою:

$$R_{3B} = \sqrt{\left(\frac{M}{3600 \cdot 6.28 \cdot z \cdot \phi \cdot F \cdot n}\right) + R_{3H}^2}$$

де $\phi := 0.6$ - коефіцієнт витікання;

$$F = \frac{\pi \cdot d_{3B}^2}{4} \quad \text{- площа отвору для виведення плазми молока, м}^2$$

$d_{3B} := 0.005$ (м) - діаметр отвору для виведення плазми молока.

$$F := \frac{\pi \cdot d_{3B}^2}{4} \quad F = 0.0000196 \quad (\text{м}^2)$$

$$R_{3B} := \sqrt{\left(\frac{M}{3600 \cdot 6.28 \cdot z \cdot \phi \cdot F \cdot n}\right) + R_{3H}^2} \quad R_{3B} = 0.079 \quad (\text{м})$$

3.5. Визначення потужності на валу сепаратора MSE 100-01-177

Потужність, надану рідині розраховуємо за формулою:

$$N = \frac{M_{\text{ЗН}} \cdot \rho_{\text{М}} \cdot \omega^2}{3600 \cdot 2} \cdot (R_{\text{б}}^2 - R_{\text{М}}^2)$$

де $M_{\text{ЗН}}$ - вихід знежиреного молока, м³/год.

Процентна продуктивність сепаратора (в м³/год):

$$M := 15 \quad (\text{м}^3/\text{год})$$

При виході вершків жирністю 30% $M_{\text{ЗН}}$ визначають за формулою [7]:

$$M_{\text{ЗН}} := M \cdot 0.88 \quad M_{\text{ЗН}} = 13.2 \quad (\text{м}^3/\text{год})$$

$$\omega := \frac{\pi \cdot n}{30} \quad \omega = 11.31 \quad (\text{рад/с}) - \text{кутова частота обертання барабана.}$$

$$N := \frac{M_{\text{ЗН}} \cdot \rho_{\text{М}} \cdot \omega^2}{3600 \cdot 2} \cdot (R_{\text{б}}^2 - R_{\text{М}}^2) \quad N = 12.68 \quad (\text{Вт})$$

Тиск на виході із сепаратора розраховуємо за формулою:

$$p = \eta_{\text{Г}} \cdot \frac{\rho_{\text{М}} \cdot \omega^2}{2} \cdot (2 \cdot R_{\text{нд}}^2 - R_{\text{ЗН}}^2)$$

де $\eta_{\text{Г}} := 0.4$ - гідравлічний к.к.д. сепаратора [7].

$R_{\text{нд}} := 0.105$ (м) - радіус напорного диска.

$$p := \eta_{\text{Г}} \cdot \frac{\rho_{\text{М}} \cdot \omega^2}{2} \cdot (2 \cdot R_{\text{нд}}^2 - R_{\text{ЗН}}^2) \quad p = 469.679 \quad (\text{Па})$$

Споживану потужність розрахуємо за формулою:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{вх}} + N_{\text{д}} + N}{\eta_{\text{П}}}$$

де $\eta_{\Pi} := 0.8$ - к.к.д. передачі сепаратора [7];

$$N_{\text{ВХ}} = \frac{N_{\text{V}}}{\eta_{\Gamma}} \quad \text{- потужність рідини на вході в диск, кВт;}$$

$$N_{\text{V}} := \frac{M \cdot p}{3600} \quad N_{\text{V}} = 1.957 \quad \text{(кВт) - потужність виведеної}$$

рідини;

$$N_{\text{ВХ}} := \frac{N_{\text{V}}}{\eta_{\Gamma}} \quad N_{\text{ВХ}} = 4.892 \quad \text{(кВт)}$$

$$N_{\text{Д}} = 7.7 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_{\text{НМ}} \cdot k \cdot (R_{\text{НД}}^{4.6} - R_{\text{МН}}^{4.6}) \cdot \omega^{2.8} \quad \text{- потужність}$$

на подолання тертя рідини до зовнішньої поверхні диску, кВт;

$$R_{\text{МН}} := R_{\text{М}} - 0.001 \quad \text{(м) - мінімальний радіус обертання рідини.}$$

$$k = 1 + \frac{\delta_{\text{НД}} \cdot R_{\text{НД}}}{R_{\text{НД}}^2 - R_{\text{МН}}^2} \quad \text{- коефіцієнт потужності тертя рідини;}$$

$$\delta_{\text{НД}} := 0.005 \quad \text{(м) - товщина напірного диска;}$$

$$k := 1 + \frac{\delta_{\text{НД}} \cdot R_{\text{НД}}}{R_{\text{НД}}^2 - R_{\text{МН}}^2} \quad k = 1.429$$

$$N_{\text{Д}} := 2.2 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_{\text{НМ}} \cdot k \cdot (R_{\text{НД}}^{4.6} - R_{\text{МН}}^{4.6}) \cdot \omega^{2.8}$$

$$N_{\text{Д}} = 2.112 \times 10^{-5} \quad \text{(кВт)}$$

Тоді потужність двигуна

$$N_{\text{дв}} := \frac{N_{\text{вх}} + N_{\text{д}} + N}{\eta_{\text{п}}} \quad N_{\text{дв}} = 21.966$$

Вибираємо двигун

тип 4A180S2y3 потужність, кВт	22
частота, Гц	50
напруга, В	220/380
частота обертання, с-1 (об/хв) -	50(3000)

3.6. Структурний аналіз конструкції сепаратора MSE 100-01-177.

Основною механічною операцією, яку виконує сепаратор MSE 100-01-177 є передача крутного моменту від електродвигуна до ВВ на якому встановлений БС.

На рисунку 3.3. наведена структурна схема сепаратора MSE 100-01-177

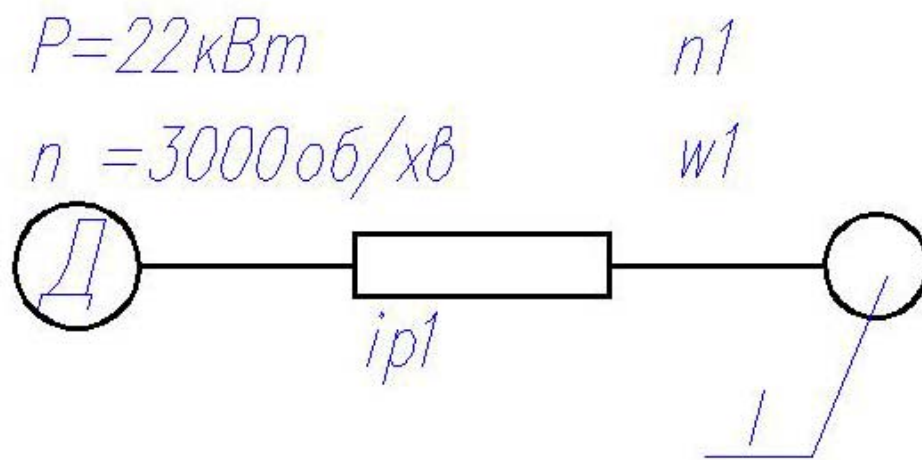


Рисунок 3.3. - Структурна схема сепаратора MSE 100-01-177

Схема включає ЕД, широку плоскостасову передачу, робочий орган.

За принципом дії даний СВВ відноситься до обладнання з механічним приводом. Робочі органи сепаратора MSE 100-01-177 відносяться до деталей типу – “вал” і здійснюють обертовий рух.

Головним рухом є виконавчий рух – обертовий рух ротора сепаратора сепаратора MSE 100-01-177

3. 7. Кінематичний розрахунок сепаратора марки MSE 100-01-177

На рисунку 3.4 показана кінематична схема сепаратора марки MSE 100-01-077.

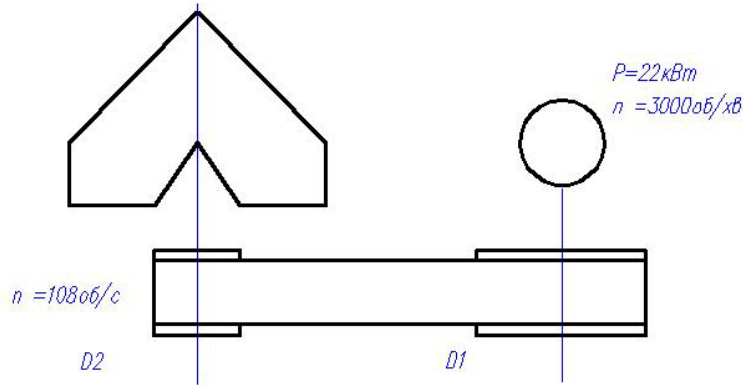


Рисунок 3.4. – Кінематична схема сепаратора марки MSE 100-01-077

Від ЕД до ВВ рух передається за допомогою широкої пасової передачі з метою збільшення швидкості обертання БС до заданої. Розрахуємо основні параметри кінематичної схеми сепаратора марки MSE 100-01-177 (рис. 3.4.).

Для розрахунку задаємося необхідними вихідними параметрами:
діаметр ведучого шківів:

$$D_1 := 0.25 \text{ м};$$

Швидкості обертання валів:

$$n_1 := \frac{3000}{60} \quad n_1 = 50 \quad \text{об/с};$$

$$n_2 := 108 \quad \text{об/с};$$

Тоді передаточне відношення приводу від електродвигуна до шпинделя:

$$i_1 := \frac{n_1}{n_2} \quad i_1 = 0.463$$

Необхідний діаметр веденого шківів:

$$D_2 := D_1 \cdot i_1 \quad D_2 = 0.116 \quad \text{м.}$$

3.8. Розрахунок корпусу ротора сепаратора MSE 100-01-177

Розрахункова схема барабана сепаратора представлена на рисунку 3.5.

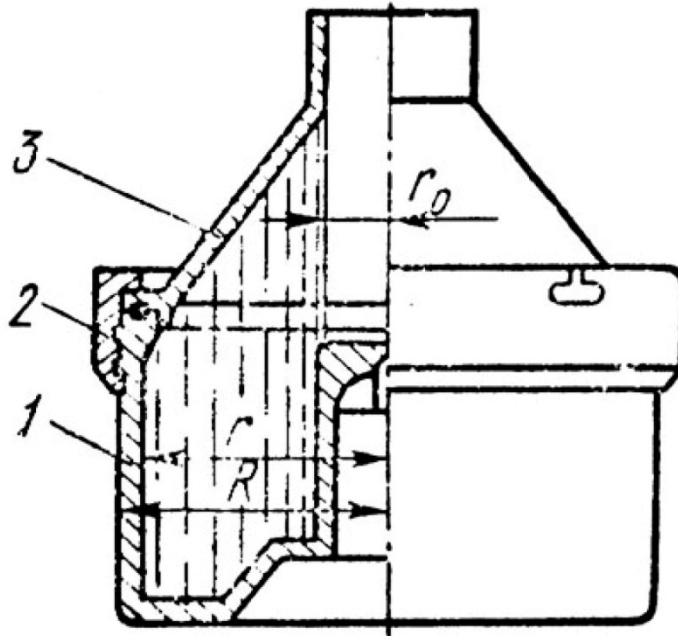


Рисунок 3.5.- Розрахункова схема барабана сепаратора:
1 - корпус; 2 - з'єднувальне кільце; 3 - кришка.

Тиск рідини на стінки корпусу розрахуємо за формулою:

$$p_p = 19.74 \cdot n^2 \cdot \rho_{\text{НМ}} \cdot (r^2 - r_0^2)$$

де $r := 0.328$ (м) - внутрішній радіус барабана;

$R := 0.366$ (м) - зовнішній радіус барабана;

$r_0 := R_{\text{МН}}$ $r_0 = 0.099$ (м) - радіус відкритої поверхні обертової рідини;

Відповідні діаметри: $d := r \cdot 2$ $d = 0.656$ (м)

$D := R \cdot 2$ $D = 0.732$ (м)

$d_0 := r_0 \cdot 2$ $d_0 = 0.198$ (м)

$$p_p := 19.74 \cdot n^2 \cdot \rho_{\text{НМ}} \cdot (r^2 - r_0^2) \quad p_p = 2.278 \times 10^7 \quad (\text{Па})$$

Силу дії рідини на дно барабана розрахуємо за формулою:

$$Q := 31 \cdot \rho_{\text{НМ}} \cdot n^2 \cdot (r^2 - r_0^2)^2 \quad Q = 3.5 \times 10^6 \quad (\text{Н})$$

Розрахуємо напруження, діючі всередині барабана (рисунок 3.6):

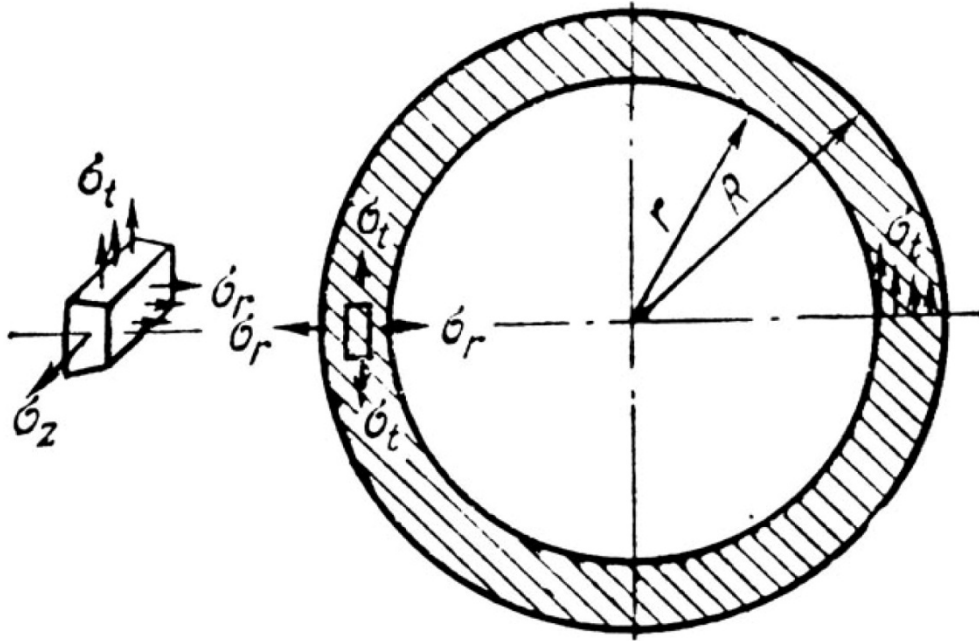


Рисунок 3.6.- Характер розподілу напружень по товщині стінки барабана.

Напруження в напрямку осі барабана:

$$\sigma_z := \frac{\pi \cdot \rho_{\text{НМ}} \cdot n^2 \cdot (r^2 - r_0^2)^2}{R^2 - r^2} \quad \sigma_z = 1.345 \times 10^7 \quad (\text{Па})$$

Дане напруження є дуже незначним, у вертикальному напрямку сепаратора міцність конструкції забезпечується.

Умову міцності циліндричної частини барабана записують у вигляді:

$$\sigma = 2 \cdot \tau_{\text{max}} \leq |\sigma|$$

де τ_{max} - дотичні напруження в барабані, Па;

σ - дійсні напруження в барабані на розтяг, Па;

$|\sigma|$ - допустимі напруження на розтяг, Па;

Допустиме напруження на розтяг виберемо по межі текучості для матеріалу барабана:

$$|\sigma| = \frac{\sigma_T}{n_1} \geq \sigma$$

де n_1 - запас міцності.

$$n_1 = \frac{\sigma_T}{|\sigma|} \geq \frac{\sigma_T}{\sigma}$$

Прийmemo для барабана сепаратора [7]: $n_1 := 2.5$

Дійсні напруження в барабані розраховують за формулою:

$$\sigma := \pi^2 \cdot n^2 \cdot \left(6476 \cdot D^2 + 1374 \cdot d^2 + \rho_{\text{HM}} \cdot D^2 \cdot \frac{d^2 - d_0^2}{D^2 - d^2} \right) \quad \sigma = 6.99 \times 10^8 \quad (\text{Па})$$

$$\sigma_T := \sigma \cdot n_1 \quad \sigma_T = 1.747 \times 10^9$$

Що є меншим від допустимого напруження для сталі 18ХН9Т. Отже, умова міцності виконується.

3.9. Розрахунок кришки ротора сепаратора MSE 100-01-177

Розрахункова схема кришки барабана сепаратора представлена на рисунку 3.3.

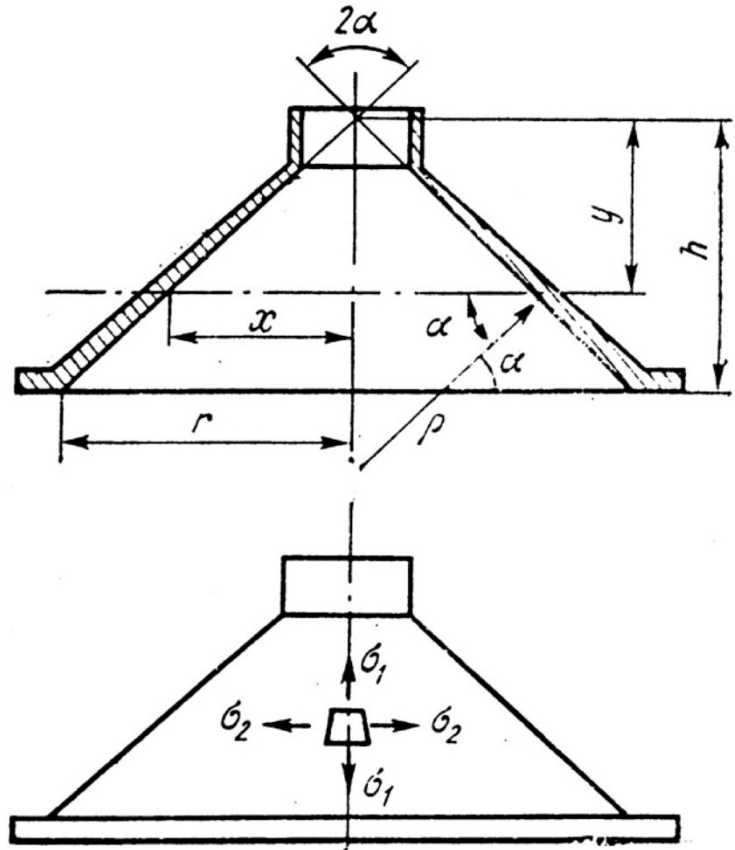


Рисунок 3.7.- Розрахункова схема кришки барабана.

Кришка барабана має вид усіченого конуса.

Позначимо:

σ_1 - розтягуюче напруження в меридіальному напрямі (при розрахунках в зв'язку з дуже малими значеннями, які на кілька порядків менші від тангенціальних, ними нехтують) [7];

σ_2 - розтягуюче напруження в тангенціальному напрямі.

Тиск рідини на кришку на радіусі x визначається за формулою

$$p_{рк} = \rho_{нм} \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot (x^2 - r_0^2)$$

Максимальний тиск буде при $x := r$ $x = 0.328$ (м)

$$p_{pk} := \rho_{HM} \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot (x^2 - r_0^2) \quad p_{pk} = 6.329 \times 10^3 \quad (\text{Па})$$

Відцентрова сила N на одиницю площі f на радіусі x визначається за формулою:

$$p_c = \frac{N_c}{f} = \delta \cdot \rho_c \cdot \omega^2 \cdot x$$

де $\delta := 0.010$ (м) - товщина кришки сепаратора.

$\rho_c := 7850$ (кг/м³) - густина матеріалу кришки (сталі 18ХН9Т).

Тут також максимальні значення будуть при $x := r$ $x = 0.328$ (м)

$$p_c := \delta \cdot \rho_c \cdot \omega^2 \cdot x \quad p_c = 3.293 \times 10^3 \quad (\text{Па})$$

Максимальне сумарне зусилля на одиницю площі:

$$p_2 := p_{pk} + p_c \cdot \cos(\alpha) \quad p_2 = 7.975 \times 10^3 \quad (\text{Па})$$

Максимальне тангенціальне напруження:

$$\sigma_2 := \frac{p_2 \cdot x}{\delta \cdot \cos(\alpha)} \quad \sigma_2 = 5.232 \times 10^5 \quad (\text{Па})$$

Що є в межах допустимого для матеріалу кришки барабана (сталі 18ХН9Т)

3.10. Розрахунок кришки ротора сепаратора MSE 100-01-177

З'єднувальне кільце є накидною гайкою, яка нагвинчується на корпус барабана і своїм виступаючим всередину захватом (рисунок 3.4) притискує кришку барабана до його корпусу.

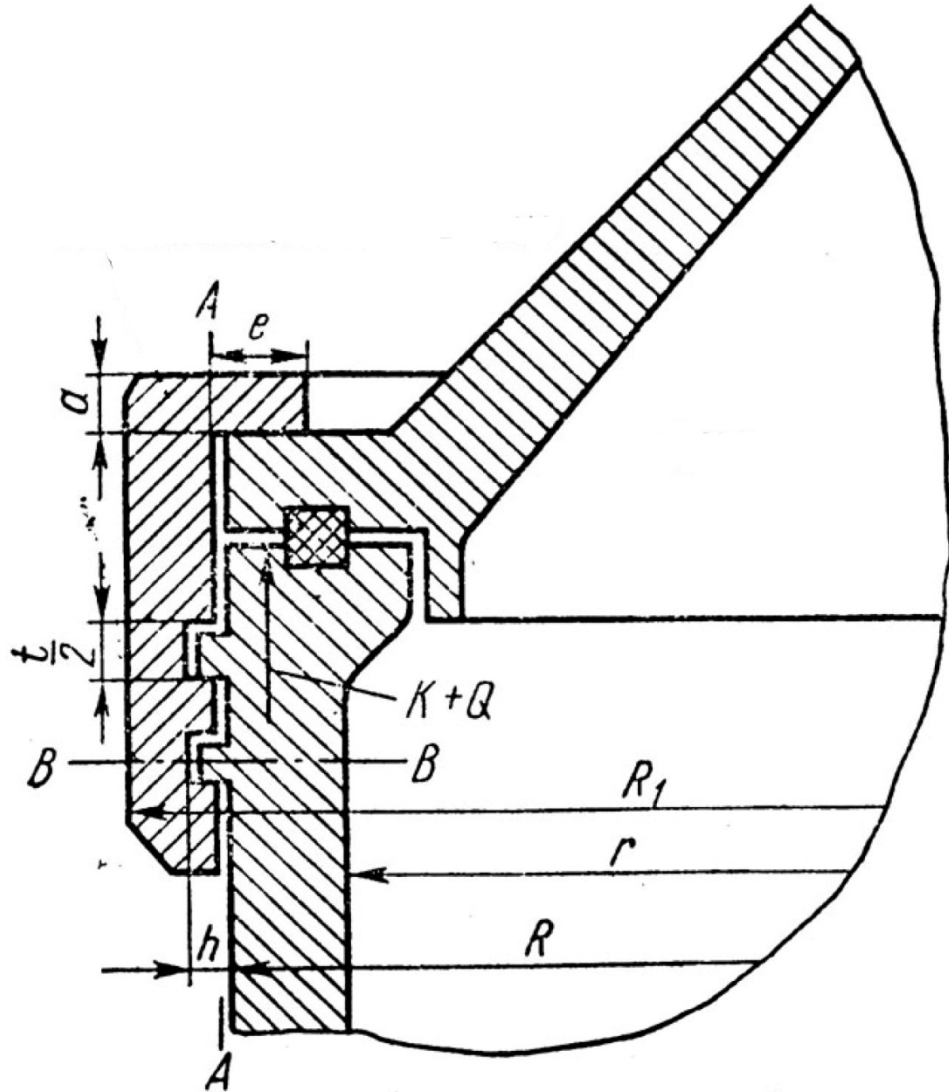


Рисунок 3.8.- Розрахункова схема з'єднувального кільця сепаратора.

На захват кільця діють дві сили:

К - сила пружності гумової прокладки, яка виникає при складанні барабана;

Q - сила тиску рідини, яка діє на кришку барабана в осьовому напрямку.

Силу К визначимо за формулою:

$$K = \frac{P \cdot B}{R_K \cdot \tan(\alpha_K + \phi_K)}$$

де $P := 400$ (Н) - розрахункове зусилля робітника [7] (рисунок 3.9);

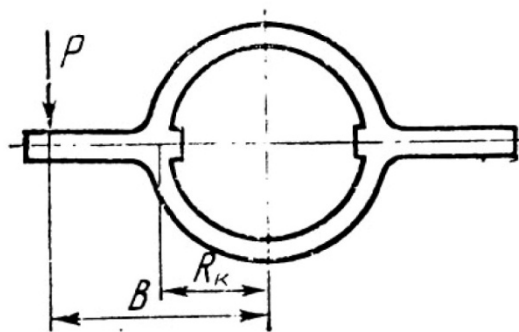


Рисунок 3.9.- Розрахункова схема ключа барабана

$B := 0.6$ (м) - довжина ключа;

$R_K := 0.306$ (м) - радіус ключа;

$\alpha_K := 0.01164$ (рад) - кут підйому гвинтової нарізки;

$\phi_K := 0.09977$ (рад) - кут тертя;

$$K := \frac{P \cdot B}{R_K \cdot \tan(\alpha_K + \phi_K)} \quad K = 7010.74 \quad (\text{Н})$$

З попередніх розрахунків: $Q = 3498778.36$ (Н)

$$K + Q = 3505789.1 \quad (\text{Н})$$

Знайдемо мінімальну товщину кільця а в перерізі А-А (рисунок 3.4) за формулою:

$$a = \sqrt{\frac{3 \cdot (K + Q) \cdot e}{2 \cdot \pi \cdot R_K \cdot \sigma_{\text{в.доп}}}}$$

де $e := 0.01$ (м) - ширина захвата;

$\sigma_{\text{в.доп}} := 110 \cdot 10^6$ (Па) - допустиме напруження на згин для сталі 18ХН9Т.

$\sigma_{\text{доп}} := 130 \cdot 10^6$ (Па) - допустиме напруження на розтяг для сталі 18ХН9Т.

$$a := \sqrt{\frac{3 \cdot (K + Q) \cdot e}{2 \cdot \pi \cdot R_K \cdot \sigma_{\text{В.ДОП}}}} \quad a = 0.0223 \quad (\text{м})$$

Приймаємо із запасом на динамічні навантаження $a := 0.02$ (м)

Перевіримо на зріз за формулою:

$$\sigma_{\text{зр}} := \frac{K + Q}{2 \cdot \pi \cdot R_K \cdot a} \quad \sigma_{\text{зр}} = 9.117 \times 10^7 \quad (\text{Па})$$

Що є значно менше від допустимого напруження на зріз для сталі 18ХН9Т.

Крок нарізки знайдемо за формулою:

$$t := 2 \cdot \pi \cdot R_K \cdot \tan(\alpha_K) \quad t = 0.02238 \quad (\text{м})$$

Прийmemo $t := 0.022$ (м)

Глибина нарізки:

$$h := \frac{t}{2} \quad h = 0.011 \quad (\text{м})$$

Радіус кільця визначаємо за формулою:

$$R_1 := \sqrt{\frac{K + Q}{\pi \cdot \sigma_{\text{ДОП}}} + (R_K + h)^2} \quad R_1 = 0.33 \quad (\text{м})$$

Із врахуванням запасу і виникаючих динамічних навантажень приймаємо:

$$R_1 := 0.370 \quad (\text{м})$$

Перевіримо напруження в кільці від відцентрової сили:

$$\sigma_{\text{tmax}} := \frac{\rho_c \cdot \omega^2}{4} \cdot \left[3.3 \cdot R_1^2 + 0.7 \cdot (R_K + h)^2 \right] \quad \sigma_{\text{tmax}} = 1.311 \times 10^5 \quad (\text{Па})$$

Що задовільняє умову міцності.

Кількість витків нарізки визначаємо за формулою:

$$z_H := \frac{(K + Q) \cdot 6}{\pi \cdot R_K \cdot t \cdot \sigma_{B, \text{ДОП}}} \quad z_H = 9.042$$

Приймаємо із запасом $z_H := 3$

Перевіримо витки на зминання за формулою:

$$\sigma_a := \frac{K + Q}{\pi \cdot \left[(R_K + h)^2 - R_K^2 \right] \cdot z_H} \quad \sigma_a = 5.428 \times 10^7 \text{ (Па)}$$

Отримане значення напруження задовільняє умову міцності.

3.11. Особливості експлуатації сепаратора марки MSE 100-01-177

Сепаратор марки MSE 100-01-077 призначений для молока або сироватки, концентрації вершків. Великою перевагою даного сепаратора є безперервність його роботи та можливість його повністю автоматичного очищення. Сепаратори такого типу використовуються в безперервних технологічних лініях переробки молока. Операції на сепараторі повністю автоматизовані. Конструкція сепаратора MSE 100-01-077 дозволяє розганяти продукт до великої швидкості виключно у ощадному режимі при порівняно низькому тиску. Системі керування сепаратора притаманна висока технічна гнучкість, що дозволяє витримувати технологічні параметри процесу сепарування в широкому діапазоні. Залежно від необхідних умов ведення технологічного процесу і властивостей оброблюваного продукту, саморозвантажувальний сепаратор марки MSE 100-01-077 можна налаштувати на виконання часткового або повного вивантаження. При цьому потрібно слідкувати за параметрами процесу сепарування, оскільки кожне розвантаження БС викликає турбулентність, а для якісної обробки продукту необхідно щоб, щоб встановлені параметри течії в БС залишалися незмінними.

4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИДІЛЕННЯ ВЕРШКІВ У СЕПАРАТОРІ MSE 100-01-077

4.1. Фактори, що впливають на отримання вершків з молока

Молочні продукти традиційно користуються високим попитом у населення. Щоб отримати їх високої якості необхідно забезпечити якісну і повну переробку молочної сировини. Молочний жир є другим по цінності після білків компонентом молока і становить приблизно 30% його сухої речовини [4]. На забезпечення повного та якісного виділення його з молока впливають такі взаємопов'язані критерії:

- Поживна цінність, що залежить від породи великої рогатої худоби, періоду лактації, клімату і кормової бази.
- Фізичні властивості, що залежать від якості механічної та теплової обробки.
- Хімічні властивості, що залежать від ферментативних реакцій, впливу бактерій.
- Економічна доцільність, що залежить від ефективності процесів переробки молока.

Крім конструктивних особливостей обладнання при відцентровій сепарації цільного молока, велике значення для залишкового вмісту жирів в сепарованому молоці мають ряд факторів виробництва молока а також технічних і інженерних параметрів. Це і сезонні зміни в кількості і якості отриманого від корів молока, зміни харчової цінності складу кормів, а також відсутність або недостатній контроль за періодом лактації тощо. Залежно від цього молоці можуть змінюватися: частка молочного жиру Ж, сухий залишок молока С і сухий знежирений молочний залишок СЗМЗ.

Також різкий перепад температур в інтервалі 20-30 °С при обробці молока [4] може стати причиною високого рівня вільних жирів. Як видно

(рис. 4.1), близько температури 15 °С існує невеликий інтервал, оптимальний для утворення вільних жирних кислот.

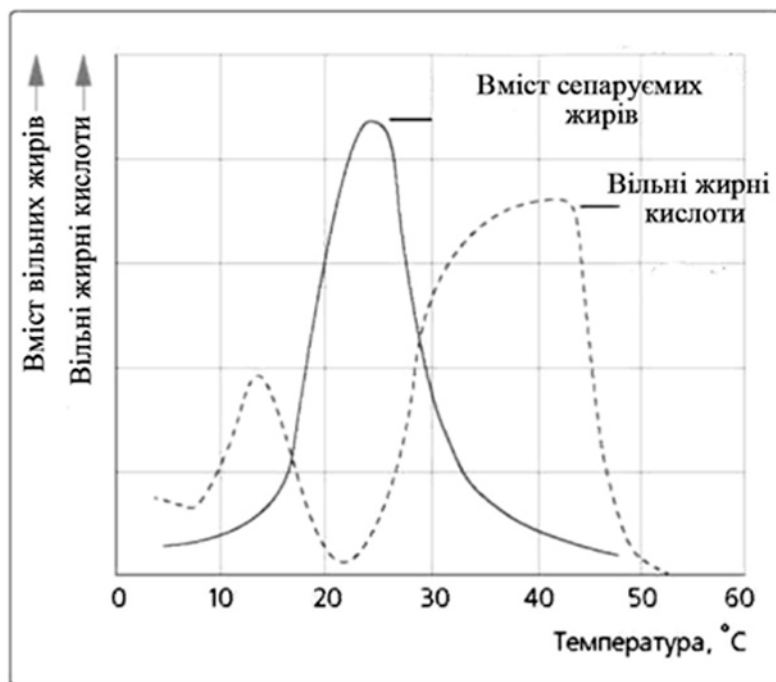


Рисунок 4.1 - Якісна характеристика вмісту вільних жирів і вільних жирних кислот після впливу механічної обробки на молоко або вершки

Відповідно до прийнятої сучасної практики збору молока є необхідність його зберігання молока охолодженим при температурі 3-5 °С. Сепарованість такого молока знижується, оскільки, при тривалому зберіганні молока при низьких температурах маленькі «крапельки води» зв'язуються з жировими кульками і при одночасному механічному впливі в мембрані жирових кульок відбуваються структурні зміни. Як наслідок, в сепарованому молоці залишається більше жирів, тобто підвищується їх залишковий вміст (рис.4.2).

На процес сепарування також здійснює вплив різниця розмірів жирових кульок, що містяться в цільному молоці. Для незбираного молока спостерігається відносно невелика відмінність гранулометричного складу жирових кульок (рис. 4.3.). Зовсім іншу картину гранулометричного складу жирових кульок спостерігаємо в сепарованому (очищеному від домішок) молоці (рис. 4.4.).

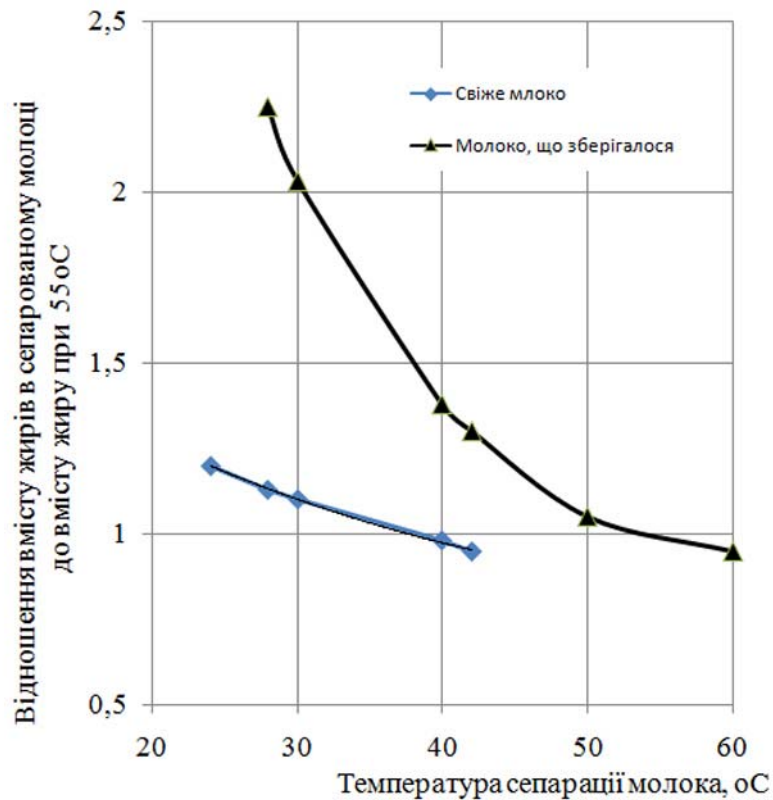


Рисунок 4.2 - Залишковий вміст жирів після переробки незбираного молока, що зберігався охолодженими, і свіжого незбираного молока

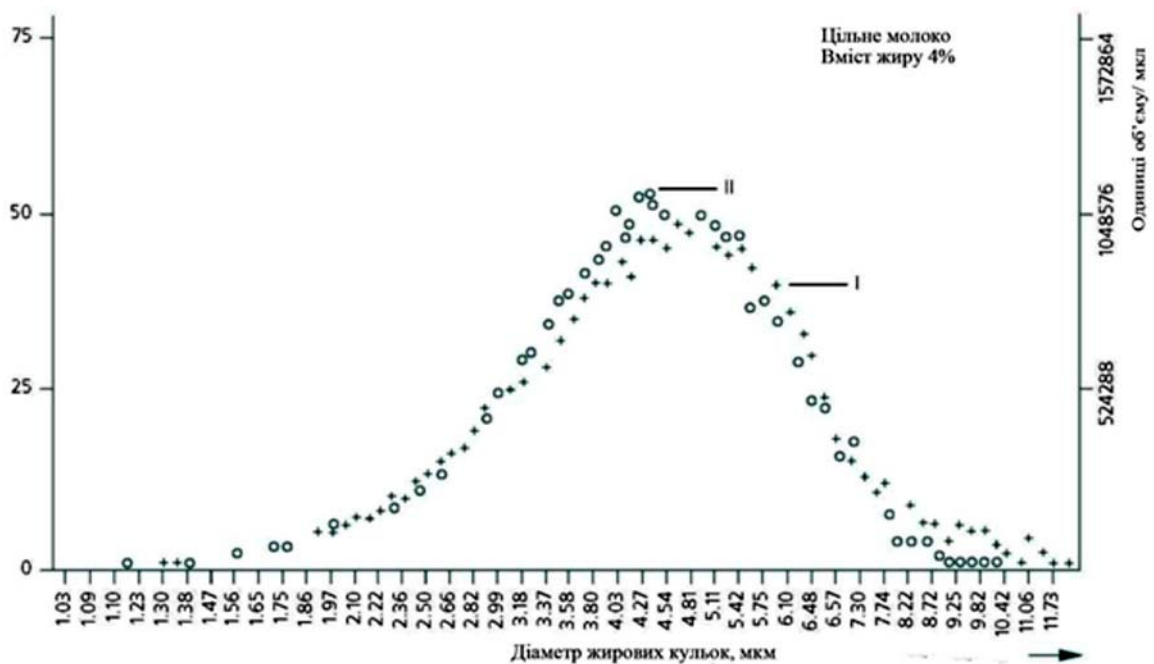


Рисунок 4.3. - Гранулометричний склад жирових кульок в цільному молоці. Значення I і II для різних регіонів збору молока [4]

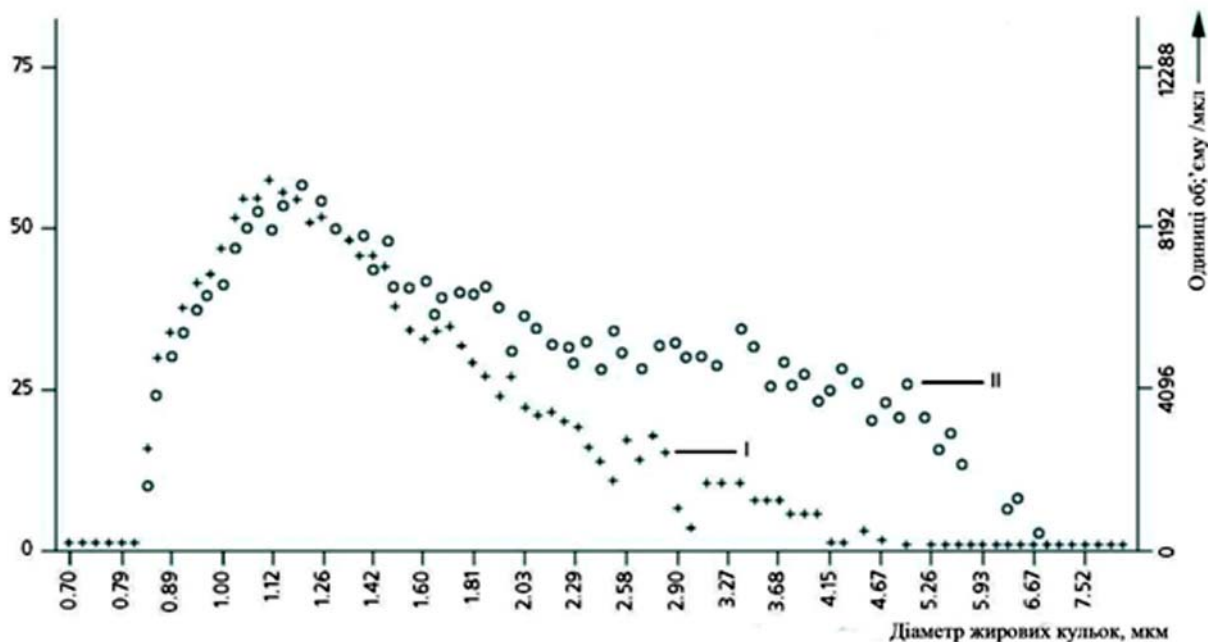


Рисунок 4.4- Гранулометричний склад жирових кульок в сепарованому молоці. Значення I і II для різних регіонів збору молока [4]

Для забезпечення якісної переробки молока слід чітко дотримуватись всіх технологічних вимог, починаючи з приймання молока на молокозаводі. Важливо максимально виключити контакт з зовнішнім повітрям при розвантаженні та заповненні автоцистерни. Навіть від типу і конструкції використовуваної мішалки залежить подальша якість сировини. Відзначено негативний вплив на якість молока дроселювання насосів (60-70% їх максимальної швидкості), що приводить до збільшення залишкового вмісту жирів в сепарованому молоці більше ніж на 10%.

4.2. Дослідження впливу температури на процес відцентрового розділення молока

Температура при якій здійснюється процес сепарації також суттєво впливає на її якість. Швидкість відцентрового осадження залежить від таких параметрів: різниці густин розділюваних компонентів, розміру жирових кульок, в'язкості рідини, швидкості обертання БС, його радіуса, площі осадження тарілок.

Дослідженнями встановлено [3, 4], що оптимальна температура сепарування продукту 55 °С. При температурах > 60 °С в молоці відбувається «осадження» білка, що негативно впливає на сепарування, оскільки з них утворюється тонка плівка на поверхні тарілки і МП зменшується.

Встановлено [3, 4] залежність фізичних параметрів оброблюваного продукту від температури, що відповідно впливає на якість процесу сепарування молока. Отримані графічні залежності, наведені на рис 4.5, 4.6 дають уявлення про характер цих залежностей, але для подальшого аналізу їх сумісного впливу з конструктивними параметрами вони є не зручними. Тому шляхом комп'ютерної обробки за допомогою програми Microsoft Excel, були отримані емпіричні залежності, які можна далі використовувати в комп'ютерних розрахунках та для побудови графіків.

Для густини (г/см³) отримані такі рівняння від температури °С :

$$\text{для сепарованого молока} \quad \rho = 1.066 \cdot t^{-0.01} \quad (4.1)$$

з достовірністю апроксимації $R^2 = 0.995$

$$\text{для вершків} \quad \rho = 1.095 \cdot t^{-0.03} \quad (4.2)$$

з достовірністю апроксимації $R^2 = 0.971$

для молочного жиру

$$\rho = 0.967 - 1 \cdot 10^{-5} t^2 \quad (4.3)$$

з достовірністю апроксимації $R^2 = 0.999$

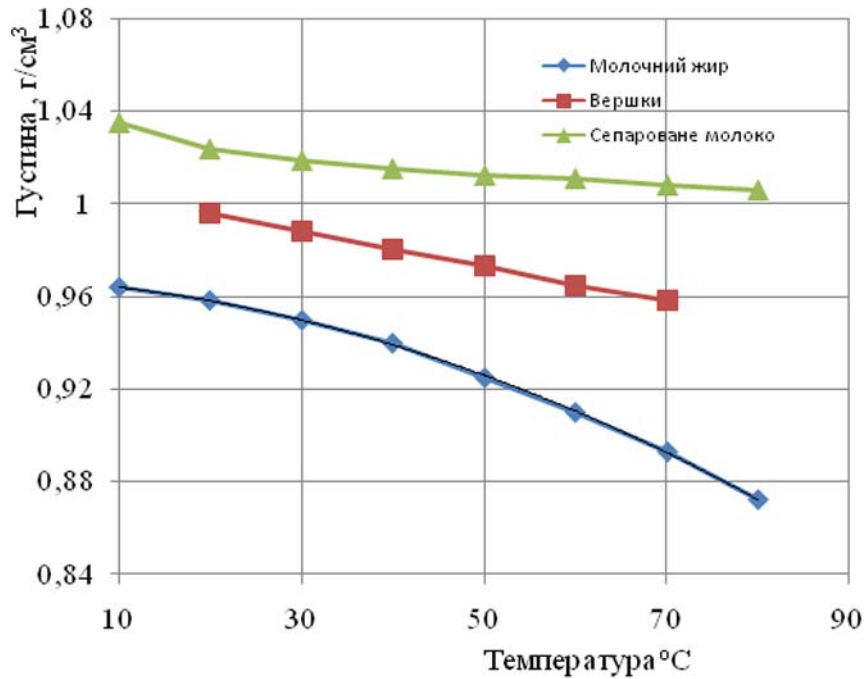


Рисунок 4.5. - Залежність густини молочних продуктів від температури[4]

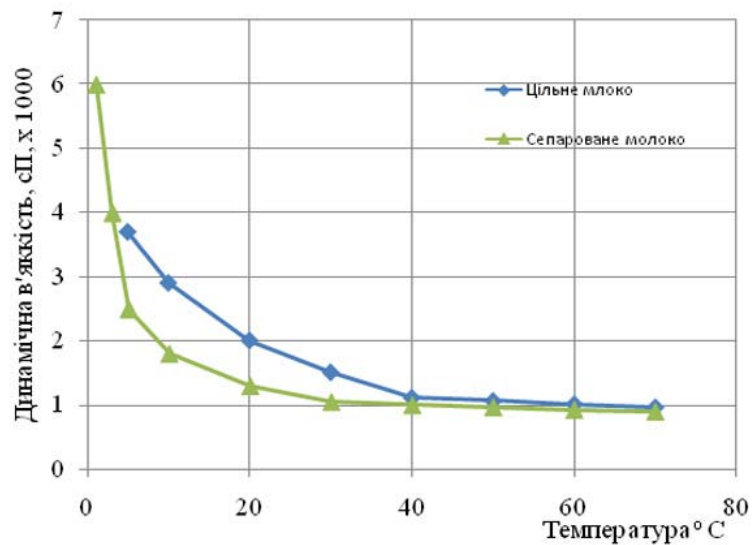


Рисунок 4.6 – Залежність динамічної в'язкості від температури [4]

Для динамічної в'язкості (сПх1000) отримані такі рівняння від температури °С :

для цільного молока
$$\mu = 9.779 \cdot t^{-0.55} \quad (4.4)$$

з достовірністю апроксимації $R^2 = 0.98$

для сепарованого молока
$$\mu = 5.772 \cdot t^{-0.46} \quad (4.5)$$

з достовірністю апроксимації $R^2 = 0.979$

Отримані рівняння прості та зручні для розрахунків.

4.3. Математичне представлення процесу відділення вершків в сепараторі

Під час розділення у сепараторах продукти знаходяться в полі дії відцентрових сил, інтенсивність яких залежить від швидкості обертання, отже, числа обертів БС (n) і відстані між частинкою продукту і віссю обертання (R). Частинки, наявні в дисперсійному середовищі і які мають іншу, ніж середовище, густину, під дією відцентрових сил починають переміщуватися до осі обертання, якщо густина середовища більша густини частинки $\rho_1 > \rho_2$, і до периферії, якщо $\rho_1 < \rho_2$.

Частинки емульсії (суспензії), рівномірно розподілені в середовищі, надходять в МЗ, де вони беруть участь у складному русі. Перша складова руху визначається швидкістю потоку і направлена за твірною тарілки, друга складова руху визначається відцентровою силою і направлена перпендикулярно осі обертання (горизонтально).

Одна з умов сепарування - проникнення частинок через товщу рідини в МЗ. Частинки, що не досягли поверхні тарілки, будуть винесені потоком. Частинки, що потрапили на поверхню, переміщуються по ній. При цьому [5]:

- 1) якщо швидкість потоку біля поверхні більше відцентрової швидкості, то частинки потрапляють в загальний потік;
- 2) якщо ж навпаки, то частинки потраплять в потік, збагачений частинками.

Траєкторія руху частинки [5], що потрапляє в збагачений потік, складається з двох стадій (рис. 4.7):

перша – рух частинки в напрямку загального потоку;

друга - рух частинки в напрямку, протилежному загальному потоку.

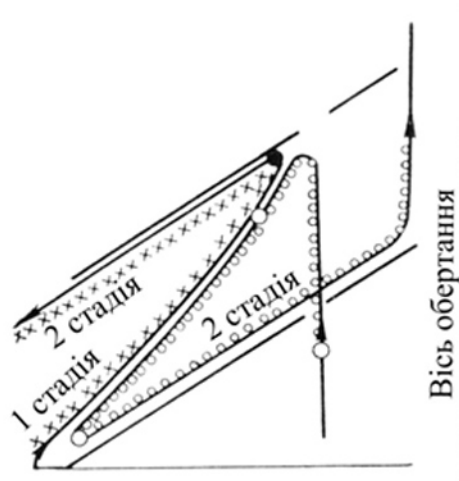


Рисунок 4.7 - Траєкторія руху частинок між тарілками (при розділенні емульсії і виділенні твердої фракції) [5]

Рідина, що сепарується, переміщається з середньою по товщині потоку швидкістю паралельно утворюючим тарілок, а для розрахунків приймають найменш сприятливі умови осадження. Такі умови відповідають початковому місцю розташування частинки на поверхні тарілки, протилежній поверхні осадження (важчої частинки, ніж середовище, - на верхній поверхні тарілки, легшої частинки - на нижній поверхні тарілки).

Виділені можуть бути ті частинки, які за час перебування в МЗ встигнуть перетнути потік і досягти поверхні сусідньої тарілки. Цей рух характеризується рівністю:

$$v \cdot t = S \quad (4.6)$$

Н. Я. Лук'янов, ґрунтуючись на дослідженнях Г. І. Бремера, визначив співвідношення конструктивних факторів і фізичних властивостей продукту, відповідно до схеми (рис.4.8) [5]

Якщо розглядати елементарний кільцевої обсяг (dV) сепаруючої частини ротора, то отримаємо:

$$dV = 2\pi \cdot R \cdot dR \cdot \delta \cdot z \quad (4.7)$$

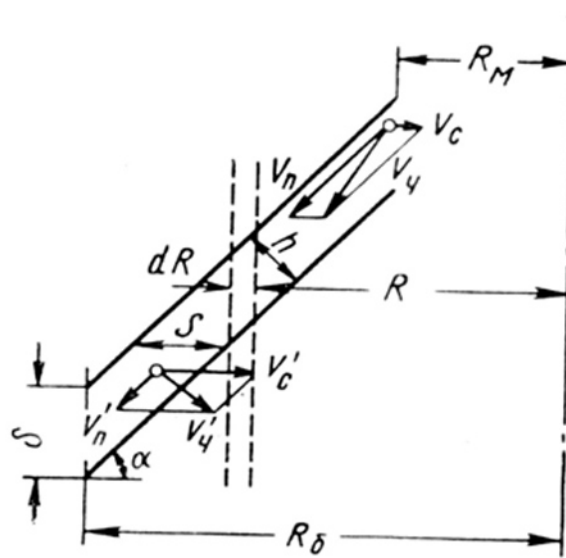


Рисунок 4.8. - Розрахункова схема процесу поділу фракцій [5]

Тривалість перебування рідини в цьому об'ємі (dT) дорівнює [5]

$$dT = \frac{dV}{Q} = \frac{2\pi \cdot R \cdot dR \cdot \delta \cdot z}{Q} \quad (4.8)$$

Частинка переміститься в горизонтальному напрямку на відстань dS :

$$dS = v_c \cdot dT = k \cdot R \cdot dT, \quad (4.9)$$

$$k = \frac{\omega^2 \cdot (\rho_1 - \rho_2)}{18\mu} \cdot d_1^2. \quad (4.10)$$

Підставляючи значення dT у вираз (3.4), одержимо

$$dS = \frac{k \cdot 2\pi \cdot R^2 \cdot \delta \cdot z}{Q} \cdot dR. \quad (4.11)$$

За час перебування рідини в МЗ просторі, обмеженому максимальним (R_e) і мінімальним (R_m) радіусами тарілки в зоні поділу, розраховувана частинка повинна переміститися в потоці плазми на відстань S .

Інтегруючи рівняння (3.6) в межах від 0 до S і від R_m до R_e отримаємо [5]:

$$S = \frac{2\pi \cdot k \cdot \delta \cdot z}{Q} \cdot dR \cdot \left(\frac{R_6^3 - R_M^3}{3} \right). \quad (4.12)$$

Але $S = \frac{\delta}{\operatorname{tg}\alpha}$,

Підставляючи значення S та k , отримуємо

$$\frac{\delta}{\operatorname{tg}\alpha} = \frac{2\pi \cdot \delta \cdot z \cdot \omega^2 \cdot (\rho_1 - \rho_2) \cdot d_1^2}{18\mu \cdot Q} \cdot dR \cdot \left(\frac{R_6^3 - R_M^3}{3} \right). \quad (4.13)$$

Підставивши $\omega = 2\pi \cdot n$ та $d_1 = 2r_1$, отримаємо співвідношення між фізичними властивостями рідини та конструктивними факторами сепаратора [5]:

$$\left[\frac{\rho_1 - \rho_2 \cdot d_1^2}{\mu} \cdot r_1^2 \right] \cdot \left[\frac{z \cdot n^3 \cdot \operatorname{tg}\alpha (R_6^3 - R_M^3)}{Q} \right] = 0.055. \quad (4.14)$$

У цьому рівнянні вираз в перших квадратних дужках характеризує фізичні властивості рідини, а вираз у других квадратних дужках - конструктивні фактори.

4.4. Встановлення граничних розмірів відсепарованих частинок

З рівняння (4.14) можна визначити розмір частинок, які можуть проникнути через товщу рідини в межтарілковому просторі (І стадія) за час перебування в ньому елементарного об'єму продукту:

$$r_1 = 0.235 \sqrt{\frac{\mu \cdot Q}{z \cdot n^3 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot (\rho_1 - \rho_2) \cdot (R_g^3 - R_m^3)}}. \quad (4.15)$$

Не завжди частинки, які досягли поверхні наступній тарілки, потрапляють в збагачений потік [5]. Необхідно, щоб частинка змінила напрямок свого руху (II стадія); це можливо при такому співвідношенні швидкостей частинки ($v_{\text{част}}$) і потоку ($v_{\text{ном}}$):

$$v_{\text{част}} \geq v_{\text{ном}}, \quad (4.15)$$

де $v_{\text{ном}}$ - швидкість руху рідини у поверхневій тарілки.

Для ламінарного потоку можна умовно прийняти параболічний закон розподілу швидкостей

$$v_x = v_{\text{max}} \cdot \left(1 - \frac{a^2}{b^2}\right), \quad (4.16)$$

$$b = 0.5h$$

Відомо, що $v_{\text{max}} = \frac{3}{2} v_{\text{cp}}$ (де $v_{\text{cp}} = \frac{m}{2\pi \cdot R \cdot h}$ - середня швидкість потоку),

тоді:

$$v_{\text{max}} = \frac{3}{4} \cdot \frac{m}{2\pi \cdot R \cdot h} = \frac{3}{4} \cdot \frac{Q}{2\pi \cdot R \cdot h \cdot z}. \quad (4.17)$$

Таким чином, розрахункова формула, що дозволяє встановити швидкість потоку в будь-якій точці міжтарілкового простору, має вигляд [5]:

$$v_x = \frac{3}{4} \cdot \frac{Q}{2\pi \cdot R_x \cdot h \cdot z} \cdot \left(1 - \frac{4a^2}{h^2}\right). \quad (4.18)$$

Визначимо швидкість потоку на відстані R_x від поверхні тарілки, що рівна діаметру частинки, урівноваження якої повинно забезпечуватися

швидкістю Стокса (точніше, однієї з її складових діючих уздовж твірної тарілки) щоб уникнути знесення частинки в загальний потік:

$$v_c = \frac{3}{2} v_{cp} \cdot \left(1 - \frac{4\left(\frac{h}{2} - d_2\right)^2}{h^2} \right), \quad (4.19)$$

звідки, якщо знехтувати малою величиною d_2^2 буде:

$$v_c = \frac{3}{2} v_{cp} \cdot \frac{4d_2}{h} = \frac{3}{2} v_{cp} \cdot \frac{8 r_2}{h}. \quad (4.20)$$

При ламінарному русі рідини між тарілками умова рівноваги на поверхні кромки тарілки виразиться так [5]:

$$\frac{3}{2} v_{cp} \cdot \frac{8 r_2}{h} = 8.764 \cdot n^2 \cdot R_g \cdot \frac{\rho_1 - \rho_2 \cdot d_1^2}{\mu} \cdot r_2^2. \quad (4.21)$$

Підставивши значення v_{cp} , можна встановити наступне співвідношення конструктивних факторів і фізичних властивостей рідини

$$\left[\frac{\rho_1 - \rho_2 \cdot d_1^2}{\mu} \cdot r_2 \right] \cdot \left[\frac{z \cdot n^2 \cdot h^2 \cdot R_g^2}{Q} \right] = 0.218. \quad (4.22)$$

Перший член лівої частини рівняння (4.22) виражає фізичні властивості рідини, другий - конструктивні фактори. З цього співвідношення встановлюється граничний розмір r_2 [5]:

$$r_2 = 0.218 \frac{\mu \cdot Q}{z \cdot n^2 \cdot h^2 \cdot R_g^2 \cdot (\rho_1 - \rho_2)}. \quad (4.23)$$

4.5. Аналіз результатів зміни розмірів відсепарованих частинок молочного жиру від температури

Розмір жирових кульок, розприділених в молоці є важливим чинником впливу на якість та ефективність сепарування. На рис. 4.3, 4.4. наведено гранулометричний склад жирових кульок в оброблюваних продуктах, при чому в цільному молоці та обробленому механічно, розподіли за розмірами значно відрізняються. Середній діаметр кульок жиру в необробленому молоці близько 4,5 мкм, а у механічно обробленому близько 1,5 мкм.

При обробці молока існує мінімальний та максимальний розмір жирових кульок, які будуть відділятися в конкретному сепараторі (формулами (4.15) та (4.23)). В них враховано, як фізичними властивості продукту рідини так і конструктивні параметри сепаратора [5].

Розрахунки за формулами (4.15) та (4.23) з врахуванням залежностей (4.4) та (4.5) представлено на рис. 4.9. та 4.10.

З рисунків видно, що і мінімальний і максимальний розмір відсепарованих частинок зростають зі збільшенням температури при інших однакових параметрах.

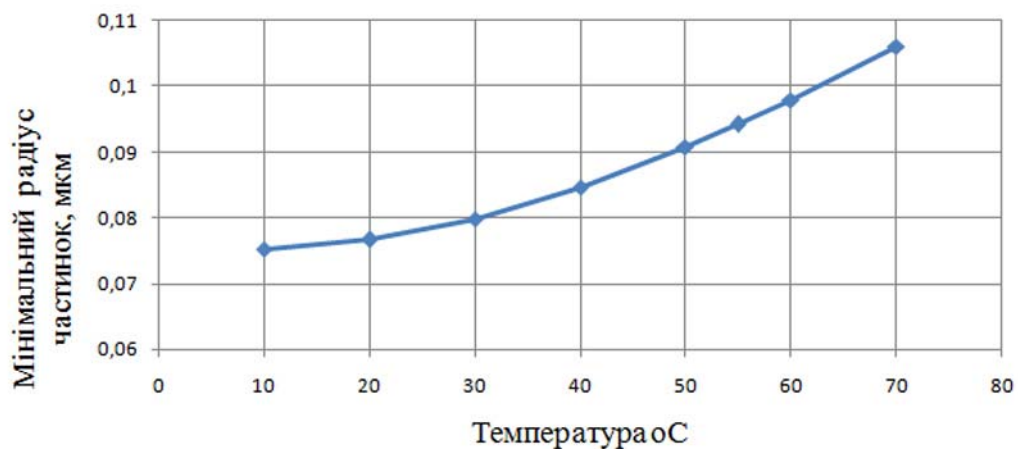


Рисунок 4.9 – Залежність мінімального радіуса відсепарованих частинок молочного жиру від температури сепарування при подачі 15000 л/год молока

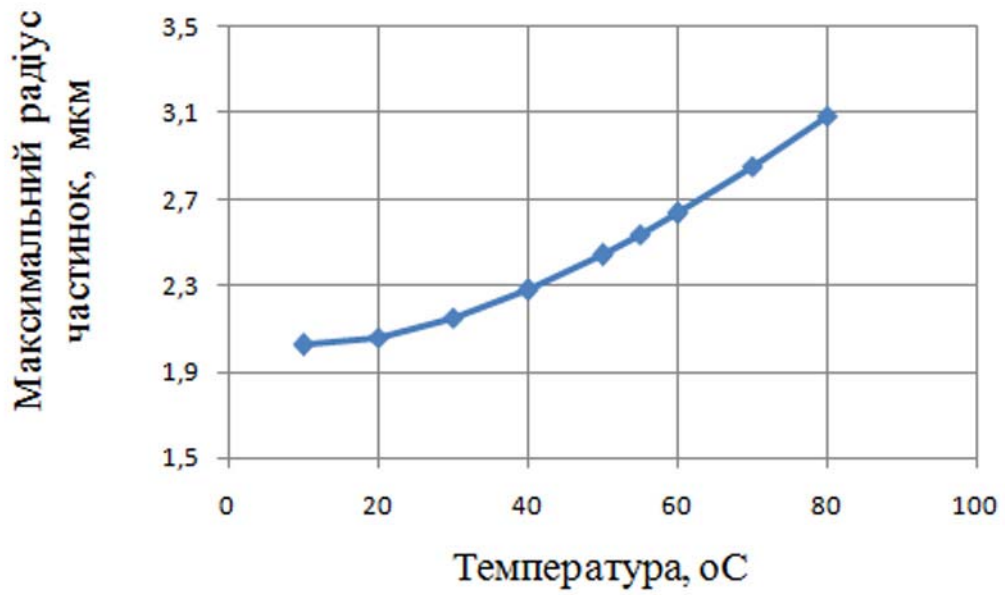


Рисунок 4.10. – Залежність максимального радіуса відсепарованих частинок молочного жиру від температури сепарування при подачі 15000л/год молока

4.6. Встановлення рекомендованої відстані між тарілками сепаратора MSE 100-01-077

Ефективність процесу відцентрового сепарування залежить від співвідношення зазору між тарілками та розмірами частинок [5]. На поверхні тарілки потрібно забезпечити осідання частинок найменших можливих розмірів і уникнення їх виносу за межі тарілок. Така відстань між тарілками визначається умовою [5]:

$$r_1 = r_2 \quad (4.24)$$

Якщо $r_1 > r_2$, то на поверхні утримуються частинки найбільшого розміру. Якщо $r_2 > r_1$ то, хоча дрібні частинки і досягнуть поверхні нижче розміщеної тарілки, частина їх буде винесена в загальний потік.

Значення r_1 не залежить від відстані між тарілками h ($r_1 = \text{const}$), тоді як значення r_2 знаходиться в зворотній залежності від h $r_2 = \frac{\text{const}}{h^2}$. Тобто оптимальну відстань між тарілками сепаратора можна визначити з графіку (рис. 4.11).

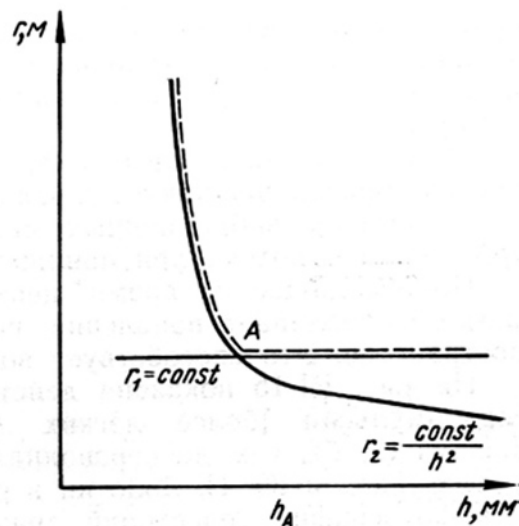


Рисунок 4.11 - Залежність радіусу частинок емульсії від відстані між тарілками [5]

З графіка (рис. 4.11) видно, що тарілки встановлені на оптимальній відстані, якщо $r_1=r_2$, оскільки, якщо $h_{факт} < h_A$ виникають умови, при яких процес лімітується значенням r_2 . Якщо $h_{факт} > h_A$, то процес лімітується значенням r_1 . Таким чином, оптимальні умови відповідають рівнянню [5]:

$$0.235 \sqrt{\frac{\mu \cdot Q}{z \cdot n^3 \cdot \text{tg} \alpha \cdot (\rho_1 - \rho_2) \cdot (R_g^3 - R_m^3)}} = 0.218 \frac{\mu \cdot Q}{z \cdot n^2 \cdot h^2 \cdot R_g^2 \cdot (\rho_1 - \rho_2)} \quad (4.25)$$

З цього рівняння визначимо оптимальну відстань між тарілками (h_{opt}):

$$h_{opt} = 0.96 \cdot \sqrt[4]{\frac{m \cdot \text{tg} \alpha \cdot (R_g^3 - R_m^3)}{R_g^4 \cdot n^2} \cdot \frac{\mu}{(\rho_1 - \rho_2)}} \quad (4.25)$$

Експериментальні дослідження різних авторів [5] підтверджують, що тарілки потрібно розташовувати на оптимальній відстані.

Розраховані значення рекомендованої відстані між тарілками для умов проведення процесу розділення вершків в сепараторі MSE 100-01-077 наведені на рис. 4.12.

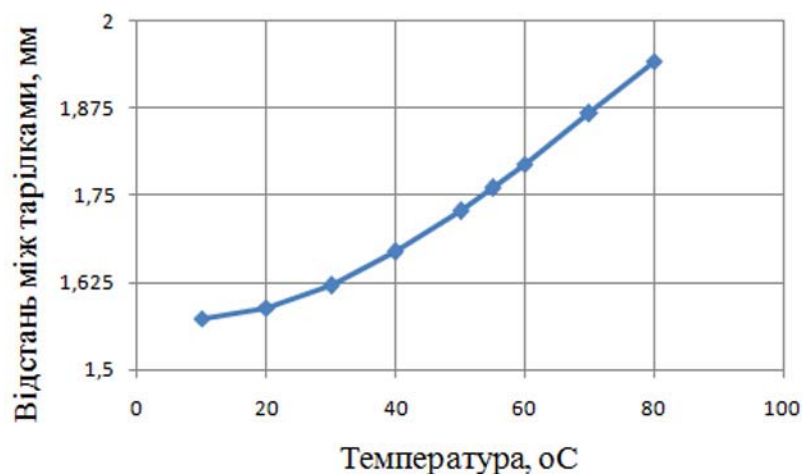


Рисунок 4.12. – Рекомендована відстань між тарілками сепаратора MSE 100-01-077 залежно від температури при подачі 15000л/год молока

На розмір відсепарованих частинок крім конструктивних особливостей сепаратора (розмірів ротора тощо) та фізичних властивостей продукту впливають також технологічні параметри, такі як подача продукту та швидкість обертання ротора.

Залежність мінімального радіуса відсепарованих частинок молочного жиру від кількості обертів ротора та подачі при температурі сепарування 55°C показана на рис. 4.3

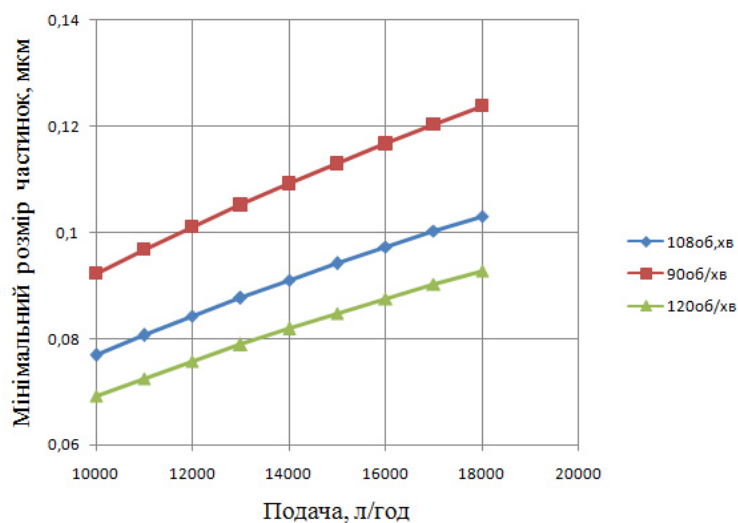


Рисунок 4.13 – Залежність мінімального радіуса відсепарованих частинок молочного жиру від кількості обертів ротора та подачі при температурі сепарування 55°C

З рисунку видно що вловлюваність частинок легкої фази за розмірами можна змінити зміною подачі та швидкості обертання БС.

4.7. Турбулізація потоку рідини при відцентровій обробці продукту

На рис. 4.7 була показана теоретична траєкторія руху частинок оброблюваного продукту в міжтарілковому просторі. Реальна траєкторія потоку і частинок відрізняється від теоретичної, що пояснюється:

а) наявністю поворотних сил, які відхиляють потік в напрямку поперечному твірній конуса тарілок;

б) наявністю вібраційних явищ при обертанні, що викликають турбулізацію потоку при знижених числах Рейнольдса.

Осадження твердої фази, що відбувається під час сепарування, обумовлює появу поперечних струмів в міжтарілковому просторі. Це сприяє виникненню турбулентного режиму.

На рис. 4.14 показана дійсна [5] траєкторія руху частинок (легших (рис. 4.14, а) і важчих (рис. 4.14, б), ніж дисперсійне середовище) з урахуванням поворотних сил [5]. Траєкторії залежить від багатьох факторів, зокрема, від швидкості обертання. Збільшення швидкості обертання БС в загальному інтенсифікує процес, але знижує критичні числа Рейнольдса і турбулізує потік.

Здійснюють вплив також вібраційні явища [5].

При високих частотах обертання БС сучасного обладнання, і відповідно більших амплітудах коливань сепараторів, критичні числа Рейнольдса, що характеризують перехід від ламінарного руху до турбулентного, зменшуються приблизно на 50%. У розбалансованих сепараторах турбулізація настає ще раніше. Збільшення параметрів коливань погіршує якість розділення продукту сепаратором, збільшує знос деталей і потрібну потужність. Наприклад [5], збільшення амплітуди коливання горлового підшипника сепаратора для обробки молока з 0,03 до 0,17 мм погіршує чистоту знежирення молока приблизно в 1,5 рази.

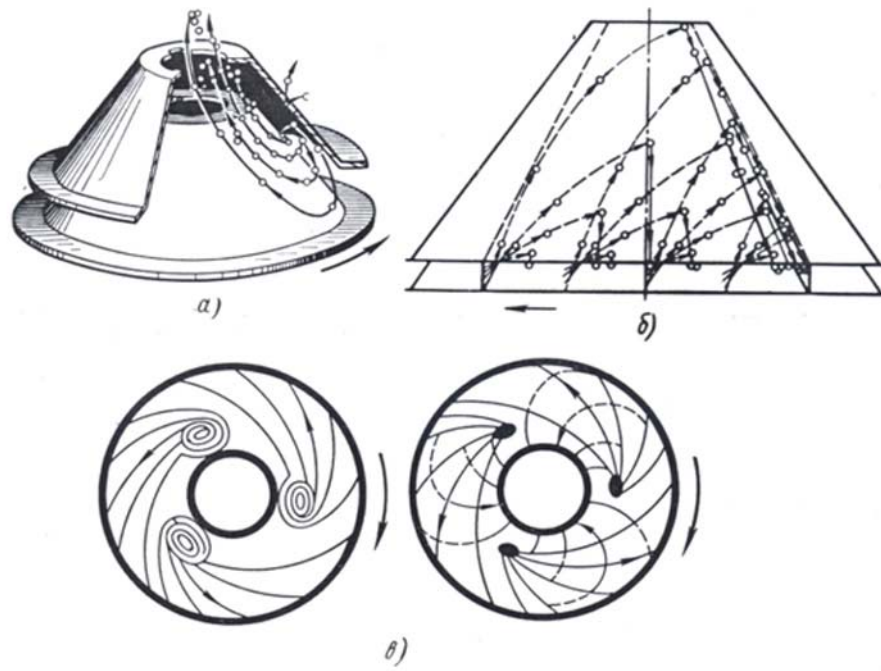


Рисунок 4.14. - Схема руху частинок в міжтарілковому просторі [5]:
 а - рух частинок легшої фракції; б - рух частинок важчої фракції;
 в - траєкторії руху однорідної рідини і фракцій при сепаруванні

4.8. Конструктивні параметри тарілок

Кількість отворів в тарілках має бути мінімальною (зазвичай 3-4), але достатньою для того, щоб на периферії рідина встигала розтікатися по усьому колу. Відстань між отворами повинна забезпечувати безперешкодний відтік легкої фракції з урахуванням її кількості і в'язкості. Істотний вплив на процес розділення має також кромка тарілок, яка повинна забезпечувати необхідний підпір рідини, від чого залежить розтікання рідини на периферії по довжині всього кола.

Радіус розташування отворів R_o рекомендується визначати за формулою [5]

$$R_o = \sqrt{\frac{\varphi \cdot R_g^2 + R_m^2}{1 + \varphi}} \quad (4.26)$$

Кут нахилу твірної конуса зазвичай приймають від 45 до 60 °; він повинен забезпечувати ковзання осаджених частинок по поверхні.

Рекомендований радіус розташування отворів R_o залежить від розмірів тарілок та фізичних властивостей розділювальних середовищ (формула 4.26).

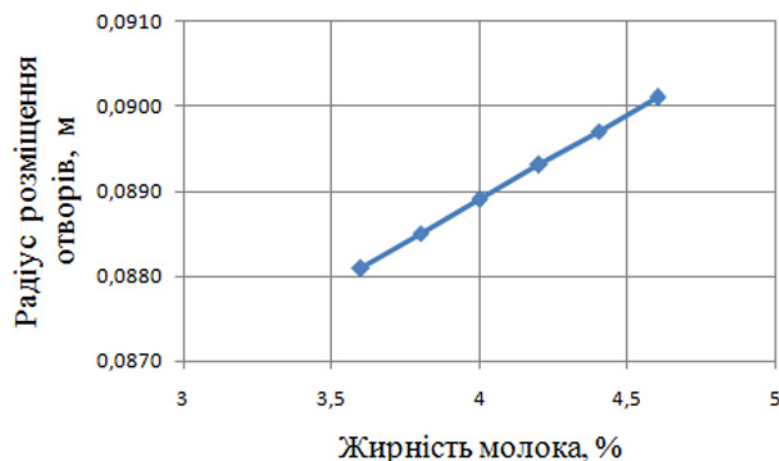


Рисунок 4.15. – Рекомендований радіус розміщення отворів на тарілках сепаратор залежно від жирності молока

Розрахований рекомендований радіус розміщення отворів на тарілках залежно від жирності молока показано на рис 4.15.

Отримані результати дозволяють регулювати ефективність відділення вершків на сепараторі під час його експлуатації.

На рис. 1.1. показана схема технологічна схема обробки молока з використанням сепаратора MSE 100-01-177, що враховує можливість регулювання подачі молока на сепарування.

Одержані результати можуть бути використані при проведенні процесів відцентрового сепарування в молокопереробній та інших галузях, де використовується аналогічне обладнання.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Охорона праці

5.1.1. Вимоги пожежної безпеки до утримання будівель, споруд, приміщень молокопереробних підприємств

На молокопереробних підприємствах слід суворо дотримуватися загальних та галузевих норм та правил техніки безпеки. Працівникам належить чітко дотримуватись вимог пожежної безпеки, регламентованих “Інструкцією про заходи з пожежної безпеки для приміщень розташованих на території молокозаводу”, яка розроблена і затверджена на підприємстві. Ця інструкція поширюється на всі виробничі, складські, допоміжні та інші приміщення і встановлює вимоги пожежної безпеки, порядок дій у разі виникнення пожежі в приміщеннях. Вона є обов’язковою для вивчення та виконання відповідальною особою за пожежну безпеку, усіма працівниками та відвідувачами, які знаходяться в приміщеннях, також для технічних працівників та обслуговуючого персоналу. Усі працівники під час прийняття на роботу і в процесі роботи повинні проходити протипожежний інструктаж та перевірку знань з питань пожежної безпеки. На зовнішньому боці дверей повинна бути вивішена інформаційна карта, що характеризує вибухопожежну та пожежну небезпеку товарів, речовин та матеріалів, їх кількість та заходи, які слід взяти під час гасіння пожежі.

Не допускається знімати з дверей пристрої для самозачинення, фіксувати такі двері у відчиненому положенні, зберігати, у тому числі тимчасово, інвентар та різні матеріали у тамбурах виходів, у шафах для інженерних комунікацій, зачиняти на замки та інші запори, що важко відчиняються зсередини, зовнішні евакуаційні двері у разі знаходження в будівлі людей.

Безпека цехів забезпечується заходами по запобіганню пожеж і вибухів: системою пожежного захисту, системами вибухопередження і вибухозахисту, у відповідності з вимогами нормативних актів з пожежної безпеки.

Зовнішні огорожувальні конструкції цеху, сходових маршів, повинні бути забезпечені легкоскидаємими конструкціями, площа яких визначається розрахунком, а також системою локалізації вибуху.

Усі приміщення повинні своєчасно очищатися від горючого сміття, відходів виробництва і постійно утримуватись в чистоті. Прибирання проходів в цеху, в тому числі на даху будівлі, слід проводити з суворим дотриманням графіку. Роботи з очищення технологічного обладнання повинні проводитись у відповідності з технологічним регламентом та записуватись в журналі відповідальної особи.

Будівля молокозаводу повинна бути обладнана блискавко захисними пристроями, відповідно до вимог правил пожежної безпеки і діючих методик.

Меблі та обладнання мають розміщуватися таким чином, щоб забезпечувався вільний евакуаційними прохід до дверей виходу з приміщення. Евакуаційні шляхи та виходи необхідно постійно утримувати вільними, нічим не захарашувати.

Використання нестандартних опалювальних приладів у приміщенні молокозаводу забороняється. Електромережі, електроприлади і апаратура повинні експлуатуватися тільки у справному стані з урахуванням вказівок та рекомендацій підприємств-виготовлювачів. У разі пошкоджень електромереж, вимикачів, розеток та інших електровиробів слід негайно вимкнути їх та вжити необхідних заходів щодо приведення у пожежобезпечний стан.

Основні вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки при експлуатації обладнання:

- загальне розташування обладнання повинно забезпечити необхідні проходи і вільні підходи до нього;

- робота обладнання і його навантаження повинні відповідати вимогам паспортних даних і технологічного режиму;
- деталі і вузли машин, які мають поступово-зворотній рух або рухаються навколо осі, повинні бути відбалансовані і перевірені на врівноваженість їх маси;
- машини повинні знаходитись в справному стані, відрегульовані, працювати плавно, без невластивого їм шуму, ривків, наростаючої вібрації, заїдання, або підвищеного тертя рухомих частин механізмів;
- температура підшипників машин і механізмів під час роботи не повинна перевищувати температуру навколишнього повітря більше ніж на 45 °С і повинна бути у всіх випадках не вище 60 °С;
- підшипники повинні регулярно змащуватись;
- привідні ремені і стрічки конвеєрів та інших транспортуючих машин повинні мати нормальний натяг, який включає їх буксування і провисання, а також тертя до огорожувальних кожухів;
- У складських приміщеннях забороняється зберігання різних легкозаймистих предметів.

5.1.2. Заходи безпеки при експлуатації сепаратора марки MSE 100-01-177

При монтажу та експлуатації машини необхідно дотримуватися загальних правил техніки безпеки устаткування для харчових підприємств.

До обслуговування машини допускаються особи, які не молодші 18 років, які вивчили будову і принцип роботи сепаратора, та пройшли інструктаж і освоїли безпечні прийоми роботи. Персонал, що обслуговує сепаратор, повинен володіти безпечними методами роботи і дотримуватися запобіжних заходів. Робітники, які обслуговують сепаратор марки MSE 100-01-177, повинні дотримуватись правил внутрішнього трудового розпорядку. Згідно галузевих норм робітникам видається спецодяг. Заміна робітника

може бути зроблена лише майстром і тільки на робітника, який пройшов інструктаж і практичне навчання з техніки безпеки.

2. Робоче місце повинне бути освітлене (не менш 60 Люкс) і постійно утримуватися в чистоті і порядку.

3. При проведенні монтажних, ремонтних та налагоджувальних робіт використовувати інструмент і пристрої слід тільки по призначенню.

4. Сепаратор слід підключати до мережі змінного трьохфазного струму з заземленою нейтраллю.

5. Провід заземлення необхідно надійно закріпити на корпусі.

6. Під час пусконалагоджувальних робіт:

– на обладнанні не повинні знаходитися сторонні предмети;

– огороження повинні бути надійно закріплені.

При обслуговуванні сепаратора марки MSE 100-01-177 є такі небезпечні і шкідливі виробничі фактори: небезпечні – деталі привода, падіння деталей при їх заміні, підвищена напруга електричного струму, статична електрика; шкідливі – підвищений шум.

Характерні травми можуть виникати через обслуговування складових обладнання на ходу в результаті захвату рук, одягу деталями, що обертаються, падіння деталей через невикористання засобів механізації при їх заміні. При нещасному випадку робочий повинен вміти надати першу допомогу.

Перед початком роботи необхідно:.

- ознайомитися з результатами роботи попередньої зміни, вияснити всі технічні неполадки в роботі обладнання, їх причини і способи усунення;

- уважно оглянути робоче місце і перевірити чи нема на робочому місці сторонніх предметів; чи вільні проходи, перевірити справність освітлення, підключення заземлення; зовнішнім оглядом перевірити справність електроапаратури і проводів, змонтованих на обладнанні; наявність, справність інструментів;

- перевірити наявність і справність огорожень приводів, запобіжних решіток;

- у випадку знаходження несправностей треба повідомити майстра і діяти по його вказівці.

При пуску сепаратора треба впевнитися, що на ньому нема сторонніх предметів, інструментів і приспособлень.

Електропроводка не повинна мати порушень ізоляції, а місця підключення повинні бути ретельно ізольовані.

Електроустаткування в цеху і сепаратор повинні бути заземлені. При відсутності заземлення забороняється включати електроустаткування. Усі роботи з огляду, ремонту й очищенню електроустаткування повинні проводитись тільки при цілком знятій напрузі.

Важливе місце в безпечній роботі приділяється пристроям для пуску і зупинки машин. Вони повинні бути надійними, легкодоступними для користування з робочого місця, добре помітними і не вимагати великих зусиль. Найбільше зручне кнопкове керування.

При отриманні травми на виробництві слід негайно звернутися в медпункт і повідомити керівництво про нещасний випадок та причині якими він був викликаний.

Помітивши порушення правил безпеки іншими робітниками або небезпечність для оточуючих, слід не лишатись байдужими, а попередити робітників і керівництво про необхідність виконання правил техніки безпеки.

Дотримання правил та виконання заходів з охорони праці та техніки безпеки при експлуатації сепаратора марки MSE 100-01-077 забезпечить безпечні умови роботи, зменшить травматизм, і як наслідок забезпечить підвищення продуктивності праці та її якості.

5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

5.2.1 Оцінка стійкості роботи харчових підприємств в надзвичайних ситуаціях

Згідно Кодексу цивільного захисту України від 02.10.2012р. громадяни України мають право на захист свого життя і здоров'я від наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха. Держава як гарант цього права створює систему цивільного захисту, яка повинна захистити населення від небезпечних наслідків аварій і катастроф техногенного, екологічного, природного та воєнного характеру. Цивільний захист України є державною системою органів управління силами і засобами, що створюються для організації забезпечення захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій (НС) .

Оцінка рівня стійкості харчового підприємства проводиться робочими групами до яких залучають головних спеціалістів (головного інженера, головного технолога) під загальним керівництвом начальника ЦЗ об'єкта та штабу ЦЗ. В результаті оцінки стійкості підприємства у можливих надзвичайних ситуаціях розробляються необхідні науково обґрунтовані інженерно-технічні заходи. При оцінці стійкості об'єкта користуються відповідною нормативно-технічною документацією.

На підприємстві досліджують стан:

- технологічного процесу;
- верстатного та технологічного обладнання;
- будівель та споруд;
- управління виробництвом;
- підготовленості персоналу;
- забезпечення засобами захисту;

- матеріально-технічного постачання і транспорту;
- комунально-енергетичних мереж.

Основними завданнями оцінки стійкості харчового підприємства є визначення []:

- стійкості будинків, споруд, технологічного та іншого устаткування, наземних і підземних комунікацій при дії на них факторів надзвичайних ситуацій, у т. ч. води, тиску повітряних потоків;
- стану пожежної безпеки будинків та споруд;
- умов постачання енергії, води, сировини, матеріалів та інструментів;
- можливості роботи об'єкту умовах радіоактивного, хімічного забруднення:
- величини можливих збитків, завданих при виникненні надзвичайних ситуацій, та величини відшкодувань, якщо причиною НС стало підприємство;
- можливості та доцільності відновлення об'єкту залежно від ступеня його руйнування.

Після проведення оцінки стійкості розробляються заходи, які необхідно провести на об'єкті з метою підвищення стійкості його роботи в умовах надзвичайних ситуацій. При розробці заходів виходять з результатів всебічного дослідження підприємства усіма групами фахівців. Заходи повинні бути максимально ефективними при мінімальних затратах, тому в першу чергу увагу звертають на найбільш уразливі місця об'єкта. Заходи щодо підвищення стійкості підприємства об'єднують у єдиний план удосконалення виробничого процесу, реконструкції та капітального ремонту.

5.2.2. Знезараження продовольчих та непродовольчих товарів

Зараження та забруднення продовольчих та непродовольчих товарів під час надзвичайних ситуацій відбувається [] :

- при зберіганні на відкритому повітрі чи у недостатньо загерметизованих приміщеннях;
- при перевезенні на відкритому, а також на закритому, але зараженому, транспорті;
- при контакті із зараженим устаткуванням, особливо для харчових продуктів;
- при упаковці продукції в заражену тару;
- при навмисних діях терористів, психічно неврівноважених людей та під час диверсійних акцій чи військових дій:
 - у випадку біологічного забруднення - від контакту із комахами, тваринами, людьми, які були зараженими.

Основним методом захисту продовольчих та непродовольчих товарів є максимальна їх ізоляція від зовнішнього середовища. Значно зменшує ризик забруднення та зараження товарів під час катастроф і стихійних лих:

- раціональне розміщення складів;
- розосередження запасів товарів;
- герметизація складських приміщень;
- використання спеціальної тари для зберігання продовольчих та непродовольчих товарів;
- широке використання підвалів та інших укриттів.

Радіоактивне забруднення. У щільні непористі продукти (м'ясо, риба, овочі, фрукти) радіоактивний пил не проникає, але до поверхні прилипає дуже міцно; в пористі продукти (хліб, сухарі і т.д.) проникає на глибину пор; в сипучі проникає тим глибше, чим більші частки продукту і більші повітряні прошарки між ними, зокрема в борошно — до 15 мм; у крупу - до 40 мм, у

сіть - до 120 мм, у картоплю (насіпом) — до 150 мм. В рідких продуктах великі частинки радіоактивного пилю осідають на дно тари (водоймища), крім в'язких продуктів, а дрібні частинки можуть утворювати дисперсні розчини.

М'ясо тварин та птахів, що перебували на забрудненій території та споживали забруднені корми і воду, є повністю забрудненим радіоактивними речовинами і непридатним для споживання.

Зараження отруйними речовинами. Продовольчі товари, вода та непродовольчі товари можуть бути заражені крапельно-рідкими отруйними речовинами, їх парами і аерозолями. Глибина проникнення у матеріали залежить як від пористості матеріалу, так і фізичних властивостей. Для щільних харчових продуктів (м'ясо, сало, жир, масло) глибина проникнення становить 5-10 мм; в сипкі продукти - борошно та крупу отруйні речовини проникають на глибину 20-30 мм. Рідкі продукти та вода заражаються по всьому об'єму. Зокрема, іприт проникає в цеглу на 6-10 мм, дерево - до 6 мм, в тканини — наскрізь.

Біологічне зараження. Мікроорганізми можуть довгий час зберігати свою життєдіяльність, а за сприятливих умов у спорівій формі — десятки років. Глибина зараження харчових продуктів практично така ж, як і радіоактивних речовин. При ньому потрібно враховувати можливість розвитку мікроорганізмів на поверхні та у товщі продуктів, що веде до збільшення глибини зараження. На розвиток мікроорганізмів впливає наявність сонячного світла, температура зберігання продукту, вид продукту тощо.

Контроль за зараженими і забрудненими продовольчими та непродовольчими товарами і водою здійснюється, як правило, постами радіаційного та хімічного спостереження і хімічними лабораторіями. Знезараження проводиться на складах і виробничих приміщеннях, а також на спеціально устаткованих майданчиках знезараження.

ВИСНОВКИ

Використання сепараторів у виробництві молочних та інших харчових продуктів сьогодні є дуже широким. Це сепарація теплого молока, холодного молока, сироватки, сколотин, очищення молока та сироватки, нормалізація молока, видалення бактерій з молока і молочних продуктів. Вони використовуються також при виробництві таких продуктів як: сир (м'який сир), подвійний вершковий сир, молочний жир, суха знежирена сироватка, для оптимізації виробництва лактози. Окремі технологічні операції вже неможливо виконати без допомоги спеціально розроблених сепараторів.

В кваліфікаційній роботі було встановлені співвідношення між конструктивними й технологічними факторами в процесі відділення вершків на сепараторі MSE 100-01-177 та розробленні рекомендацій щодо дотримання оптимальних режимів його роботи та модернізації.

За результатами дослідження сформульовані рекомендації щодо дотримання раціональних режимів роботи сепаратора MSE 100-01-177 з врахуванням співвідношення між конструктивними й технологічними факторами в процесі відділення вершків. В якості модернізації даного сепаратора рекомендується його комплектація за бажанням виробника продукції різними пакетами розділювальних тарілок з різними зазорами, наприклад 1.4, 1.6, 1.8, 2 мм ними та іншим радіусом розміщення отворів для відводу вершків з можливістю їх заміни при зміні технологічних параметрів виробництва.

Одержані результати можуть бути використані при проведенні процесів відцентрового сепарування в молокопереробній та інших галузях, де використовується аналогічне обладнання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Закалов О.В. Технологічне обладнання харчових виробництв/ О.В. Закалов, І.О. Закалов. – Тернопіль: 2000. – 406с.
2. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. /За ред. І.С.Гулого – Вінниця: Нова книга, 2001. –576с.
3. Масло и молочный жир. GEA Mechanical Equipment. ООО «ГЕА Вестфалия Сепаратор Си Ай Эс». www.westfalia-separator.ru
4. Сепараторы ГЕА Вестфалия. Сепаратор для молочной промышленности. GEA Mechanical Equipment. ООО «ГЕА Вестфалия Сепаратор Си Ай Эс». www.westfalia-separator.ru
5. Основы расчета и конструирования машин и автоматов пищевых производств. / Под ред. А.Я.Соколова – М.: Машинобудування, 1969, - 637с.
6. Азаров Б.М. Технологическое оборудование пищевых производств. / Б.М. Азаров. – М.: Агропромиздат, 1988. –462с.
7. Сурков В.Д. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности/ В.Д. Сурков, Н. Н. Липатов, Ю.П. Золотин. – М.: Пищевая промышленность. – М.: Пищевая промышленность, 1983. –430с. 368с.
8. Машкін М. І. Технологія молока і молочних продуктів: Навчальне видання./ М.І. Машкін, Н.М. Париш Н. М. , — К.: Вища освіта, 2006. — 351 с.: іл
9. Бредихин С.А. Технология и техника переработки молока./ С.А.Бредихин, Ю.В. Космодемьянский, В.Н. Юрин. – М.: Колос, 2003. – 400с.
10. Лисовенко А.Т. Технологическое оборудование и пути его совершенствования/ А.Т. Лисовенко. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. -208с.

*IV Міжнародна студентська науково - технічна конференція
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ НАУКИ. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"*

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)
Донбаська державна машинобудівна академія



Студентське наукове товариство



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

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"

28-29 квітня 2021 р.

(збірник тез конференції)

Тернопіль 2021

УДК 637.024

Василько М. – ст. гр. МОНМ-61

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ СЕПАРАЦІЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ

Науковий керівник: к. т. н., доцент Зварич Н.М.

Vasyiko M.

Terнопil Ivan Puluj National Technical University

WAYS TO INCREASE EFFICIENCY OF SEPARATION'S PROCESSES OF RAW MILK

Supervisor: Ph.D., Ass. Pr. Zvarych N.

Ключові слова: відцентрова сепарація, переробка молочної сировини
Keywords: centrifugal separation, raw milk preparation

Процеси відцентрового поділу молочної сировини сьогодні широко використовуються при виробництві молочних продуктів. Найбільш використовуваними є знежирення молока, відцентрове очищення, нормалізація молока.

Знежирення молока - відділення легкої дисперсної фази (молочного жиру) з метою максимально можливого вилучення її з цільного молока на сепараторах-вершковідділювачах. У результаті отримують вершки і знежирене молоко. На процес знежирення молока впливають ряд параметрів, які необхідно враховувати для підвищення його ефективності: температура сепарування, правильність встановлення продуктивності сепаратора і жирності одержуваних вершків, цикл сепарування сепаратора з ручним періодичним вивантаженням осаду, час між розвантаженнями сепаратора з відцентровим безперервним вивантаженням осаду. Також, на ефективність процесу впливають якість транспортування молока; режими попереднього зберігання, інтенсивність перемішування; переключування молока по трубах тощо. Причому, чим менший механічний вплив і тривалість витримки перед сепаруванням, тим повніше відбудеться розділення. Теплова обробка, як охолодження, так і нагрівання, також негативно впливає на якість знежирення, що пояснюється зміною фізико-хімічних властивостей молока.

Відцентрове очищення молока слід розглядати як спосіб збереження його якості під час переробки. Ефективним є холодне очищення молока, яке слід здійснювати на спеціальних сепараторах, які забезпечують гідродинамічні параметрами течії продукту.

Для нормалізації молока в потоці використовуються, зазвичай, сепаратори-вершковідділювачі напівгерметичного типу. Нормалізація здійснюється шляхом змішування потоків знежиреного молока і вершків у певному співвідношенні після виходу продуктів сепарування з сепаратора. Гомогенізація молока в барабані сепаратора є альтернативою дроблення жирових кульок в плунжерному гомогенізаторі. При цьому спостерігається дещо менший ефект гомогенізації, але й менша енергоємність процесу, одночасно відбувається відцентрове очищення молока, що також знижує витрати на його обробку. Удосконалення процесу сепарування вершків також слід проводити з урахуванням впливу на нього інших параметрів: жирності вихідних вершків, ступеня дестабілізації жиру в них, кислотності плазми, температури сепарування і тривалості роботи сепаратора.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИКЛІЧНОЇ МІЩНОСТІ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ СТАЛІ Ст3пс	
Кунець Р., Спас П. ОЦІНКА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ МОБІЛЬНИХ МАШИН	230
Макар А. ЗАЛИШКОВІ НАПРУЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЇ ПРИ НАПЛАВЛЕННІ НАГРІВАЛЬНОЮ СИСТЕМОЮ ІНДУКТОР ТЕПЛОВИЙ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ ЕКРАН	231
Молчанов А. УЛЬТРАЗВУКОВА ДЕФЕКТОСКОПІЯ ЗВАРНОГО ШВА МАГІСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДУ	232
Петровський А. ОСТИГАННЯ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ДЕТАЛІ ПІСЛЯ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ	233
Суда О. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОДНОКОНТАКТНОГО ТОЧКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ	235
Козак М. ДОСЛІДЖЕННЯ ВІЛИВУ РЕАКТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПРОЦЕС УЛЬТРАЗВУКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ	237

Обладнання харчових виробництв

Секція:

Головко А. ОСОБЛИВОСТІ ЗВОРОТНЬОГО ІНЖИНІРИНГУ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	239
Дасилько М. ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ СЕПАРАЦІЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ	240
Доботчук Ю. ВІЛИВ ВЖИВАННЯ ХЛІБУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ	241
Рудакевич М. ПЕРЕВАГИ БАГАТОКОРПУСНИХ ВАКУУМ – ВИПАРНИХ УСТАНОВОК	242
Сембрат В. ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ШНЕКОВИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНAMI	243
Парфянчук Н. ІДЕНТИФІКАЦІЯ РУХІВ ВКАЗІВНОГО ПАЛЬЦЯ ЛЮДИНИ ЗА ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОСІГНАЛАМИ	244
Савка Б., Гриньок І. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕДИЧНИХ	245