



Кафедра  
**ОПХВ**  
імені професора  
Ф.Ю.Ялпачика

Самойчук К.О., Кюрчев С.В.,  
Паляничка Н.О., Верхованцева В.О.,  
Петриченко С.В., Ковальов О.О.

# ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ГАЛУЗІ. ПЕРЕРобКА ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА

ПОСІБНИК-ПРАКТИКУМ



Мелітополь 2020

УДК 664.9.002.5(076)

I - 67

*Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради механіко-технологічного факультету Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.*

**Автори:** Викладачі кафедри Обладнання переробних та харчових виробництв імені професора Ф.Ю. Ялпачика Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного

**Самойчук К. О.**, доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри

**Кюрчев С. В.**, доктор технічних наук, професор, декан МТФ

**Паляничка Н. О.**, кандидат технічних наук, доцент

**Верхоланцева В. О.**, кандидат технічних наук, доцент

**Петриченко С. В.**, кандидат технічних наук, доцент

**Ковальов О. О.**, асистент

**Рецензенти:**

**А. В. Погребняк**, доктор технічних наук., професор кафедри готельно-ресторанної справи та товарознавства Університета митної справи та фінансів

**А. А. Волошина**, доктор технічних наук, професор кафедри мехатронних систем та транспортних технологій Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного

I - 67 Інноваційні технології та обладнання галузі. Переробка продукції тваринництва: посібник-практикум / К. О. Самойчук, С. В. Кюрчев, Н. О. Паляничка, В. О. Верхоланцева, С. В. Петриченко, О. О. Ковальов; ТДАТУ. – Мелітополь: видавничо-поліграфічний центр «Forward press», 2020. – 250 с.

ISBN

Практикум рекомендований для студентів закладів вищої освіти III і IV рівня акредитації для використання у навчальному процесі підготовки з дисципліни „Інноваційні технології та обладнання галузі“.



## **ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ**

*світлій пам'яті друга і колеги, викладача та чудової людини, справжнього професіонала своєї справи, відданої і шанованої людини, кандидата технічних наук, доцента кафедри „Обладнання переробних і харчових виробництв імені професора Ф.Ю. Ялпачика”*

*Шаврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного, автора і співавтора багатьох наукових видань*

**БУДЕНКО СЕРГІЮ ФЕДОРОВИЧУ.**

## ЗМІСТ

Лабораторна робота Гідродинамічні кавітаційні пристрої для обробки харчових середовищ.....	8
Лабораторна робота Машини і обладнання для гомогенізації молока.....	28
Лабораторна робота Роторно-пульсаційні апарати для диспергування емульсій.....	53
Лабораторна робота Установки струминної гомогенізації молока з роздільним подаванням вершків.....	71
Лабораторна робота Установка для протитечійно-струменевої гомогенізації молока.	89
Лабораторна робота Фризери періодичної дії для виробництва морозива.....	107
Лабораторна робота Виробництво вершкового масла в масловиготовлювачах періодичної дії.....	132
Лабораторна робота Обладнання для виробництва бринзи.....	158
Лабораторна робота Апарати для плавлення сирної маси.....	178
Лабораторна робота Технологічне обладнання для виробництва напівфабрикатів в тісті.....	200
Лабораторна робота Обладнання для виробництва м'ясних напівфабрикатів .....	225
Список рекомендованої літератури.....	249

## ОРГАНІЗАЦІЙНО-МЕТОДИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ

Основною метою проведення робіт, наведених у даному посібнику, є закріплення теоретичних знань, поглиблення і конкретизація відомостей про технологічне обладнання переробних та харчових виробництв, придбання навичок у його експлуатації.

Включені в даний посібник роботи висвітлюють досвід організації лабораторних робіт на кафедрі „Обладнання переробних і харчових виробництв ім. професора Ф.Ю. Ялпачика“ Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного (ТДАТУ, м. Мелітополь), відповідають тематиці робіт і переліку обладнання, що рекомендуються навчальною програмою підготовки з навчальної дисципліни „Інноваційні технології та обладнання галузі“.

У методичних вказівках до лабораторних робіт, наведених у посібнику, витримується єдина структура: мета і завдання роботи, загальні відомості за темою роботи, оснащення робочого місця, вимоги техніки безпеки, методики досліджень, які виконують студенти, обробка результатів та зміст звіту. Передбачені контрольні питання та тестовий контроль.

Метою посібника є викладення загальних теоретичних відомостей до кожної роботи, що дозволить поглиблено використовувати його при підготовці до лабораторних робіт та підсумкового іспиту за завершенням курсу. Посібник може бути корисним для слухачів факультетів підвищення кваліфікації, студентів заочної форми навчання, а також фахівців інженерно-технічної служби переробних та харчових виробництв.

Виконання лабораторних робіт дозволяється тільки після того, як студент ознайомиться з загальною інструкцією та особливими вимогами з техніки безпеки на відповідному робочому місці.

Перед роботою викладач разом з майстром виробничого навчання (лаборантом) перевіряє оснащення робочих місць лабораторії.

Комплект документів включає у себе методичні вказівки, необхідну літературу, плакати, опис робочого місця, правила техніки безпеки.

Перед кожною лабораторною роботою викладач в усній бесіді визначає теоретичну підготовленість до виконання даної роботи та знайо-

мить студентів з інструкцією з техніки безпеки; у кожній ланці (бригаді) студентів призначає відповідального за дотримання порядку, підтримання чистоти, зберігання засобів оснащення і інструменту на робочому місці.

При виконанні робіт студент повинен керуватися алгоритмом:

- уяснити мету роботи, проробити теоретичний розділ;
- усвідомити будову і склад основного лабораторного обладнання, розглянути відповідні нормативні та довідкові документи, призначені для виконання лабораторної роботи;
- виконати (при необхідності) попередні розрахунки за темою роботи, сформулювати вихідні дані на проведення експерименту;
- налаштувати лабораторну установку та допоміжні контрольно-вимірні прилади;
- провести експериментальну частину роботи та обробити одержані результати дослідів;
- прибрати робоче місце, привести обладнання і комплект інструменту у вихідний стан, здати робоче місце лаборантові (учбовому майстру);
- оформити звіт з лабораторної роботи і пред'явити його викладачеві.

Під час занять викладач контролює самостійне виконання лабораторної роботи, дає пояснення на запитання.

Звітність з виконання роботи включає оформлення студентом письмового звіту, співбесіду з викладачем та виконання тестового контролю.

Типовий звіт з роботи, крім деяких особливих вимог, включає:

- тему і мету роботи;
- опис оснащення лабораторної роботи натурними зразками, пристосуваннями, оснасткою, інструментом;
- послідовність проведення експериментальної частини роботи (у відповідності до її вмісту – операції, виміри, тощо);
- результати виконання експериментальної частини (таблиці вимірів, графіки залежностей), висновки по окремих експериментах;
- загальні висновки по роботі.

Практикум не передбачає окремого загального списку літератури, для спрощення користування список літературних джерел приводяться у кожній роботі.

## ЗАГАЛЬНА ІНСТРУКЦІЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

Лабораторні роботи виконуються у спеціально призначених лабораторіях, обладнаних підводом електроенергії, водопостачанням, водовідводом, а також засобами пожежогасіння.

На першому занятті викладач проводить вступний інструктаж з техніки безпеки, що реєструється у відповідному журналі під розпис.

### Загальні вимоги

До лабораторної роботи допускаються студенти, які знають будову, принцип роботи, правила експлуатації лабораторної установки та пройшли інструктаж з правил безпеки.

### При підготовці до лабораторної роботи:

- до початку лабораторної роботи кожен студент зобов'язаний ознайомитися з правилами безпеки при виконанні даної роботи;
- перед початком роботи пересвідчитись у справності і ефективності витяжної вентиляції (якщо вона має місце) та інших захисних засобів;
- не починати виконання експериментальної частини роботи без засобів індивідуального захисту (спецодягу, окулярів, рукавичок, тощо);
- не починати виконання експериментальної частини роботи без відповідного розпорядження викладача або лаборанта;
- при використанні лабораторних установок з електричним обладнанням безпосередньо перед вмиканням перевірити захисне заземлення (занулення), стан електропроводки та пускової апаратури.

### Під час виконання роботи:

- не тримати на робочому місці сторонні предмети;
- не переходити самовільно на інші робочі місця і не пересуватися без потреби по лабораторії;
- перед виконанням експерименту розподілити обов'язки між членами бригади (ланки) і чітко додержуватись у процесі досліджень;
- не скупчуватись навколо робочого місця, дбати про вільні проходи до аптечки та інвентарю пожежогасіння;

### Після закінчення експериментальної частини роботи:

- привести лабораторну установку у вихідне положення, прибрати та здати робоче місце лаборанту або викладачу.

У разі виникнення пожежі необхідно негайно проінформувати викладача або лаборанта, подзвонити за номером 101.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

## ГІДРОДИНАМІЧНІ КАВІТАЦІЙНІ ПРИСТРОЇ ДЛЯ ОБРОБКИ ХАРЧОВИХ СЕРЕДОВИЩ

**Мета роботи:** отримання знань з призначення, будови, роботи та розрахунку гідродинамічних кавітаційних пристроїв для обробки харчових середовищ. Провести експериментальну перевірку процесу гомогенізації з застосуванням кавітаційних пристроїв.

Час виконання роботи 2 год.

### 1 Порядок виконання роботи

- розглянути будову та принцип дії основних конструкцій пристроїв, у яких використовують явище кавітації при обробці харчових середовищ;
- ознайомитись з будовою та регулюванням лабораторної установки для гідродинамічної гомогенізації рідких середовищ;
- провести експериментальні дослідження процесу гомогенізації при різних режимах роботи лабораторної установки;
- провести статистичний аналіз результатів експерименту;
- сформулювати висновки за результатами роботи.

### 2 Завдання для самопідготовки

У процесі підготовки до заняття студент повинен:

- **вивчити:** 1) класифікацію кавітаційних пристроїв для обробки харчових середовищ; 2) пристрої для використання явища кавітації у хлібопекарній, кондитерській та м'ясопереробній промисловості, виробництві соків і молочної продукції;

- **знати:** 1) сутність кавітації, її використання при обробці рідких продуктів, область застосування цього процесу на переробних і харчових підприємствах; 2) призначення, принцип дії і будову різних типів та конструкцій пристроїв для кавітаційної обробки харчових середовищ;

- **вміти:** проводити налаштування лабораторної установки, користуватися контрольно-вимірювальними приладами, проводити експерименти за темою дослідження, проводити аналіз результатів експерименту.



## 3 Теоретичні відомості

### 3.1 Кавітація і її використання у галузях харчового виробництва

**Кавітація** – фізичне явище, яке виникає при місцевому порушенні суцільності течії з виникненням парових і газових бульбашок (каверн), що зумовлюються місцевим зниженням тиску і підвищенням швидкості в потоці рідини. Перемішуюча, диспергуюча, гомогенізуюча, а також ерозійна дія кавітації є наслідком значної кількості одиничних силових впливів колапсуючих кавітаційних порожнин (або бульбашок), енергетичний потенціал яких надзвичайно високий.

Кавітаційні порожнини – каверни або бульбашки виникають у тих місцях, де тиск у рідині стає нижчим за певний критичний. При зниженні тиску за рахунок збільшення локальних швидкостей рідинного потоку виникає кавітація, яка називається гідродинамічною. Якщо зниження тиску обумовлене проходженням акустичних хвиль звукового або ультразвукового спектру частот коливань – кавітація вважається акустичною.

Однак, впровадження технологій і обладнання з використанням ультразвуку майже в усіх галузях промисловості загальмувало використання гідродинамічної кавітації для обробки харчових середовищ. У той же час, гідродинамічні кавітаційні пристрої мають у порівнянні з ультразвуковими суттєві переваги.

Процес кавітаційної дії пов'язаний, в основному, з утворенням мікрострумків високого енергетичного потенціалу, які виникають у заключній стадії захоплення кавітаційних бульбашок і впливають на поверхню розподілу фаз.

Захоплення бульбашок на границі розподілу фаз „рідина-тверді частинки“ супроводжується диспергуванням цих частинок у рідині з утворенням суспензії, а в системі „рідина-рідина“ – диспергуванням однієї рідини в іншій з утворенням емульсії. В обох випадках відбувається руйнування границі розподілу фаз, тобто її ерозія, і утворення гомогенної суміші.

У молочній промисловості для підвищення якості молока та його терміну зберігання до його переробки доцільно гомогенізувати сировину, використовуючи кавітаційні пристрої.

Після кавітаційної обробки молока і вершків переважний діаметр жирових кульок становить 1,5...2,0 мкм, зменшується відстій жиру, підвищується відносна в'язкість продукту.

Використання ультразвукового диспергування сировини в виробництві соків дозволило майже на 30% скоротити тривалість виробничого циклу, підвищити вихід соку і поліпшити його якість. При виробництві продуктів для дитячого харчування одержували суміш з переважним розміром частинок до 2 мкм.

Для обробки рідких і пюреподібних фруктових та овочевих продуктів використовується апарат РЗ-КІК, який дозволяє подрібнювати частинки м'якоті до 20...30 мкм при продуктивності до 10 т/год. і питомих енерговитратах до 2,2 кВт·год/т. Його використання при обробці консервів дитячого харчування дає позитивний ефект у порівнянні з традиційними методами: в готовому продукті кількість частинок м'якоті з розмірами 50...90 мкм збільшилась до 50%.

Процес обробки відбувається ефективніше при додатковій дії гідродинамічної кавітації на середовище за допомогою динамічного кавітатора, що дозволяє подрібнювати частки м'якоті до 5 мкм, підвищити вихід соку на 10...15%, зменшити питомі витрати енергії на 16...20%.

Обробка рослинної сировини за допомогою гідродинамічної кавітації дозволяє одержувати продукти з певним дисперсним складом; при цьому майже повністю зберігаються вітаміни, амінокислоти і інші поживні речовини, скорочуються і спрощуються деякі технологічні процеси, наприклад, виробництво пектину.

Позитивні результати дало використання гідродинамічної кавітаційної обробки дифузійного соку при попередній дефекації у цукровій промисловості, а також у супутніх операціях, наприклад, активації вапняної суспензії.

У хлібопекарній промисловості ультразвукові пристрої використовуються при одержанні стійких емульсій для цукрового печива, дрібнодисперсних жирових емульсій для хлібобулочних виробів. інтенсифікації приготування рідкої фази при двофазному тістоприготуванні.

Встановлено, що кавітаційне диспергування дріжджів на 15...18 % підвищує їх бродильну енергію і ферментативну активність, збільшує на 45...60 % вихід ергостеролу (провітаміну вітаміну D2), час бродіння скорочується з 3,5 годин до 1,5...2 годин, а кількість дріжджових клітин збільшується в 1,5 рази. Приготування жирових емульсій для змащування хлібопекарних листів і форм на 50...70% скорочує витрати жиру без погіршення якості виробів.

Позитивні результати одержані при використанні ультразвукової кавітації у виробництві кондитерських виробів.

Гідродинамічні кавітаційні пристрої використовуються, наприклад, при приготуванні напівфабрикатів з борошна. Кавітаційний змішувач для обробки кондитерських сумішей дозволяє диспергувати компоненти суміші з її одночасним аеруванням. Обробка кукурудзяної кашки в гідродинамічному пристрої для вивільнення зв'язаного крохмалю дозволила збільшити його вихід на 0,3% завдяки підвищенню інтенсивності процесу.

Застосування гідродинамічних пристроїв роторного типу в м'ясній промисловості для одержання емульсій тваринних жирів дозволяє одержувати не тільки суміші з переважним вмістом дрібнодисперсної фази з розмірами до 2,5 мкм, але й зменшити питомі витрати енергії майже у 3 рази.

Емульсії тваринних жирів, одержані за допомогою ультразвукових пристроїв, містять більше 96% жирних кульок розміром до 2 мкм, не розшаровуються протягом трьох місяців і використовуються при виробництві ковбас.

Аналіз наявної науково-технічної інформації, а також досвід використання кавітаційних пристроїв у харчовій промисловості дозволяє стверджувати, що з усіх відомих видів гідромеханічної дії на оброблювані середовища кавітаційна дія найбільш ефективна. В останні роки саме така обробка харчових середовищ стала основою розвитку цілого напрямку в промисловості.

### 3.2 Огляд конструкцій гідродинамічних кавітаційних пристроїв

Кавітаційні пристрої знайшли практичне відображення у конструктивному рішенні гідродинамічних кавітаційних пристроїв, у яких вирішується задача забезпечення багаторазової дії кавітації, локалізованих в одному пристрої.

Кавітаційний змішувач (рисунок 1) містить циліндричну проточну камеру 1, у якій встановлено кавітатор у формі двох напівсфер 2 і 3. Напівсфери кавітатора обернені одна до другої основами і мають можливість взаємного переміщення уздовж осі реактора. На внутрішній поверхні робочої камери 1 між основами напівсфер 2 і 3 виконана проточка 4. Зазор між основами напівсфер, як і проточка на внутрішній поверхні робочої камери, є джерелом утворення пульсуючих приєднаних кавітаційних каверн, які формують зону нестационарності потоку в усьому прохідному перерізі робочої камери пристрою.

Коли напівсфери кавітатора встановлені без зазору (зазор дорівнює нулю), генератором пульсуючих каверн буде проточка.

Приєднані каверни, що переміщуються у потоці, будуть утворюватися і за встановленим у робочій камері кавітатором. У цьому випадку енергетичний потенціал утвореного кавітаційного поля буде найменшим, отже, ударно-хвильовий вплив на середовище буде відносно невисоким.

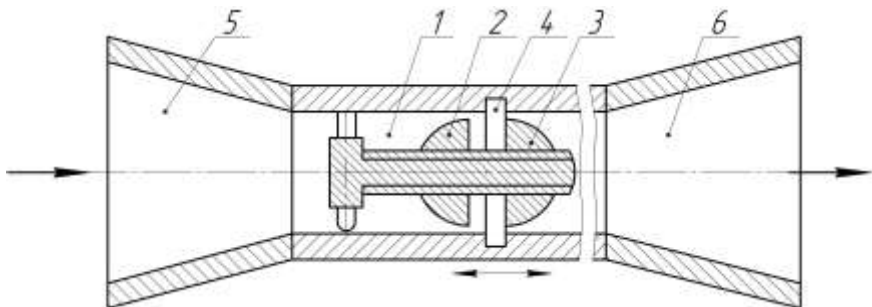


Рисунок 1 – Кавітаційний змішувач:

- 1 - проточна камера 2, 3 - напівсфери кавітатора; 4 - проточка;  
5 - конфузор; 6 – дифузор.

При відстані між напівсферами кавітатора 2...5 діаметри його більшої основи, пульсуючі каверни будуть виникати як у самому зазорі між напівсферами. так і в проточці на внутрішній поверхні робочої камери. Зміненням ширини зазору між напівсферами можна досягти оптимального співвідношення різночастотних пульсацій і розмірів приєднаних кавітаційних каверн з частотою відриву каверн, що переміщуються, при їх утворенні за другою за ходом потоку напівсферою.

Підведення у зону обробки додаткових кавітаційних бульбашок разом зі збільшенням частоти відриву каверн підвищує енергетичний потенціал кавітаційного поля і дозволяє більш раціонально використовувати ударно-хвильову активність бульбашок при кавітаційній обробці харчових середовищ.

При ширині зазору між напівсферами кавітатора понад 5 діаметрів їх більшої основи на кожній з напівсфер кавітатора будуть утворюватись різні типи кавітації.

За першою напівсферою. більша основа якої знаходиться у зоні максимальних тисків, кавітаційна каверна виникає на границі зони відриву потоку, тобто, утворюється вихрова кавітація. На відміну від каверн, які переміщуються, вихрові каверни мають більший „час життя“ через те, що вихорі створюють імпульс (момент кількості руху), який продовжує „час життя“ каверни навіть тоді, коли маса середовища, що обробляється, вже перемістилась у зону підвищеного тиску.

Очевидно, що швидкість розпаду вихрових каверн і тиск при їх захопленні відносно невисокі в порівнянні з кавернами, які переміщуються. Ефект ударно-хвильової дії посилюється через розпад утворених в проточці приєднаних кавітаційних каверн і подальше захоплення кавітаційних бульбашок. Крім того, ці каверни інтенсифікують розпад вихрових каверн, підвищуючи енергетичний потенціал кавітаційного поля, яке в цьому випадку найбільш інтенсивне.

Таким чином, регулюванням зазору між основами напівсфер. можна вибрати оптимальну ефективність ударно-хвильової дії кавітації відповідно до конкретних технологічних потреб.

У конструктивному рішенні проточно-кавітаційного змішувача (рисунок 2) передбачається можливість створення кількох послідовних кавітаційних зон обробки середовища в одному пристрої.

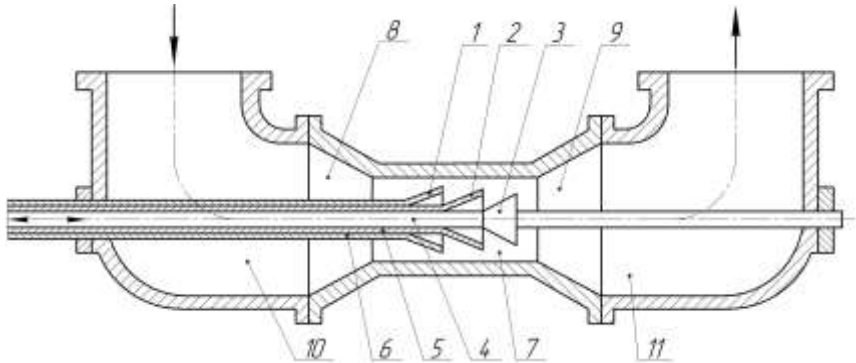


Рисунок 2 – Проточно-кавітаційний змішувач:

1,2,3 - конусоподібні елементи кавітатора; 4,5,6 - індивідуальні механізми осьового переміщення; 7 - проточна камера; 8 - конфузور; 9 - дифузор; 10,11 - патрубки підведення і відведення середовища.

Змішувач містить кавітатор, який виконаний з окремих конусоподібних або сферичних елементів, наприклад, 1, 2, 3, кожен з яких розміщений всередині попереднього і забезпечений індивідуальним механізмом осьового переміщення 4, 5, 6.

Переміщенням елементів кавітатора один відносно іншого розширюються технологічні можливості пристрою через збільшення діапазону регулювання режимів його роботи.

Це дозволяє змінювати стадію кавітації на робочих елементах. Взаємне переміщення елементів кавітатора дозволяє створювати необхідну кількість зон кавітаційної дії на середовище через те, що кожен робочий елемент може працювати як окремий кавітатор, за яким утворюється індивідуальна кавітаційна каверна.

В пристрої для кавітаційної обробки суспензій (рисунок 3) в робочій камері 1 послідовно встановлені нерухомі крильчатки 2, 3, 4 з клиноподібним профілем перерізу лопатей, гострі кромки яких спрямовані в бік набігаючого потоку середовища.

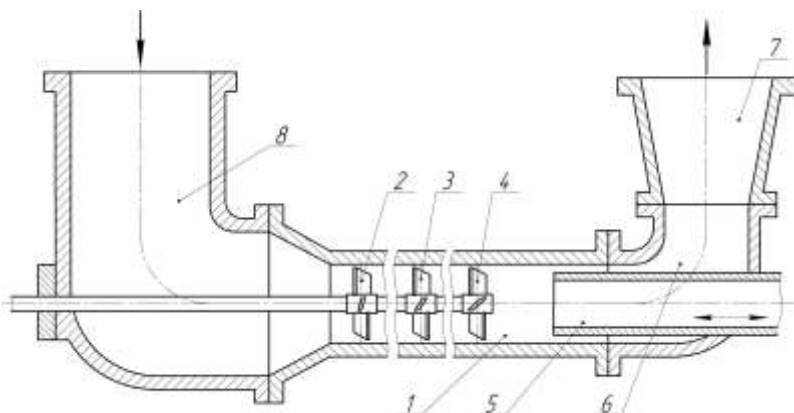


Рисунок 3 – Пристрій для кавітаційної обробки суспензій:

1 - камера; 2, 3, 4 – крильчатки - кавітатори; 5 - патрубок; 6 - дифузор;  
7, 8 - патрубки підведення і відведення середовища.

Кут нахилу лопатей кожної наступної крильчатки більший, ніж у попередньої. Конструкція пристрою дозволяє регулювати дисперсність суспензії і знизити питомі енерговитрати на її обробку. Це забезпечується осьовим переміщенням патрубку 5 в дифузорі 6.

Потік суспензії, послідовно натікаючи на лопаті крильчаток закручується і під дією відцентрової сили дисперсна фаза розподіляється по перерізу потоку. Співвісно встановлений у дифузорі 6 патрубок 5 дозволяє відбирати дрібнодисперсну кондиційну фазу, яка знаходиться в осьовій області потоку. Решта суспензії з крупнодисперсною фазою через патрубок 7 надходить на рециркуляцію.

Широкі технологічні можливості має кавітаційний змішувач (рисунок 4), у якому кавітатор, встановлений в робочій камері, має можливість змінювати свої розміри в поперечному перетині.

У порожнині робочої камери встановлений тороподібний пружний елемент 5, який може змінювати свою форму за рахунок стиску його упорним диском 4, з'єднаним з штоком 3, що здійснює поступальний рух у порожнині кавітатора 2.

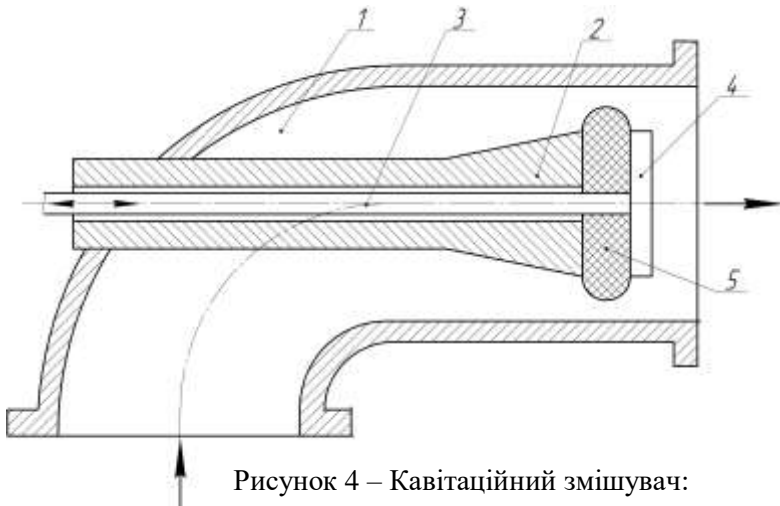


Рисунок 4 – Кавітаційний змішувач:

- 1 - робоча камера; 2 - кавітатор; 3 - шток; 4 - упорний диск;  
5 - пружний елемент.

Потік середовища надходить у робочу камеру 1 і обтікає кавітатор 2, за яким виникає пульсуюча кавітаційна каверна, яка зноситься потоком у зону стабілізованого тиску і розпадається з утворенням поля кавітаційних бульбашок.

Конструкція змішувача дозволяє регулювати інтенсивність кавітаційної дії. При переміщенні штоку 3 з упорним диском 4 деформується пружний елемент кавітатора, що забезпечує зміну коефіцієнта стиснення потоку і, отже, структури і властивостей кавітаційного поля, яке виникає.

Це дозволяє регулювати процес гідродинамічної кавітаційної обробки підбором у кожному конкретному випадку оптимального режиму обробки в залежності від фізико-хімічних властивостей середовища і технологічних вимог до готового продукту.

Підвищення тиску в зоні розпаду кавітаційної каверни і захоплення кавітаційних бульбашок також спричиняє ефективну ударно-хвильову дію на середовище через більш „жорстке“ захоплення кавітаційних бульбашок.



Такі умови створюються завдяки конструктивним особливостям, які використані в кавітаційному змішувачі (рисунок 5).

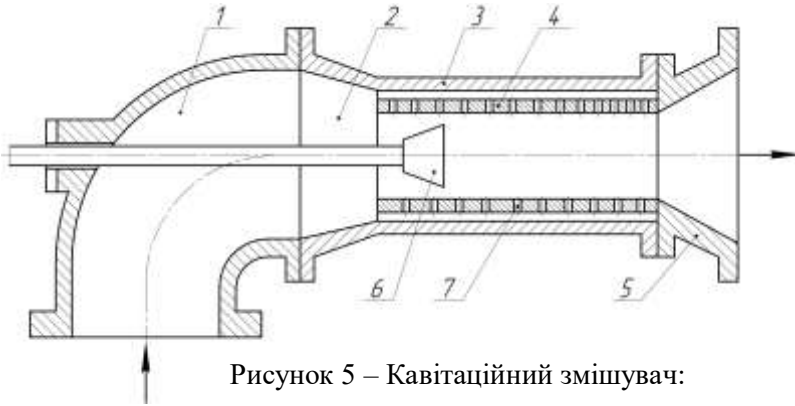


Рисунок 5 – Кавітаційний змішувач:

1 - патрубок підведення середовища; 2 - конфузор; 3, 4 – коаксіальні патрубки; 5 - дифузор; 6 - кавітатор; 7 - отвори перфорації.

Потік середовища через патрубок підведення 1 надходить у конфузор 2, підтискається і перерозподіляється у робочій камері, яка виконана з двох коаксіальних розташованих патрубків 3 і 4, з'єднаних між собою кільцевим дном з боку дифузора 5. При цьому, вихідний отвір конфузора 2 сполучений з більшим патрубком 3, а вхідний отвір дифузора 5 – з меншим перфорованим патрубком 4.

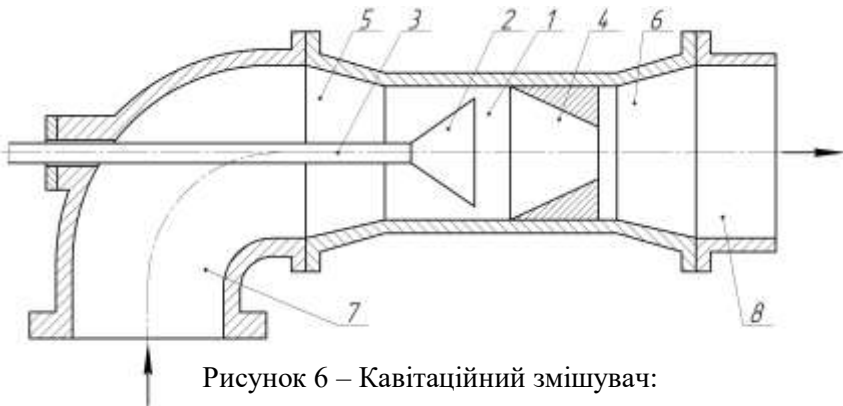
Переважаюча частина потоку середовища при роботі кавітаційного змішувача надходить у меншу трубку 4, в середині якої розташований кавітатор 6, а його решта – в кільцеву порожнину, що конструктивно утворюється між трубками 3 і 4. При цьому гідростатичний тиск середовища в порожнині підвищується.

При обтіканні кавітатора 6 за ним утворюється кавітаційна каверна, яка генерує нестационарне поле бульбашок, що насичують потік середовища. Струмені рідини через різницю тисків ежектуються у кавітаційну каверну через отвори 7 перфорації, взаємодіють з каверною і між собою. подрібнюють її та ініціюють процес генерування каверною більшої кількості бульбашок.

Таким чином, концентрація бульбашок в одиниці об'єму середовища збільшується, а саме середовище насичується в усьому об'ємі робочої камери змішувача.

Крім того, струмені середовища при руйнуванні кавітаційної камери сприяють перемішуванню і перерозподілу середовища, а полічастотні хвилі тиску, які утворюються при захопленні кавітаційних бульбашок, спричиняють додаткове перемішування.

Одним з способів зменшення інтенсивності кавітаційно-ерозійного зношування робочих вузлів гідродинамічних пристроїв є підбір оптимальних конструктивних співвідношень їх розмірів. Завдяки цьому вдається вирішити дві взаємовиключні задачі: підвищити ефективність ударно-хвильової дії кавітаційних бульбашок при їх захопленні – з одного боку, і суттєво зменшити (або майже уникнути) кавітаційно-ерозійного зношення робочих вузлів пристроїв (кавітатора і робочої камери) – з другого. Це досягається завдяки розміщенню у робочій камері безпосередньо за кавітатором профільованої насадки (рисунк 6).



1 - проточна камера; 2 - кавітатор; 3 - шток; 4 - конічна насадка; 5 - конфузур; 6 - дифузур; 7, 8 - патрубки підведення і відведення середовища.

Кавітаційний змішувач містить циліндричну проточну камеру 1 з кавітатором 2, який встановлено в камері на штокові 3. За кавітатором 2 в камері 1 розміщена конічна насадка 4, обернена більшим отвором у бік кавітатора 2.

При цьому, більший діаметр насадки 4 співпадає з внутрішнім діаметром робочої камери 1, а менший діаметр насадки становить 0,4...1,2 його більшого діаметра.

Середовище підводиться в робочу камеру 1 і натікає на кавітатор 2, за яким генерується кавітаційна каверна, при розпаді якої виникає кавітаційне поле з бульбашок у об'ємі робочої камери.

Двофазний потік, насичений кавітаційними бульбашками, попадає у насадку 4, де його швидкість збільшується і знижується гідростатичний тиск.

При таких умовах кавітаційні бульбашки не захоплюються до виходу з насадки, утворюючи на виході з неї стабілізований потік з відносно великими кавітаційними бульбашками, які при захопленні утворюють пульсуючі ударні хвилі і кумулятивні мікрострумки, які спричиняють перемішування і ударно-хвильову дію на середовище, що обробляється.

При цьому, на розміри бульбашок впливає як час знаходження у зоні зниженого тиску (тобто в насадці 4), так і співвідношення діаметрів насадки 4 і кавітатора 2. При переміщенні кавітатора 2 уздовж робочої камери 1 можна змінювати відстань від кромки кавітатора 2 до насадки 4 і, таким чином, регулювати „час життя“ кавітаційної бульбашки.

З метою модернізації кавітаційного змішувача, показано на рисунку 6, кавітатор 2 з гладкою поверхнею замінюється на кавітатор з нане-

сеними на поверхню прорізами 1 (рисунок 7) пірамідальної форми, розташованими під гострим кутом до його осі.

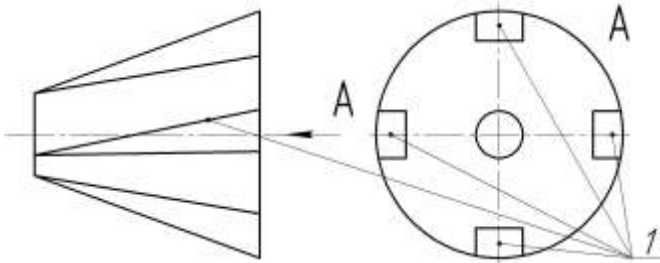


Рисунок 7 – Модернізований кавітатор: 1 – прорізи.

Крім того кавітатор має змогу обертатися на штокові 3 (рисунок 6) і утворювати при цьому обертанні кавітаційні каверни, що переміщуються по гвинтовій лінії і генерують поле кавітаційних пухирців, які насичують потік середовища по всьому об'єму проточної камери змішувача.

На рисунку 8 показана конструкція кавітаційного змішувача для обробки харчових середовищ. Він має циліндричну робочу камеру 1 з патрубками підведення і відведення середовища. камері на осі 2 перпендикулярно потоку послідовно встановлені кавітатори 3, 4, 5, виконані у вигляді конусоподібних елементів.

Перший за ходом потоку кавітатор 3 закріплений нерухомо в камері 1, а наступні 4 і 5 – з'єднані між собою і кавітатором 3 пружинами 6. При обтіканні потоком кавітаторів за ними утворюються кавітаційні каверни.

У процесі переміщення каверн у потоці і подальшому розпаді утворюється пульсуюче поле кавітаційних бульбашок, яке при взаємодії з кожним наступним кавітатором викликає його різночастотне коливання переважно в авторезонансному режимі.

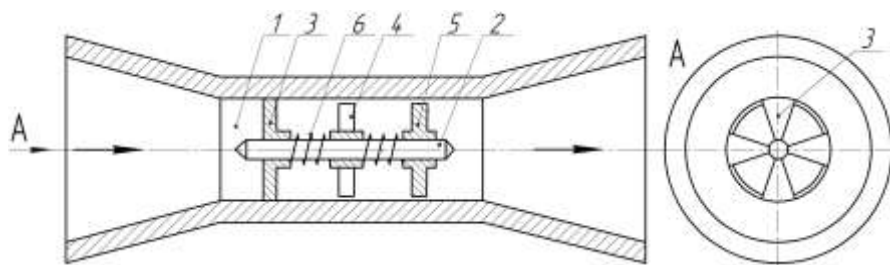


Рисунок 8 – Кавітаційний змішувач:

1 - камера; 2 - вісь; 3, 4, 5 - кавітатори; 6 – пружини.

У гідродинамічному кавітаційному змішувачі (рисунок 9) пульсації тиску в середовищі, що обробляється, створюються за рахунок підведення дисперсійного компонента безпосередньо в кавітаційну каверну.

Потік середовища надходить у проточну камеру 1 і натікає на кавітатор 2, за яким утворюється приєднана кавітаційна каверна.

У каверну через порожнину 5 між співвісно розташованими за кавітатором 2 патрубками 4 і 5 подається дисперсійний компонент з джерела 6. Решта середовища надходить у кавітаційну каверну через центральний канал кавітатора 2 і з'єднану з ним порожнину внутрішнього патрубка 5.

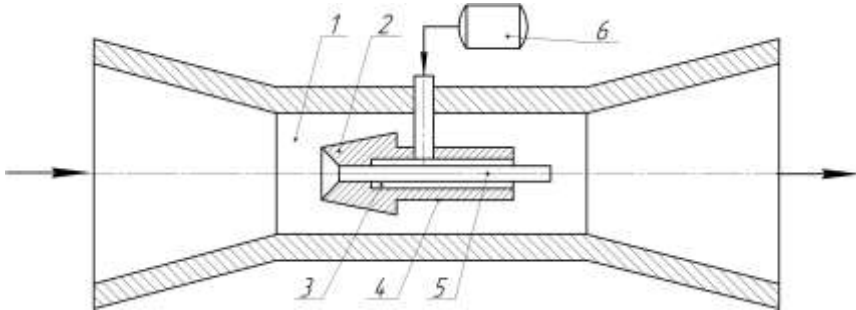


Рисунок 9 – Гідродинамічний кавітаційний змішувач:

1 - камера; 2 - кавітатор; 3 - порожнина; 4, 5 - патрубки; 6 - компонент

Це дозволяє інтенсифікувати процес обробки за рахунок надходження частини потоку технологічного середовища безпосередньо в каверну, що не тільки збільшує частоту відриву каверни, чим підвищується енергетичний потенціал утвореного кавітаційного поля, але й сприяє виникненню розвиненої міжфазної поверхні.

Дисперсійний компонент, який подається у каверну між патрубками 4 і 5, заповнює її, сприяє прискореному відриву від кавітатора і розпаду, ефективно перерозподіляючись при цьому. У той же час, через центральний канал кавітатора і внутрішній патрубок 5 у каверну надходить і частина середовища.

Технологічний потік перемішується з дисперсійним компонентом вже в кавітаційній каверні. При цьому, перемішування і обробка прискорюється та інтенсифікується у бульбашковому кавітаційному полі, що локалізується у проточній камері змішувача. Саме такий сукупний вплив на середовище дозволяє ефективно використовувати енергію технологічного потоку.

### 3.3 Загальна класифікація кавітаційних пристроїв для обробки технологічних середовищ

На підставі аналізу науково технічної інформації розроблена класифікація кавітаційних пристроїв для обробки технологічних середовищ. В основу класифікації покладений спосіб її збудження. При такому підході усі відомі конструкції кавітаційних пристроїв для обробки середовищ розподіляються на чотири групи.

*До першої групи* належать пристрої, у яких кавітація утворюється гідродинамічним шляхом за рахунок різкої зміни геометрії течії. Внаслідок нього в потоці середовища виникає місцеве зниження тиску і розвивається гідродинамічна кавітація. Змінення геометрії течії досягається вибором форми проточної робочої камери пристрою або розміщенням у потоці тіл обтікання – кавітаторів. Енергія, яка необхідна для збудження кавітації, підводиться потоком рідини (статичні пристрої) або кавітатором, що обертається (динамічні пристрої). Вони відрізняються відносною простотою, надійністю, зручністю у користуванні, високою продуктивністю (до 100 м<sup>3</sup>/год) і широкими технологічними можливостями.

*До другої групи* належать пристрої, у яких кавітація генерується при періодичній зміні тиску рідини гідродинамічним шляхом. Пристрої цієї групи найбільш поширені в харчовій й переробній промисловості. Вони конструктивно прості, але їх продуктивність не перевищує 50 м<sup>3</sup>/год.

*Третя група* кавітаційних пристроїв об'єднує апарати, в яких кавітація утворюється шляхом пульсацій тиску від коливань акустичного випромінювача в ультразвуковому (УЗ) спектрі частот. Пристрої цієї групи першими з кавітаційних апаратів почали використовуватись у харчовій промисловості. З серійних УЗ пристроїв найбільш поширеними є УЗ ванни (УЗВ). УЗ ванни високого тиску (УЗВТ).

Недоліком зазначених пристроїв є низька продуктивність (до 30 м<sup>3</sup>/год) і необхідність використання складного і коштовного обладнання – УЗ генераторів.

Таке обладнання у харчовій промисловості вже не використовується а в фармацевтичній мас обмежене застосування.

*До четвертої групи* віднесені пристрої, які базуються на використанні так званого „Ефекту Уткіна“ – високовольтного розряду в рідині. Внаслідок електричного пробою у рідині, у зоні, яка оточує канал розряду, розвиваються високі імпульсні тиски, які генерують тональну кавітацію. Причому кавітація виступає у ролі допоміжного фактора при обробці середовища.

Пристрої цієї групи не знайшли поширення у промисловості і серійно не випускаються. З одного боку, це обумовлюється їх низькою продуктивністю, значними енерговитратами, складністю додаткового обладнання і підвищеними вимогами до умов експлуатації, з другого – забрудненням середовища продуктами електроерозійного руйнування електродів. У харчовій і переробній промисловості такі апарати не використовуються.

При виборі кавітаційного пристрою у кожному конкретному випадку треба проводити відповідні техніко-економічні розрахунки. Треба зауважити, що пристрої гідродинамічного і гідроакустичного типів більш придатні для використання у безперервному виробництві, а віброакустичні – для приготування дрібних партій продукту.

Як показує аналіз науково-технічної інформації, кавітаційні пристрої, які застосовуються у харчовій і переробній промисловості, мають суттєві технологічні переваги в порівнянні з іншим обладнанням (клапанні гомогенізатори), призначеним для виконання однакових з кавітаційними пристроями операцій.

У промисловості ефективно експлуатуються гідродинамічні кавітаційні пристрої, найперспективнішими з яких є проточні пристрої статичного типу. Вони конструктивно прості і зручні в використанні, мають високу надійність і довговічність, що обумовлено відсутністю рухомих елементів. Простота конструкції дає їм суттєві переваги перед іншими. Крім того, витрати енергії при використанні таких пристроїв менші.

#### 4 Оснащення робочого місця лабораторної роботи

Досліди з гідродинамічної обробки молока проводяться на лабораторній експериментальній установці, схема якої і фото загального виду представлена на рисунку 10.

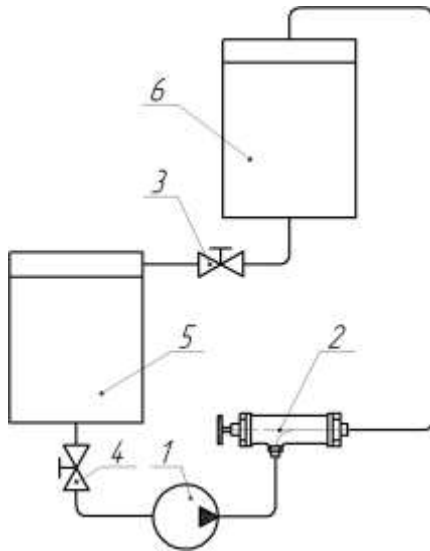


Рисунок 10 – Схема лабораторної кавітаційної установки:

1 - насос; 2 - кавітатор; 3, 4 - крани; 5,6 - ємності.

Основними елементами установки являються відцентровий насос 1 і кавітаційний пристрій 2.

Насос приводиться в обертальний рух електродвигуном постійного струму з функцією змінення частоти обертання, що дає можливість (сумісно з краном 4) плавно змінювати продуктивність насоса в достатньо широких межах.

Кавітаційний пристрій має будову, подібну до кавітаційного змішувача, показаного на рисунку 6, оснащеного модернізованим робочим органом (показаним на рисунку 7).

Конструкція кавітаційного пристрою дає змогу змінення відстані між конусною насадкою і робочим органом – кавітатором у межах від 0 до 40 мм.



Визначення якості гомогенізації у даній роботі проводиться методом аналізу мікрофотографій проб молока.

Для отримання мікрофотографій використовується оптичний мікроскоп МИКМЕД-1 з під'єднаною до нього веб-камерою.

Статистична обробка результатів експериментального дослідження виконується за методикою, викладеною у вказівках до лабораторної роботи „Установка для протитечійно-струменевої гомогенізації молока“.

Окрім наведеного обладнання на робочому місці знаходяться підігрівач молока; ваги лабораторні; мірні ємності для молока; термометр.

## **5 Порядок виконання лабораторної роботи**

Перед виконанням експерименту студент за участю викладача встановлює програму проведення дослідів з варіацією таких параметрів, як продуктивність насоса, відстань між кавітатором і конусною насадкою, температура молока, кратність обробки та ін. параметрів.

1) Налаштувати установку для виконання експерименту (встановити потрібну частоту обертання насоса, відстань між кавітатором і конусною насадкою);

2) Підігріти молоко до потрібної температури, залити його (при закритому крані 4) нижню ємність 5 (рисунок 10);

3) Відкрити кран 4 і, увімкнувши насос 1, провести процес пропускання молока через кавітатор.

4) Відібрати проби молока з верхньої ємності 6.

5) Змінити умови проведення дослідів і повторити п. 1...4.

Відбір проб молока і проведення їх мікроскопної і статистичної обробки проводити за методикою, наведеною у вказівках до лабораторної роботи „Установка для протитечійно-струменевої гомогенізації молока“ даного посібника.

6) За результатами дослідів з різними умовами їх проведення побудувати графіки відповідних залежностей.

7) Зробити аналіз одержаних результатів експерименту, сформулювати висновки і оформити звіт з лабораторної роботи.

Після проведення експериментальної частини роботи привести установку у вихідне положення і прибрати робоче місце.

## **6 Вимоги безпеки**

Під час проведення роботи додержуватись правил загальної інструкції з охорони праці, наведених у розділі „Загальні вимоги безпеки“.

## **7 Контрольні питання**

- 1 У чому полягає сутність явища кавітації?
- 2 Класифікація кавітаційних пристроїв з обробки харчових середовищ.
- 3 Область використання кавітаційних пристроїв у переробній і харчовій промисловості.
- 4 Типи кавітаційних змішувачів, будова та принцип дії.
- 5 Огляд і аналіз різних конструкцій кавітаційних пристроїв.
- 6 Чотири групи кавітаційних пристроїв для обробки харчових середовищ, характеристика кожної з груп.
- 7 Лабораторна установка для кавітаційної обробки молока, її будова.
- 8 Методика проведення експериментальної частини лабораторної роботи, формулювання висновків по ній.
- 9 Як побудувати гістограму розподілу жирових кульок молока?
- 10 Які основні статистичні характеристики визначають при аналізі зображень мікрофотографій проб молока?

## **8 Тестові завдання**

**1) Як називають кавітацію, що виникає при зниженні тиску за рахунок збільшення локальних швидкостей рідинного потоку?**

1. акустична;
2. гідродинамічна;
3. ультразвукова.

**2) Захлопування бульбашок на границі розподілу фаз „рідина-тверді частинки“ супроводжується утворенням...**

1. ...розчину;
2. ...суспензії,
3. емульсії.

**3) Захлопування бульбашок на границі розподілу фаз „рідина-рідина“ супроводжується утворенням...**

1. ...розчину;
2. ...суспензії,
3. емульсії.

**4) Який діаметр жирових кульок є переважним після кавітаційної обробки молока і вершків?**

1. 0,15...0,20 мм;
2. 1,5...2,0 мкм;
3. 1,5...2,0 мм.

**5) У якій мірі кавітаційне диспергування дріжджів підвищує їх бродильну енергію?**

1. на 15...18 %;      2. на 1,5...1,8 %;      3. в 1,5...1,8 разів.

**6) Застосування гідродинамічних пристроїв роторного типу для одержання емульсій тваринних жирів дозволяє зменшити питомі витрати енергії**

1. майже в 3 рази;      2. майже на 30%;      3. майже на 3%.

**7) Використання ультразвукового диспергування в виробництві соків дозволило скоротити тривалість виробничого циклу**

1. майже на 30% три;      2. майже в 3 рази;      3. майже в 1,5 рази.

**8) Апарат РЗ-КІК дозволяє подрібнювати частинки м'якоті**

1. до 20...30 мкм;      2. до 0,5 мм;      3. 1,0 мм.

**9) Кавітаційне диспергування дріжджів скорочує час бродіння**

1. до 1,5...2 год.;      2. до 3,5...4 год.;      3. до 3,5...4 хв.

**10) Приготування жирових емульсій для змащування хлібопекарних форм скорочує витрати жиру**

1. на 5...10 %      2. на 50...70 %;      3. в 5...6 разів.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Машкін М.І. Молоко і молочні продукти. К.: Урожай, 1996. 333с.
2. Машкін М.І., Париш Н.М. Технологія виробництва молока і молочних продуктів. К.: Вища освіта, 2006. 351 с .
3. Беззубов А.Д., Гарлинская Е.И., Фридман В.М. Ультразвук и его применение в пищевой промышленности. М.: Пищепром. 1964. 196с.
4. Заяц Ю.Ф. Ультразвук и его применение в технологических процессах мясной промышленности. М.: Пищепром, 1970. 282с.
5. Немчин А.Ф. Опыт применения суперкавитирующих аппаратов в сахарной промышленности. М.: 1986. Вып.1. 32с.
6. Ивченко В.М., Кулагин В.А., Немчин А.Ф. Кавитационная технология. Красноярск, 1990. 200 с.
7. Мачинский А.С. Козюк О.В., Шишлов Д.Н. Кавитационные аппараты. М.: ЦНИИТЭИНефтехим, 1990. Вып.1. 52 с.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

### МАШИНИ І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ МОЛОКА

**Мета роботи:** отримання, розширення і поглиблення знань по призначенню, принципам дії, будові, роботі та регулюванню обладнання для гомогенізації молока

Час виконання роботи 2 години.

#### 1 Порядок виконання роботи

- розглянути принцип дії та будову натурних зразків і лабораторних установок, що представляють обладнання для реалізації різних методів гомогенізації молока та молочних виробів;

- провести налагодження, регулювання і підготовку до роботи окремих видів і конструкцій гомогенізуючого обладнання;

- виконати експериментальні дослідження процесу гомогенізації, використовуючи натурні зразки обладнання і лабораторні установки;

- зробити аналіз результатів експерименту, сформулювати висновки за результатами роботи;

- оформити звіт з роботи і захистити його у викладача.

#### 2 Завдання для самопідготовки

У процесі підготовки до заняття студент повинен:

**- вивчити і повторити:**

1) класифікацію машин для гомогенізації;

2) призначення, принцип дії і будову клапанних, ультразвукових, вакуумних, відцентрових гомогенізаторів.

**- знати:** механізм гомогенізації молока та виробів з нього;

**- вміти:** проводити налаштування натурних зразків обладнання, лабораторних установок, користуватися контрольно-вимірювальними приладами, проводити визначення основних аналітичних залежностей за темою дослідження, проводити аналіз результатів експерименту.

### 3 Теоретична частина

У сучасних технологічних процесах виробництва молочної продукції одним із нормативних процесів є гомогенізація. Цей процес полягає у подрібненні жирових кульок молока або молочного продукту (дисперсна фаза) та одночасному рівномірному розподіленні їх у плазмі молочного продукту (дисперсійна фаза).

Гомогенізацію використовують як для обробки сировини для молочної промисловості (незбираного або знежиреного молока та вершків), яку планується направити на подальші операції технологічного процесу, так і для обробки кінцевого молочного продукту.

Мета гомогенізації – механічна стабілізація дисперсної фази для перешкоджання процесам розділення фаз, тобто, утворення відстою вершків на поверхні продукту. Це явище для молочної промисловості вкрай небажане, а в деяких її галузях – навіть неприпустиме.

При розшаруванні продукту зростає швидкість його скисання, погіршуються (або ж припиняються) тривалі процеси дозрівання та ферментації при виробництві кисломолочної продукції, зменшуються терміни зберігання отриманого продукту, що особливо важливо при зберіганні молочних консервів.

Згідно з рівнянням Стокса, під час розділення діаметр часточки молочного жиру найбільш впливає на швидкість розділення, яка пропорційна квадрату діаметра часточки. Отже, після гомогенізації, що зменшує діаметр жирової кульки, час появи відстою збільшується. До гомогенізації середній розмір жирової кульки молока, за оцінками різних авторів, становить 2,5...4,0 мкм, після неї – менше за 1 мкм.

Крім зменшення розшарування продукту використання гомогенізації має такі переваги:

1) зменшуються у 8...10 разів відходи жиру у сироватку при виробництві сиру, що дає змогу значно зменшити витрати цінного компонента молока – молочного жиру;

2) гомогенізовані молочні та вершкові суміші для морозива легше збиваються та дають готовий продукт з кращим смаком та ніжнішою консистенцією;

3) збільшення поверхні жирової фази полегшує засвоєння молочного жиру організмом людини;

4) смакові та сенсорні властивості виробленого продукту в певній мірі поліпшуються завдяки одночасному збільшенню в'язкості та поліпшенню консистенції.

У сучасній молочній промисловості існує досить великий спектр машин для гомогенізації. Гомогенізатори поділяють за трьома ознаками: за продуктивністю, за принципом дії та за робочим тиском.



Рисунок 1 – Загальна класифікація гомогенізаторів

Принцип дії – це головний чинник при підборі гомогенізатора для певної технологічної лінії. Саме від нього залежить ефективність гомогенізації, питомі витрати енергії та вартість машини.

Не менш важливими для гомогенізатора є такі параметри як продуктивність та робочий тиск. Про їх важливість свідчить той факт, що за цими параметрами обирається тип насосу – істотного вузла, від якого, головним чином, буде залежати механічний коефіцієнт корисної дії машини. Крім того, деякі види гомогенізаторів можуть бути тільки високого або тільки низького тиску. Наприклад, ультразвукові, роторні та вакуумні працюють лише при низькому тиску, а такі, як клапанні, існують як високого так і середнього тиску.

Найбільш розповсюдженими на виробництві залишаються *клапанні (щілинні) гомогенізатори* (рисунок 2).

У таких гомогенізаторах необхідний тиск (15...25 МПа) створюється багатосекційним плунжерним насосом з приводом від електродвигуна потужністю 10...40 кВт.

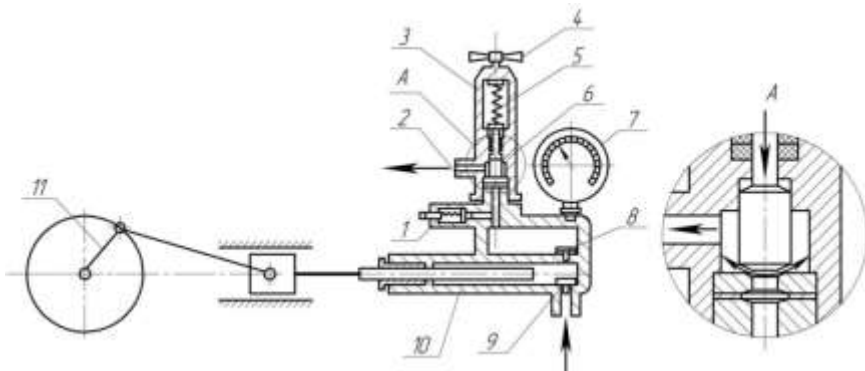


Рисунок 2 – Схема гомогенізатора клапанного типу

1 - запобіжний клапан; 2 - вихідний патрубок; 3 - корпус; 4 - гвинт; 5 - пружина; 6 - клапан гомогенізуючої головки; 7 - манометр; 8 - нагнітальний клапан; 9 - всмоктувальний клапан; 10 - плунжер; 11 - привод

Молоко через всмоктувальний клапан 9 подається у плунжерний насос, який приводиться в дію кривошипно-повзунним приводом 11.

При нагнітальному русі плунжера 10 відкривається нагнітальний клапан 8 і молоко під тиском потрапляє у вузький кільцевий зазор, що утворюється між сідлом та клапаном 6 при підніманні клапана, долаючи силу стиснення пружини 5. Ця сила і, як наслідок, розмір кільцевого зазору регулюється гвинтом 4. Тиск контролюється за манометром 7.

Ширина кільцевого зазору дорівнює приблизно 0,1 мм. Швидкість проходження молока крізь нього 150...200 м/с. Продуктивність цих машин 800...2000 кг/год.

За гіпотезою Барановського, гомогенізація відбувається у каналі між сідлом і клапаном. У гомогенізуючій щілині спостерігаються значні градієнти швидкості, тому що швидкість течії продукту велика, а товщина щілини складає частки міліметра. За Барановським швидкість жирової кульки при гомогенізації змінюється від досить малої початкової швидкості  $v_0$  (кілька метрів за секунду) у каналі сідла діаметром  $d$  до досить великої  $v_m$  (кілька сотень метрів за секунду) у клапанній щілині висотою  $h$  (рисунок 3).

Жирова кулька спрямовується спочатку по каналу сідла із середньою швидкістю  $v_0$ , змінює напрямок і рухається до граничного перетину зі швидкістю  $v_0$ , яка значно менша за швидкість  $v_m$ . При переході від малих швидкостей до високих у жировій кульці відбуваються внутрішні деформації, її передня частина включається у потік у гомогенізуючої щілини з великою швидкістю  $v_m$ , витягається у нитку і роздрібнюється у виді дрібних крапельок у результаті дії сил поверхневого натягу.

Швидкому витягуванню жирової краплі і відриванню від неї дрібних часток сприяє гідродинамічний тиск на кульку  $p_0$ , який з боків і за краплею значно більший за тиск  $p_1$  у зоні високих швидкостей. Таким чином, ефективність гомогенізації залежить, насамперед, від швидкості потоку при вході рідини в клапанну щілину, а, отже, і від тиску гомогенізації, величина якого завжди визначає швидкість.



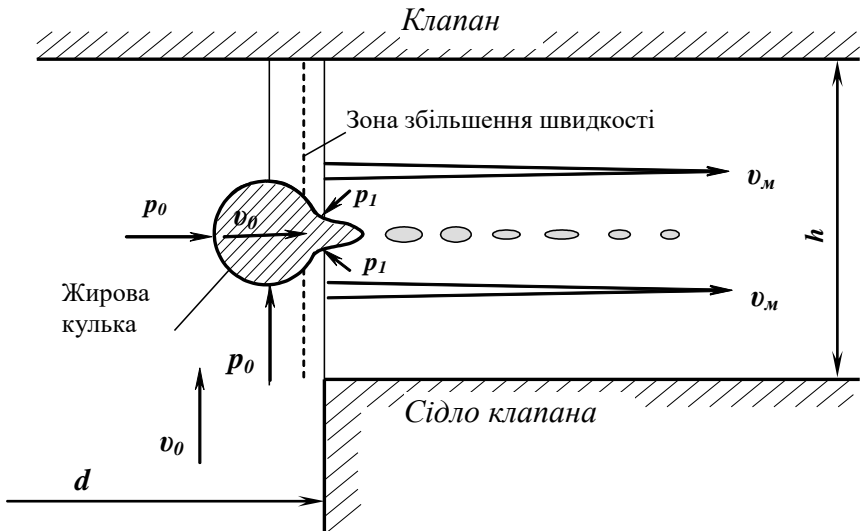


Рисунок 3 – Схема гомогенізації за гіпотезою Барановського

Широке застосування на молокопереробних підприємствах одержали клапанні гомогенізатори марок А1-ОГМ-1,25, А1-ОГМ-2,5 (рисунки 4), А1-ОГМ

Конструкції гомогенізаторів, як правило, мають непарне число плунжерів, оскільки ступінь нерівномірності подачі для них значно нижчий, ніж для машин з парним числом плунжерів.

Для одноплунжерних машин ступінь нерівномірності подачі дорівнює **3,14**, триплунжерних – **1,05** і п'ятиплунжерних – **1,02**.

Найбільш розповсюдженим типом колінчастого вала є вал з трьома кривошипними шийками під кутом  $120^\circ$  відносно одна одної.

У машин великої продуктивності шийки розташовані через  $72^\circ$ . Корінні головки шатунів роз'ємні з вкладишами, в малі головки запресовані втулки. Матеріал вкладишів і втулок, як правило, бронза.

За типом гомогенізуючої головки гомогенізатори поділяють на одно-, дво- і багатоступінчасті.

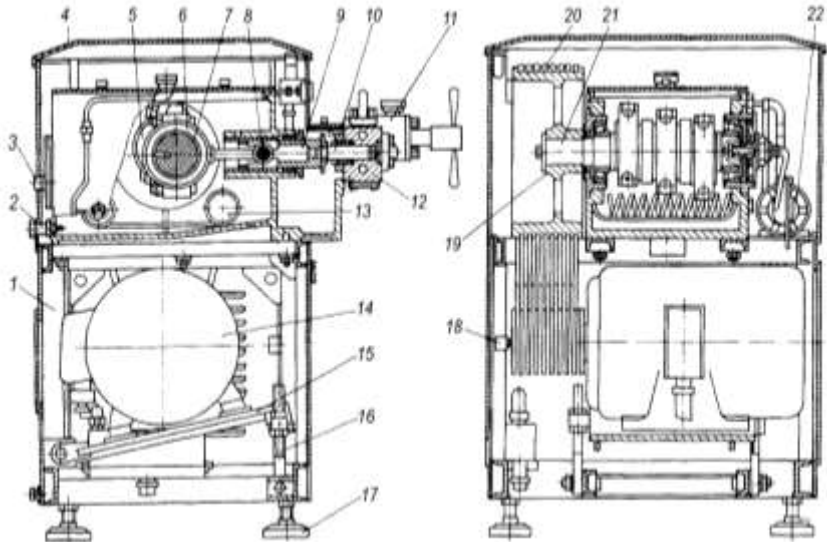


Рисунок 4 – Будова клапанного гомогенізатора А1-ОГМ-2,5:

1 - станина; 2 - зливна пробка; 3 - кришка; 4 - кривошипно-шатунний механізм; 6 - шатун; 7 - вкладиш; 8 - палець; 9 - повзун; 10 - плунжер; 11 - гомогенізуюча головка; 12 - плунжерний блок; 13 - змійовик; 14 - електродвигун; 15 - плита; 16 - натяжний пристрій; 17 - опора; 18, 19 - ведучий і ведений шків; 20 - клиновий пас; 21 - колінчастий вал; 22 - масляний насос.

На практиці застосовують тільки одно- та двохступінчасті, так як багатоступінчасті не виправдовують себе, оскільки призводять до громіздкості конструкції, незручностей в експлуатації при незначному поліпшенню ефекту гомогенізації у порівнянні з двохступінчастими.

На рисунку 5 показана двохступінчаста головка, яка складається з корпусу 3 і клапанного пристрою, основними частинами якого є сідло клапана 1 і клапан 2.

Клапан пов'язаний з штоком, на виступ якого тисне пружина 6. Сила стиснення пружини регулюється переміщенням накидної гайки 5, яка разом з пружиною, штоком 7 і стаканом 8 утворює натискний пристрій 4.

Рідина, яка нагнітається насосом під тарілку клапана, тисне на тарілку і відсуває клапан від сідла, долаючи опір пружини.

Через щілину, що утворюється між клапаном і його сідлом високою від 0,05 до 2,5 мм, рідина проходить з великою швидкістю і при цьому гомогенізується. На наступній ступіні процес повторюється.

Гомогенізатори клапанного типу виробляють на багатьох підприємствах. За кордоном найбільш відомі з них Rannie (Данія), Alfa-Laval

(Швеція), Manton - Gaulin, „Cherry-Burrell“ (США), „Bran & Luebbe“ (Німеччина). „APV“ (Великобританія)

В Україні Одеським механічним заводом „ОДМЕЗ“ випускають гомогенізатори марок К5-ОГ2А-250, К5-ОГ2А-500, К5-ОГ2А-1,25, А1-ОГ2М-2,5, А1-ОГ2М та К5-ОГА-10 (див. таблицю 1).

Крім того, випускаються гомогенізатори серій П8-ГМ, ОГЗМ, ОГВ, МИ-ОГМ, АГ, А1-ОГ2-С. Показники закордонних клапанних гомогенізаторів несуттєво відрізняються від вітчизняних.

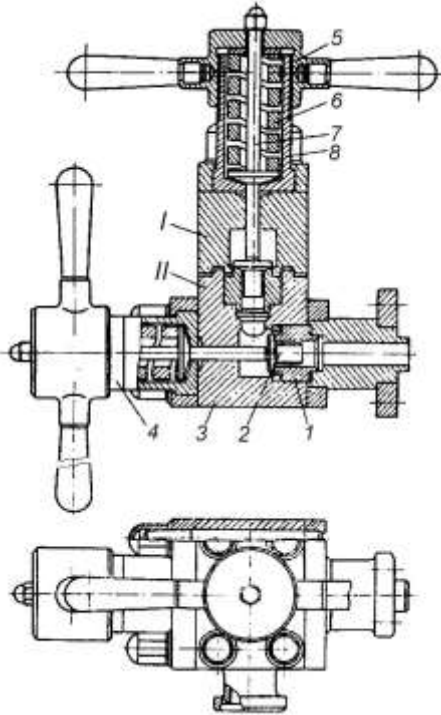


Рисунок 5 – Схема двохступінчастої гомогенізуючої головки:

I - перша ступінь; II - друга ступінь; 1 - сідло клапана; 2 - клапан; 3 - корпус; 4 - натискний пристрій; 5 - гайка накидна; 6 - пружина; 7 - шток; 8 - стакан.

Продуктивність клапанного гомогенізатора дорівнює подачі його насоса. Для плунжерних насосів подача залежить від діаметра плунжерів та величини ходу, числа плунжерів та частоти обертання ексцентрикового вала.

При заданих параметрах об'ємна продуктивність гомогенізатора  $Q$ , м<sup>3</sup>/с може бути визначена за формулою

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} S \cdot n \cdot z \cdot \varphi,$$

де  $d$  - діаметр плунжера, м;  $S$  - хід плунжера, м;  $n$  - частота обертання ексцентрикового вала, об/с;  $z$  - число плунжерів;  $\varphi$  - об'ємний ККД насоса (для молока  $\varphi = 0,85$ ).

Потужність, яку споживає гомогенізатор  $P$ , Вт визначається як:

$$P = \frac{Q \cdot p}{\eta},$$

де  $p$  - робочий тиск гомогенізації, Н/м<sup>2</sup>;  $\eta$  - ККД плунжерного насоса ( $\eta = 0,75$ ).

Таблиця 1 – Технічні характеристики клапанних гомогенізаторів

Марка гомогенізатора	К5-ОГ2А-250	К5-ОГ2А-500	К5-ОГ2А-1,25	А1-ОГ2М-2,5	А1-ОГ2М
Продуктивність, л/год.	250	500	1250	2500	5000
Тиск гомогенізації, МПа	12,5	18	20	20	20
Потужність двигуна, кВт	4,0	5,5	11,0	18,5	37,0
Габаритні розміри, мм довжина	970	970	970	1475	1475
ширина	650	650	860	1120	1120
висота	1100	1100	1400	1640	1640
Маса, кг, не більше	400	420	760	1350	1400
Питома енергоємність, кВт·год./т	16,0	11,0	8,8	7,4	7,4

**Переваги** клапанних гомогенізаторів:

- високий ступінь гомогенізації;
- широке застосування та масовий промисловий випуск.

**Недоліки** клапанних гомогенізаторів:

- висока вартість (більше 5000 грн.);
- дуже низький технологічний коефіцієнт корисної дії (0,0018%);
- дуже високі питомі витрати енергії (6,5...7,6 кВт/т);
- відсутність конструкцій з продуктивністю менше за 800 л/год.;
- висока маса, металомісткість та габаритні розміри;
- високі вимоги до якості очищення продукту;
- складність конструкції;
- необхідність у двохступінчастій обробці.

Комбінування двох способів гомогенізації у одній машині (або послідовна обробка продукту на двох різних гомогенізаторах) доцільне для виправлення недоліків основного способу гомогенізації (або недоліків першої машини).

Так, на підприємствах, де застосовуються щільні гомогенізатори, замість двохступінчастої обробки в цих машинах вигідно на другій стадії обробки, яка необхідна для перешкоджання злипанню часток жиру, використати дешевий відцентровий гомогенізатор. Завдяки цьому питомі витрати енергії значно зменшаться.

Можна також поєднати конструкцію струменевої гомогенізації з відбивачем, у якій недостатній ступінь перемішування продукту і досить високий ступінь гомогенізації з вихровою, яка, навпаки має невеликий ступінь гомогенізації, але добре перемішує продукт.

Гідродинамічний вібратор можна використовувати для попередньої або кінцевої обробки суміші, поєднуючи його майже з будь-яким іншим гомогенізатором з метою збільшення ступеня подрібнення та перемішування, з одночасним зменшенням бактеріального забруднення продукту.

Серед недоліків, властивих комбінованим машинам, одним з головних є збільшення їх вартості. Досить великі труднощі представляє собою процес поєднання їх у одну поточно-технологічну лінію, тому що залежність основних параметрів (тиску та продуктивності) для різних видів гомогенізаторів описується різними формулами.

Крім того, для більшості з описаних вище способів гомогенізації спектр продуктивності промислово освоєних машин недостатньо широкий. З цієї причини досить важко створити комбіновані гомогенізатори з регулюванням продуктивності. Зважаючи на це, ефективніше все-таки розвивати один з попередньо перелічених способів для створення нової високоефективної машини.

У результаті аналізу існуючих способів гомогенізації можна виділити найбільш перспективні з них. Такими є вакуумні, ультразвукові, відцентрові та струменеві (рисунок 7). Основним напрямком подальшого їх вдосконалення повинно бути ретельне дослідження для створення ефективних гомогенізаторів, що будуть відповідати усім сучасним вимогам.

Розглянемо послідовно наведені гомогенізуючі пристрої.

**Вакуумний гомогенізатор** працює з використанням метода уведення енергії у потік рідини на основі процесів адіабатного скипання перегрітої рідини у вакуумі. При цьому гідродинамічне дроблення жирових часток відбувається за рахунок динаміки парових пухирців, а також на основі кавітаційних ефектів та ефектів руйнування тонких рідинних плівок.

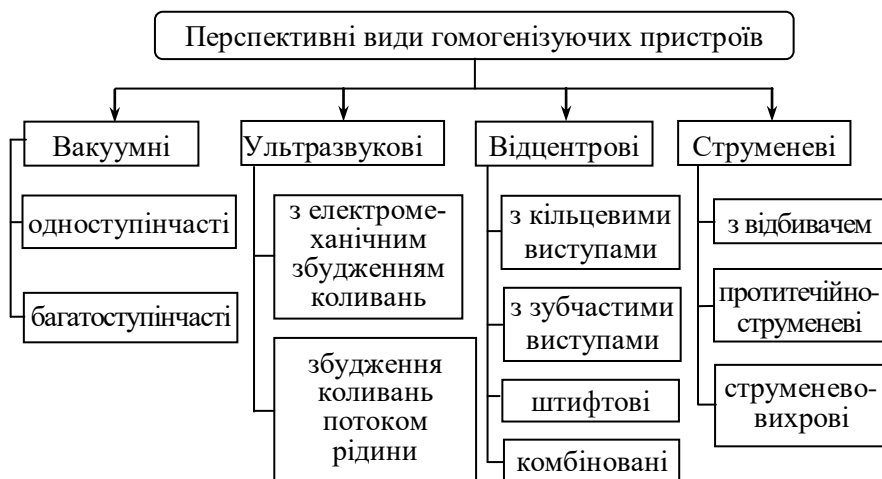
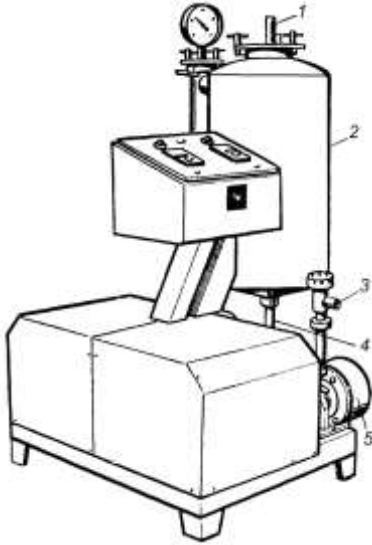


Рисунок 6 – Перспективні види гомогенізуючих пристроїв.

У таких гомогенізаторах диспергування жирової фази може відбуватися у одній або двох послідовно розташованих вакуумних камерах.

Метод емульгування полягає у наступному. Попередньо нагрітий продукт з температурою 75...95 °С подається у вакуумну камеру, де підтримується тиск 0,01...0,02 МПа.



При потраплянні у вакуумну камеру виникає ефект перегріву продукту, в результаті чого виникає вибухоподібне скипання, яке призводить до руйнування жирових кульок. У таких гомогенізаторах диспергування жирової фази може відбуватися у одній або двох послідовно розташованих вакуумних камерах.

Основним елементом апарата (рисунок 7) є вакуумна камера 2, яка представляє собою порожнинний резервуар діаметром 300 мм та висотою 800 мм.

Рисунок 7 – Вакуумний однокамерний гомогенізатор

1 - сопловий пристрій для уведення продукту; 2 - вакуумна камера; 3 - патрубок вводу емульсії; 4 - патрубок для відводу парів та повітря; 5 - водокільцевий вакуумний насос.

Уведення продукту, що обробляється, здійснюють через патрубок 1, який закінчується сопловим пристроєм. Вихід отриманого продукту здійснюється через патрубок 3 у нижньому днищі.

Пари та повітря усмоктуються через бічний патрубок 4 водокільцевим вакуумним насосом. Продуктивність – 1 т/год.

У двохкамерному вакуумному гомогенізаторі необхідна температура знижена до 60...80 °С. Такий пристрій представляє собою дві вакуумні камери, в першій з яких підтримується тиск  $0,15 \cdot 10^5 \dots 0,3 \cdot 10^5$  Па, в другій –  $0,03 \cdot 10^5 \dots 0,15 \cdot 10^5$  Па.

Молоко, підігріте до 60...80 °С, розпилюється послідовно в першій та другій вакуумних камерах.

В Інституті технічної теплофізики НАН України розроблені два види вакуумних гомогенізаторів ВГ-5 та ВГ-10 (таблиця 2).

Таблиця 2 – Технічні характеристики вакуумних гомогенізаторів

Параметри	Марка гомогенізатора	
	ВГ-5	ВГ-10
Продуктивність, т/год	5	10
Робочий тиск, МПа	0,001	0,001
Питома енергоємність, Дж/л	2,4	2,5
Температура молока, °С	80-95	75-110
Маса, кг	800	1000
Габаритні розміри, мм	1900×1100×1700	1860×1500×1700

**Переваги** вакуумних гомогенізаторів:

- зниження кислотності та збільшення термостійкості молока;
- дегазація та дезодорація продукту;
- часткове знищення шкідливої мікрофлори молока;
- можливість створення машин з широким діапазоном продуктивності;
- невеликі питомі витрати енергії;
- можливість поєднання з пастеризатором (стерилізатором).

**Недоліки** вакуумних гомогенізаторів:

- невисокий ступінь перемішування продукту;
- невеликий ступінь гомогенізації (діаметр жирових кульок не перевищує 2,3...2,4 мкм);
- великі габаритні розміри машини;
- необхідність у підігріванні продукту до 60...95 °С, що викликає незворотні наслідки в структурі продукту та вимагає додаткових енерговитрат.



**Ультразвукова гомогенізація** Ультразвукова гомогенізація заснована на кавітації, коли рідина зазнає інтенсивного впливу звукових хвиль і відбувається виникнення циклів високого і низького тиску, що чергуються (приблизно 20000 циклів/с).

Під час дії низького тиску утворюються маленькі вакуумні пухирці. Коли пухирці досягають певного розміру, вони стрімко руйнуються під час дії високого тиску. Під час внутрішнього вибуху локально генеруються дуже високий тиск і висока швидкість струменя рідини.

Отримані потоки і турбулентність розривають агрегати часток і приводять до сильних зіткнень між індивідуальними частками.

Принцип дії пристрою для ультразвукової гомогенізації з електромеханічним збудником показаний на рисунку 9. Віброелемент являє собою лопать, встановлену у резонансному блоці 3. При створенні відповідної частоти вібрацій потік продукту гомогенізується.

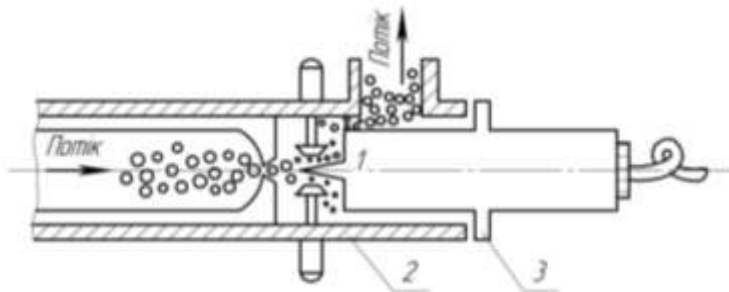


Рисунок 8 – Схема процесу ультразвукової гомогенізації

1- віброелемент; 2- контрольно-регулюючий пристрій; 3 - резонансний блок

Існують конструкції гідродинамічного вібратора в якому кінетична енергія потоку безпосередньо перетворюється в енергію пружних коливань високої частоти.

При роботі вібратора усі частинки рідини проходять зону максимального впливу звуку, при цьому частинки обробленого молока не зустрічаються з частками необробленого. Гідродинамічний вібратор складається з корпусу, коливальної системи та сопла для подавання продукту до коливальної системи.

Сопло представляє собою трубу з концентрично встановленим в порожнині витискачем. Коливальна система складається з пакета пластин прямокутної форми товщиною 0,6...0,8 мм.

Пластини заповнюють порожнину камери, вони розташовані уздовж її повздовжньої осі та встановлені на хрестоподібній державці, яка жорстко зв'язана з відбиваючою площиною. Остання встановлена у корпусі з утворенням кільцевого зазору. Відстань між пластинами 6...7 мм.

При випробуванні гідродинамічного вібратора отриманий певний ефект гомогенізації та бактеріального очищення.

**Переваги** ультразвукової гомогенізації:

- легкість регулювання ступеня гомогенізації;
- можливість створити машини з будь-якою продуктивністю;
- невибагливість до забруднення продукту, що обробляється;
- поєднання гомогенізації з бактеріальним очищенням.

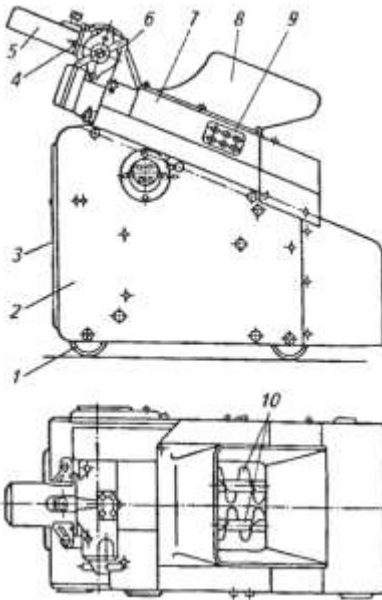
**Недоліки** ультразвукової гомогенізації:

- недостатня вивченість ультразвукової гомогенізації;
- невеликий ступінь гомогенізації, мінімальний діаметр жирових кульок не перевищує 1,48 мкм;
- складна конструкція машин з електромеханічним збудником;
- висока чутливість до пульсації насоса.

**Роторні гомогенізатори** застосовуються для змінення консистенції таких молочних продуктів як плавлені сири і вершкове масло. У обробленому з їх допомогою продукті водна фаза диспергується, внаслідок чого продукт краще зберігається.

Принцип роботи роторного гомогенізатора полягає у наступному. Продукт подається у бункер, звідки за допомогою двох шнеків, що обертаються у протилежних напрямках, продавлюється через ротор і з насадки з діафрагмою виходить у бункер фасувального апарата. Для запобігання налипання продукту на робочі органи машини останні змащуються перед початком роботи спеціальним гарячим розчином.

Продуктивність гомогенізатора залежить від частоти обертання шнеків, що подають, і становить 0,8...1,5 м<sup>3</sup>/год.



- 1 - колесо; 2 - станина; 3 - корпус;
- 4 - кріплення насадки; 5 - насадка;
- 6 - кран; 7 - шнекова камера;
- 8 - бункер; 9 - пульт керування;
- 10 - шнеки.

Рисунок 9 – Гомогенізатор М6-ОГА для вершкового масла

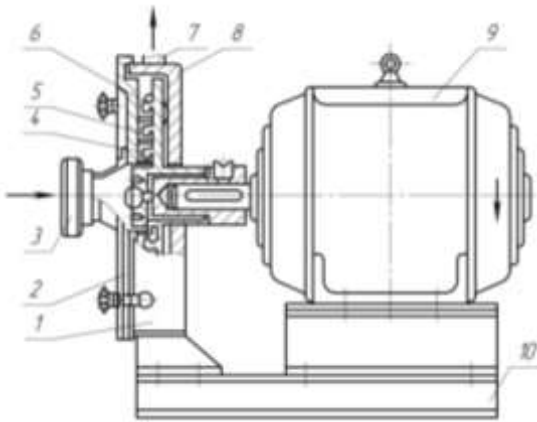
**Переваги** роторних гомогенізаторів:

- простота конструкції;
- широкий діапазон продуктивності;
- широка промислова застосовність;
- невеликі розміри та металомісткість.

**Недоліки** роторних гомогенізаторів:

- застосовуються тільки для продуктів з високою густиною;
- диспергується лише водяна фаза, ступінь подрібнення низький;
- необхідність у періодичному змащуванні робочих органів.

**Відцентровий гомогенізатор** (рисунок 10) являє собою два диски, один з яких 2 нерухомий, а другий 8 обертовий, з'єднаний з валом двигуна 9. Рухомий диск має кільцеві виступи з отворами 4, 5 і 6. Ці виступи входять у пази на нерухомому диску.



Продукт подається у вхідний патрубок 3 та потрапляє на перше внутрішнє кільце 4 з отворами, що прикріплене до обертового диску. Крізь отвори на периферії цього кільця суміш потрапляє на нерухоме кільце на кришці та переливається на друге обертове кільце 5, а потім і на третє 6.

Рисунок 10 – Відцентровий гомогенізатор

1 - корпус; 2 - кришка; 3 - подача емульсії; 4, 5, 6 - кільця з отворами; 7 - вихід емульсії; 8 - обертовий диск; 9 - електродвигун; 10 – станина.

При відповідній частоті обертання вала двигуна, у міждисковому просторі виникають зони зі зниженим та підвищеним тиском: утворюються бульбашки пари, які періодично захлопуються, що призводить до гідравлічного удару. Це явище відоме як кавітація.

Кавітація призводить до руйнування жирових кульок молока та інтенсивного перемішування продукту. Але поряд з цим поверхні, які зазнають гідравлічного удару, достатньо швидко руйнуються. Відводиться продукт під дією відцентрових сил через патрубок 7.

**Переваги** відцентрового гомогенізатора:

- невеликі питомі витрати енергії;
- широкий діапазон продуктивності;
- невисока маса, габаритні розміри та металомісткість;
- невибагливість до забруднення твердими частками;
- можливість використання як насоса для перекачування молока.

**Недоліки** відцентрового гомогенізатора:

- невисокий ступінь гомогенізації;
- продукти зносу робочих органів машини забруднюють продукт;
- необхідність у зміцненні поверхневого шару робочих органів спеціальною обробкою або використання спеціальних твердих сплавів, що збільшує вартість машини.

Одним з перспективних способів є **імпульсна гомогенізація**.

Встановлено, що подрібнення часток дисперсної фази емульсії можливе при дії на них серії одиночних збурювань великої інтенсивності. Такі збудження можуть бути створені, зокрема, гідравлічними або пневматичними імпульсними побудниками, з'єднаними з поршнем, який впливає на емульсію, що повільно протікає через циліндр з цим поршнем.

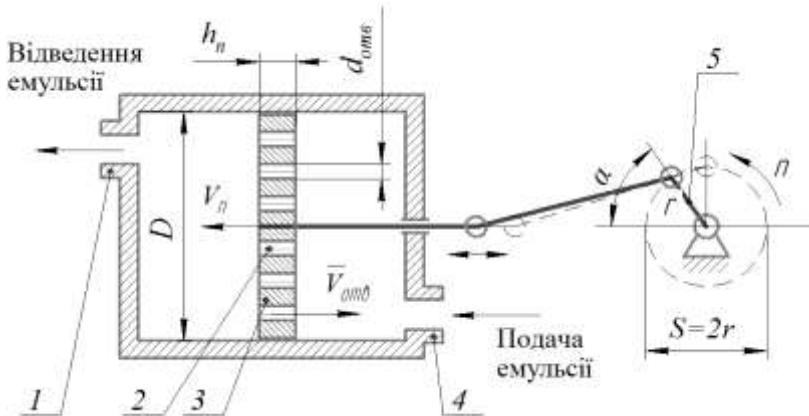


Рисунок 11 – Принципова схема імпульсної гомогенізації:

- 1 - патрубок для відведення емульсії; 2 - отвори поршня; 3 - поршень;
- 4 - патрубок подачі емульсії; 5 - регульований кривошип.

На схемі показані:  $V_n$  - швидкість поршня;  $V_{омв}$  - швидкість емульсії в отворах поршня;  $d_{омв}$  - діаметр отворів;  $D$  - діаметр камери;  $r$  - радіус кривошипа;  $\alpha$  - кут повороту кривошипа;  $h_n$  - товщина поршня;  $S$  - амплітуда коливання поршня.

Випробування імпульсного гомогенізатора показали, що він створює у гомогенізованому середовищі збурювання тиску інтенсивністю 1,5 МПа з частотою 50 Гц, а середній діаметр жирових кульок після обробки в даному апараті становить 0,5 мкм. Диспергування в імпульсному гомогенізаторі відбувається за рахунок градієнту швидкості потоку, який виникає завдяки імпульсним рухам поршня-ударника. І чим інтенсивнішими будуть коливання, тим більшим буде градієнт швидкості, а отже і ступінь диспергування.

**Переваги** імпульсного гомогенізатора: невеликі питомі витрати енергії; невисока маса, габаритні розміри та металоємність; невибагливість до забруднення твердими частками;

**Недолік** – деяка обмеженість у продуктивності.

#### 4 Оснащення робочого місця лабораторної роботи

Для проведення експериментальних досліджень застосовується лабораторна установка, схема якої представлена на рисунку 12.

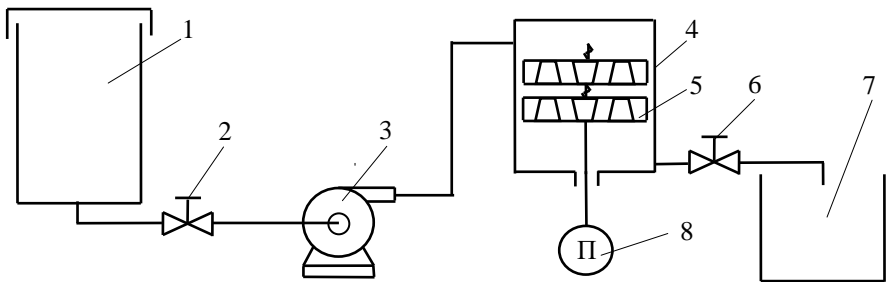


Рисунок 12 – Принципова схема установки для дослідження імпульсної гомогенізації молока:

1,7 - технологічні ємності; 2, 6 - перепускні крани; 3 - насос; 4 - робоча камера гомогенізатора; 5 - поршні-ударники; 8 - імпульсний привод.

Основним вузлом установки є робоча камера 4 з поршнями-ударниками 5, які приводяться в коливальні рухи через шток привода 8. Основний поршень-ударник жорстко закріплений на штоку, а додатковий з'єднується з основним за допомогою пружини.

Для можливості регулювання частоти коливання поршня-ударника використовується електродвигун постійного струму.

Для змінення амплітуди коливання поршня-ударника використовується кривошип з регульованим плечем.

Молоко в робочу камеру гомогенізатора з приймальної ємності 1 подається насосом 3. Вентиль 2 служить для подавання молока під необхідним тиском у насос і робочу камеру гомогенізатора.



Рисунок 13 – Фото лабораторної установки імпульсної гомогенізації  
1 - робоча камера; 2 - вібраційний привод; 3 - блок керування;  
4 – приймальна ємність; 5 - насос.

У нижній частині робочої камери розташований вентиль 6 для відводу молока після гомогенізації у ємність 7.

Для оцінки якості імпульсної гомогенізації використовується мікроскопічний метод.

Підрахунок жирових кульок проводиться на біологічному мікроскопі МИКМЕД-1, оснащеному рахунковою камерою Горяєва.

Рахункова камера Горяєва, схема показана на рисунку 14, являє собою товсту скляну пластину (предметне скло) з поглибленням у центрі, рівним 0,1 мм.

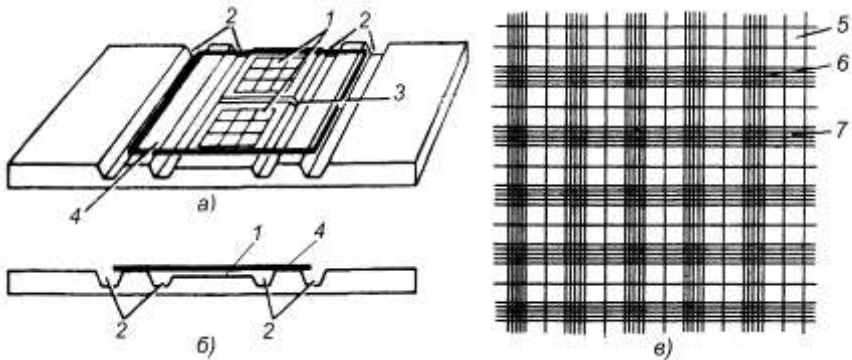


Рисунок 14 – Схема рахункової камери Горяєва:

а) загальний вид; б) вид збоку; в) схема сітки:

1 - пластинки з гравірованими сітками; 2 - поздовжні жолобки;  
3 - поперечний жолобок; 4 - покривне скло; квадрати: 5 - порожні (усього 100);  
6 - розділені на малі (по 16); 7 - розділені смугами.

На дні камери нанесені дві сітки Горяєва, розмежовані глибокою поперечною канавкою. Збоку від сіток перебувають скляні прямокутні ділянки пластинки, до яких притирають спеціальні шліфовані покривні стекла.

Сітка являє собою квадрат  $3 \times 3$  мм, який розділений зверху і зліва на 15 рівних частин і складається з 225 великих квадратів.



Кожний третій ряд як зверху, так і ліворуч розділений ще на 4 частини і у такий спосіб на перетинанні утворюються квадрати, розділені в свою чергу на 16 малих.

Великі квадрати, розсічені вертикально і горизонтально на 16 малих квадратів, чергуються із іншими такими ж за розміром квадратами, розділеними тільки вертикальними або горизонтальними лініями і квадратами чистими, без ліній.

Визначення кількості жирових кульок молока проводиться у наступній послідовності.

Одну краплю попередньо розведеного молока помістити в центр рахункової камери і накрити покривним склом, злегка притиснути його краї (а не середину).

Залишити у покої на 5...10 хв. Налаштувати мікроскоп на чітке зображення жирових кульок і сітки камери.

Підрахувати кількість кульок в п'яти великих квадратах (або в 80 малих), розташованих у різних частинах препарату. При цьому, якщо кулька лежить більшою своєю частиною поза межею квадрату, то його не враховують.

Кількість жирових кульок, підраховану в п'яти великих квадратах, підсумовують, визначають їх середню кількість  $X$ , яке міститься в  $1 \text{ мм}^3$  молока, враховуючи степінь розведення, за формулою:

$$X = \frac{M \cdot C \cdot 10^5}{80 \cdot 25},$$

де  $M$  - кількість жирових кульок у 80 квадратиках;  $C$  - степінь розведення ( $1:C$ );  $80$  - кількість квадратів;  $25 \cdot 10^5$  - ємність квадрата,  $\text{мм}^3$ .

Після виконання підрахунку необхідно промити камеру Горяєва водою, протерти її сітки чистою фланеллю, а потім тканинним тампоном змоченим спиртом (ректифікатом).

## 5 Порядок виконання лабораторної роботи

Перед виконанням експерименту студент погоджує з викладачем програму проведення дослідів по визначенню впливу таких факторів, як амплітуда коливання поршня-ударника, частоти їх коливання, подача молока.

- 1) Налаштувати лабораторну установку для виконання експерименту, перевірити всі її з'єднання;
- 2) Підігріти молоко до температури гомогенізації, залити його в приймальну ємність;
- 3) Провести процес гомогенізації молока при заданих значеннях параметрів гомогенізації;
- 4) Відібрати проби молока після проведеного дослідів.

При виконанні наступного дослідів слід повторити пункти 1)...4) даного розділу;

Відбір проб молока слід проводити у такій послідовності:

- 1) молоко після гомогенізації ретельно перемішати, неодноразово переливаючи з посудини у посудину, уникаючи утворення піни;
- 2) з центральної частини загального об'єму відбирають 1 мл молока та розводять дистильованою водою у пропорції 1 до 100;
- 3) пункт 2) повторити 3 рази;
- 4) помістити краплю суміші в рахункову камеру Горяєва і витримати 5...10 хв.;
- 5) провести підрахунок жирових кульок і обрахувати результат;
- 6) За результатами дослідів з різними умовами їх проведення побудувати гістограми розподілення жирових кульок за їх розмірами;
- 7) Зробити аналіз одержаних результатів експерименту, сформулювати висновки і оформити звіт з лабораторної роботи.

Після проведення експериментальної частини роботи привести установку у вихідне положення і прибрати робоче місце.

## **6 Вимоги безпеки**

Під час проведення роботи слід дотримуватись правил загальної інструкції з охорони праці, наведених у розділі „Загальні вимоги безпеки“.

## **7 Контрольні питання**

- 1 Сутність гомогенізації і переваги гомогенізованих продуктів.
- 2 Головні ознаки класифікації гомогенізуючого обладнання.
- 3 Клапанні гомогенізатори, застосування, переваги і недоліки.
- 4 Сутність комбінування двох і більше способів гомогенізації.
- 5 Класифікація перспективних способів гомогенізації.
- 6 Принцип дії вакуумних гомогенізаторів, перспективи їх розвитку.
- 7 Ультразвукова гомогенізація, переваги і недоліки, перспективи.
- 8 Роторні і відцентрові гомогенізатори, область застосування.
- 9 Сутність імпульсної гомогенізації, конструкція обладнання.
- 10 Будова рахункової камери Горяєва, правила її використання.

## **8 Тестові завдання**

### **1) За скількома ознаками класифікують гомогенізатори?**

1. двома;
2. трьома;
3. чотирма.

### **2) Робочий тиск клапанних гомогенізаторів складає...**

1. 1,5...2,5 МПа;
2. 15...25 МПа;
3. 150...250 МПа.

### **3) До якої температури попередньо підігрівають молоко перед обробкою у вакуумному гомогенізаторі?**

1. 75...95 °С;
2. 55...65 °С;
3. 25...30 °С.

### **4) Який з наведених типів гомогенізаторів дозволяє одержати мінімальний розмір жирових кульок молока?**

1. вакуумний;
2. клапанний;
3. ультразвуковий.

### **5) Який з наведених типів гомогенізаторів має найбільші питомі витрати енергії?**

1. вакуумний;
2. ультразвуковий;
3. клапанний.

**6) Які продукти обробляють на роторних гомогенізаторах?**

1. незбиране молоко;
2. збиране молоко;
3. плавлені сири і вершкове масло.

**7) Які гомогенізуючі органи застосовують у конструкціях імпульсних гомогенізаторів?**

1. поршні;
2. диски;
3. плунжери.

**8) Зі скількох великих квадратів складається сітка рахункової камери Горяєва?**

1. 125;
2. 225;
3. 625.

**9) Який з названих приладів не входить до конструкції ультразвукового гомогенізатора?**

1. електромеханічний збудник;
2. гідродинамічний вібратор;
3. кривошипно-шатунний механізм.

**10) Скільки плунжерів насоса клапанного гомогенізатора потрібно, щоб забезпечити нерівномірність подачі 1,05?**

1. один;
2. три;
3. п'ять.

**Рекомендована література**

1. Гвоздев О.В. Технологічне обладнання для переробки продукції тваринництва. Навчальний посібник. Суми: Довкілля, 2004. 420 с.

2. Лукьянов Н. Я., Барановский Н. В. Оборудование предприятий молочной промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1968. 406 с.

3. Гвоздев О.В. Машины і устаткування для переробки продукції тваринництва. Курс лекцій з дисципліни „Механізація переробки сільськогосподарської продукції“. Мелітополь, ТДАТА. 2001. 130 с.

4. Єресько Г.О., Шинкарик М.М., Ворошук В.Я. Технологія обладнання молочних виробництв. К.: “ІНКООС” центр навчальної літератури, 2007. 344 с.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНІ АПАРАТИ ДЛЯ ДИСПЕРГУВАННЯ ЕМУЛЬСІЙ

**Мета роботи:** отримання і поглиблення знань з призначення, принципам дії, будові, роботі та регулюванню роторно-пульсаційних апаратів для диспергування емульсій. Провести експериментальне дослідження гомогенізації молока з застосуванням роторно-пульсаційного апарата.

Час виконання роботи 2 години.

### 1 Порядок виконання роботи

- розглянути принцип дії та будову спектру конструкцій роторно-пульсаційних апаратів для обробки рідинних сумішей;

- уявити ознаки класифікації кавітаційних пристроїв роторно-пульсаційного типу;

- провести налагодження, регулювання і підготовку до проведення експериментальної частини роботи лабораторної установки роторно-пульсаційного типу для гомогенізації молока;

- зробити розрахунки гомогенізуючого вузла пульсаційного апарата з вібруючим ротором;

- виконати експериментальні дослідження процесу гомогенізації, використовуючи лабораторну установку;

- проаналізувати результати експерименту, сформулювати висновки за результатами роботи; оформити звіт з роботи і захистити його.

### 2 Завдання для самопідготовки

У процесі підготовки до заняття студент повинен:

**- вивчити і повторити:**

1) фізичну сутність обробки емульсій у роторно-пульсаційних пристроях, класифікацію подібних пристроїв; 2) призначення, принцип дії і будову лабораторної установки.

- **знати:** механізм гомогенізації молока та виробів з нього;

- **вміти:** проводити налаштування лабораторної установки, користуватися приладами, аналізувати результати експерименту.

## 3 Теоретична частина

### 3.1 Загальні відомості про роторно-пульсаційні апарати

Ппульсаційні апарати роторного типу відомі в техніці більш сорока років. Вони зарекомендували себе як ефективні пристрої для проведення інтенсифікації гідромеханічних і масообмінних процесів у різних галузях промисловості. Ці апарати достатньо прості за конструкцією, їх виготовлення не потребує складних технологій, вони надійні і ефективні в експлуатації.

Роторно-пульсаційні апарати (РПА) застосовують для обробки таких систем як „рідина-рідина“, „рідина-тверде тіло“, „газ-рідина“. Для кожного конкретного технологічного процесу існують певні вимоги до типу конструктивного і технологічного оформлення пристрою.

Спектр факторів впливу РПА на середовище, що обробляється, складається з наступних впливів:

- механічний вплив на частки гетерогенного середовища, що полягає в ударних, зрізуючих і стираючих навантаженнях і контактах з робочими частинами РПА;

- гідродинамічний вплив, що виражається у великих напруженнях зсуву в рідині, розвинутій турбулентності, пульсаціях тиску і швидкості потоку рідини;

- гідроакустичний вплив на рідину здійснюється за рахунок дрібномасштабних пульсацій тиску, інтенсивної кавітації, ударних хвиль і нелінійних акустичних ефектів.

Роторні апарати відносяться до апаратів з періодичними перехідними гідромеханічними процесами зі збудженням гідродинамічного і акустичного типу імпульсної кавітації і великими градієнтами швидкостей та значними пульсаціями. Перехідні нестабілізовані процеси визначаються тим, що період модуляції площі прохідного перерізу менший за час встановлення основних гідродинамічних параметрів: швидкості і тиску.

Типова конструкція радіального роторно-пульсаційного апарату (РПА) представлена на рисунку 1.

Робочими елементами таких апаратів є коаксіально розташовані циліндри ротора і статора, на бічній поверхні яких є канали для проходу середовища, що обробляється.

Частину апарата, яка включає отвори ротора та статора, називають модулятором.

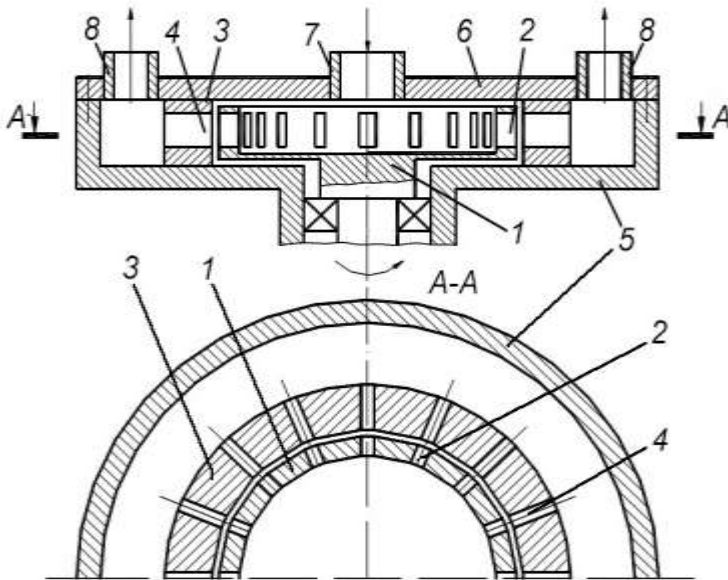


Рисунок 1 – Схема конструкції радіального пульсаційного апарата:  
1 - ротор; 2 - канали ротора; 3 - статор; 4 - канали статора; 5 - корпус;  
6 - кришка; 7, 8 - патрубки введення і виведення продукту.

Принцип роботи РПА полягає у наступному. Середовище, що підлягає обробці, уводиться в апарат через центральний патрубок. Проходячи через робочі органи, рідина піддається значним знакозмінним навантаженням, внаслідок чого в ній виникають істотні зсувні напруження. Крім того, на середовище, що обробляється, при роботі пристрою діють високочастотні пульсації і явища кавітації.

При обертанні ротора його канали періодично перекриваються поверхнею статора або співпадають з каналами статора. У першому випадку в порожнині ротора тиск зростає, а в другому – за короткий проміжок часу скидається.

У результаті цього через канал статора поширюється імпульс надмірного тиску, услід за яким виникає короткочасний імпульс зниженого „негативного“ тиску, оскільки поєднання каналів ротора і статора завершилося і подача рідини в канал статора відбувається тільки за рахунок транзитної течії з радіального проміжку між ними.

Об’єм рідини, що увійшов до каналу статора, прагне до виходу з нього і інерційні сили створюють у рідині напруження розтягу, які викликають кавітацію.

Бульбашки кавітації ростуть при дії імпульсу зниженого тиску і згортаються або пульсують при збільшенні тиску в каналі статора. Частина кавітаційних бульбашок виноситься у робочу камеру.

Оскільки швидкість потоку рідини в каналі статора велика і є також змінною величиною, потік є турбулентним. Робочі поверхні ротора і статора впливають на рідке гетерогенне середовище за рахунок високих зрізуючих і зсувних зусиль, що виникають у радіальному проміжку.

Наведена конструкція РПА може підлягати модифікаціям форми і розташування отворів ротора і статора.

Роторні апарати пристосовані для автономної роботи із зовнішнім джерелом тиску або без нього. У першому випадку крізь РПА подають середовище, яке обробляється, зовнішнім насосом, що інколи технологічно зручно. У другому випадку тиск створюється під дією відцентрових сил, а для підвищення насосного ефекту всередині ротора встановлюють лопаті (подібно до відцентрових насосів) або поперед-насос шнекового типу.

За способом обробки та руху емульсії РПА діляться на два основні типи: радіальні і осьові. На відміну від радіального апарата, розглянутого вище, в осьових апаратах початкові компоненти поступають аналогічно, але переміщуються в осьовому напрямі.



Обробка середовища відбувається у вузькому проміжку між плоскими дисками статорів і роторів з радіальними прорізами. Ефективність таких апаратів нижча, ніж радіальних, які забезпечують більш рівномірну обробку середовища, простіші у виготовленні та експлуатації. Тому надалі ми розглядатимемо конструктивні особливості тільки радіальних апаратів.

Особливістю нестаціонарних потоків у РПА є різноманіття їх форм (кавітаційні, безкавітаційні, резонансні, нерезонансні, коливальні та інші), а при режимі кавітації (найбільш прийнятному) – також і різноманіття способів його збудження (акустичне, гідродинамічне, змішане, імпульсне, резонансне, високочастотне, низькочастотне, ін.).

Значна кількість ротаційних апаратів конструюється для створення розвиненої кавітації. Представлені на рисунках 2 і 3 конструкції роторних апаратів за принципом створення кавітації можна розділити на 2 групи.

До 1-ої групи відносяться машини, в яких рідке середовище (суспензія, емульсія) рухається по вузькому кільцевому зазору змінного перерізу. До 2-ої групи відносяться роторно-пульсаційні апарати, призначені для створення інтенсивного акустичного поля, так звані гідродинамічні сирени.

Принцип створення кавітації у 1-ій групі машин (рисунок 2 а, б) полягає в наступному: суспензія подається в апарат і потрапляє у вузький кільцевий зазор між ротором і статором, на поверхнях яких передбачені канавки і виступи різного конструктивного оформлення.

За рахунок змінення статичного і гідродинамічного напору в рідині виникає розрідження тиску, і як наслідок істотних пульсацій тиску виникає кавітація. При невеликих зазорах між ротором і статором і високій швидкості течії рідини на частинки суспензії накладаються високі зсувні напруження від переміщення шарів рідини.

У другій групі роторно-пульсаційних машин (рисунки 3 і 4) принцип створення ефекту кавітації дещо інший – він описаний у поясненнях до рисунка 1.

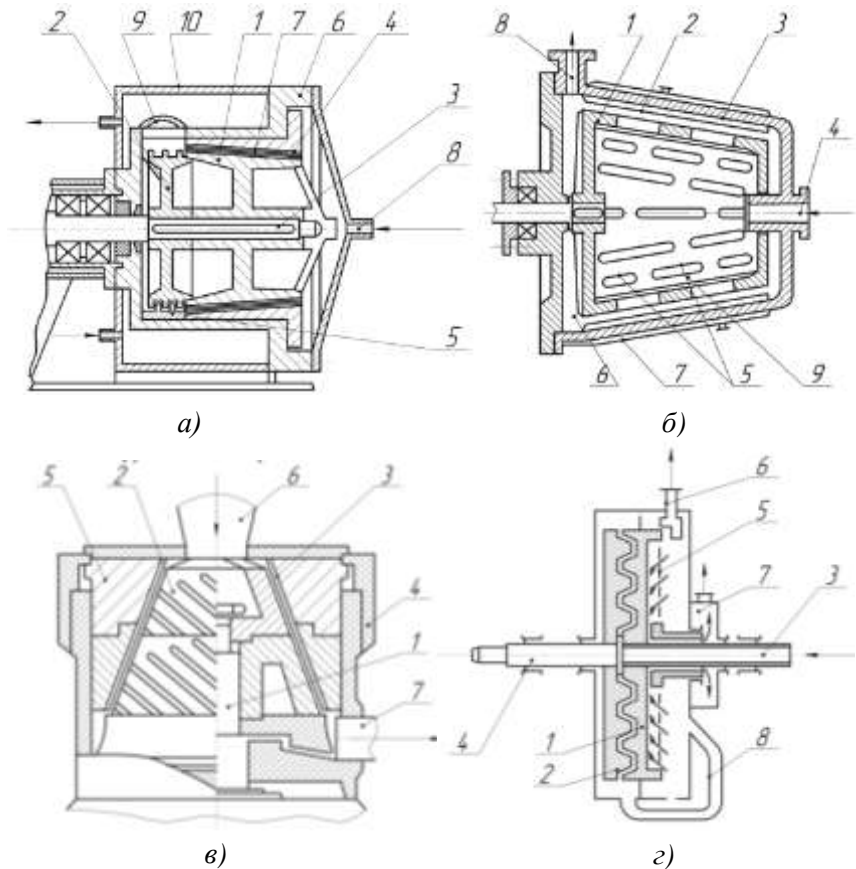


Рисунок 2 – Схеми роторних активаторів кавітації 1-ї групи:

*а*) кавітаційно-колоїдний млин активатор (1 - ротор; 2 - ударний пристрій; 3 - вал; 4 - статор; 5 - контрударники; 6 - корпус; 7 - канавки; 8 - вхід суспензії; 9 - вихід суспензії; 10 - сорочка охолодження);

*б*) колоїдний млин активатор з перфорованим ротором (1 - ротор; 2 - відбійники; 3 - корпус; 4 - вхід суспензії; 5 - перфорації; 6 - зона вивантаження суспензії; 7 - сорочка; 8 - вихід суспензії);

*в*) конусний колоїдний млин активатор (1 - вал; 2 - ротор; 3 - ребра; 4 - корпус; 5 - статор; 6 - вхід суспензії);

*г*) колоїдний активатор з двома роторами і сепарацією активованої твердої фази (1 - ротор з порожнинним валом; 2 - ротор з суцільним валом; 3 - порожнинний вал; 4 - суцільний вал; 5 - сепаратор; 6 - вихід грубих часток; 7 - вихід тонких часток).

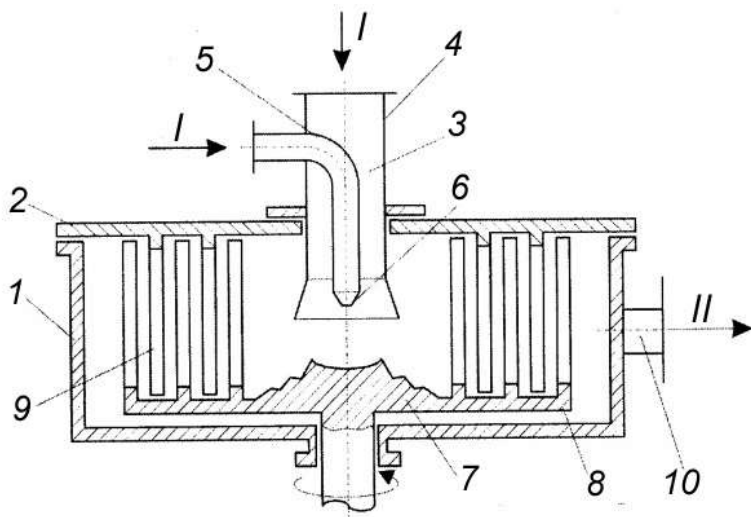


Рисунок 3 – Схема роторного апарата 2-ї групи машин:

I - рідина; II - емульсія; 1 - корпус; 2 - кришка; 3 - інжекційний пристрій; 4 - патрубок; 5 - канал; 6 - сопло; 7 - ротор; 8 - коаксіальні циліндри ротора; 9 - циліндри статора; 10 - тангенціальний патрубок.

При конструюванні РПА, призначених для гомогенізації молока слід враховувати, що диспергуючий ефект таких пристроїв пов'язаний зі збігом факторів, що підвищують кавітацію, та факторів, що збільшують швидкість ковзання. При зменшенні зазору між ротором та статором і профілюванні поверхонь каналів ротора і статора інтенсифікуються не тільки процеси кавітації, а й збільшуються пульсації тиску, що підвищує, у свою чергу, швидкість ковзання жирової кульки і, відповідно, ступінь диспергування.

На рисунку 5 показана схема роторно-пульсаційного пристрою з ротором, який здійснює коливання вздовж осі обертання.

Апарат складається з корпусу 1, вхідного 2 і вихідного (на рисунку не показаний) патрубок, циліндрів ротора 3 з прорізами (отворами), статора 4 з прорізами і генератора 5 механічних коливань. Статор (або його частина), поміщений всередині генератора, виконаний з магнітострикційного матеріалу.

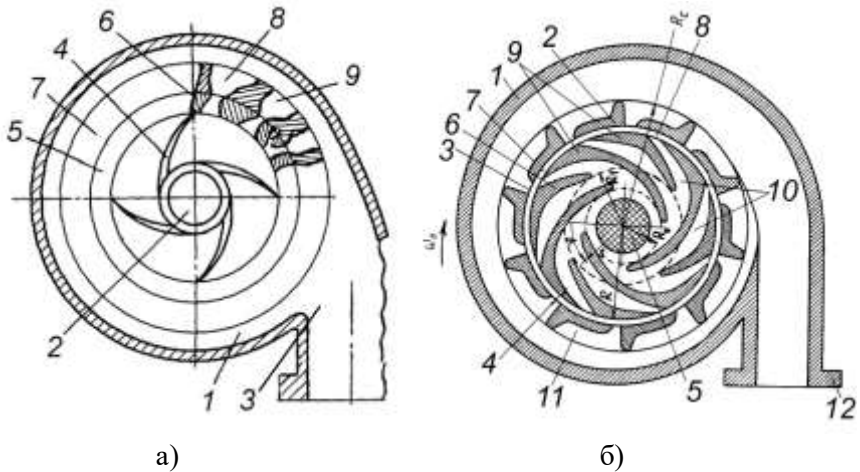


Рисунок 4 - Схеми роторних апаратів 2-ї групи машин:

а) кавітаційний диспергатор (1 - корпус; 2 - вхідний патрубок; 3 - вихідний патрубок; 4 - лопаті відцентрового насоса; 5 - циліндричне кільце; 6 - конфузори сопел; 7 - статор; 8 - дифузори; 9 - резонатори;

б) роторний апарат гідроударної дії „Сампо“ (1 - корпус; 2 - статор; 3 - прорізи статора; 4 - ротор; 5 - вал; 6 - довгі лопаті; 7 - короткі лопаті; 8 - прорізи; 9 - основи лопатей ротора; 10 - резонатори ротора; 11 - резонатори статора; 12 - вихідний патрубок).

При підключенні до генератора змінного струму він починає коливатися з відповідною частотою. За іншим варіантом статор є якорем електромагнітного генератора і також вібує з частотою змінного струму. Така конструкція дозволяє збільшувати величини зсувних напружень часток у проміжку між ротором і статором.

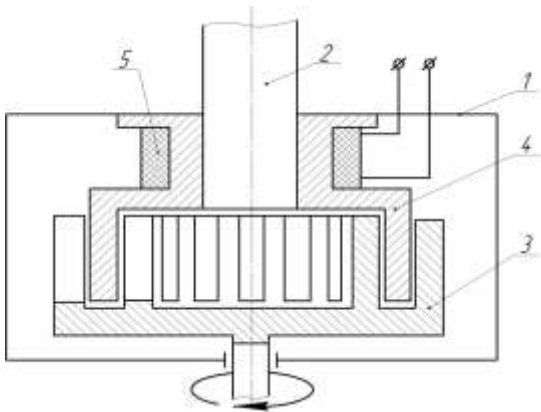


Рисунок 5 – РПА з генератором механічних коливань.

Крім того, на середовище, що обробляється, можливе одночасне накладення пружних коливань і осьових вібрацій, що дозволяє інтенсифікувати процес.

Незважаючи на всі міри інтенсифікації процесу диспергування у роторно-пульсаційних апаратах у ряді випадків, ефективність апаратів виявляється недостатньою. Відбувається нерівномірне дроблення часток твердої фази, що позначається на якості готового продукту. Для поєднання процесів гомогенізації і диспергування запропонована нова конструкція РПА з вібруючим ротором (рисунок 6).

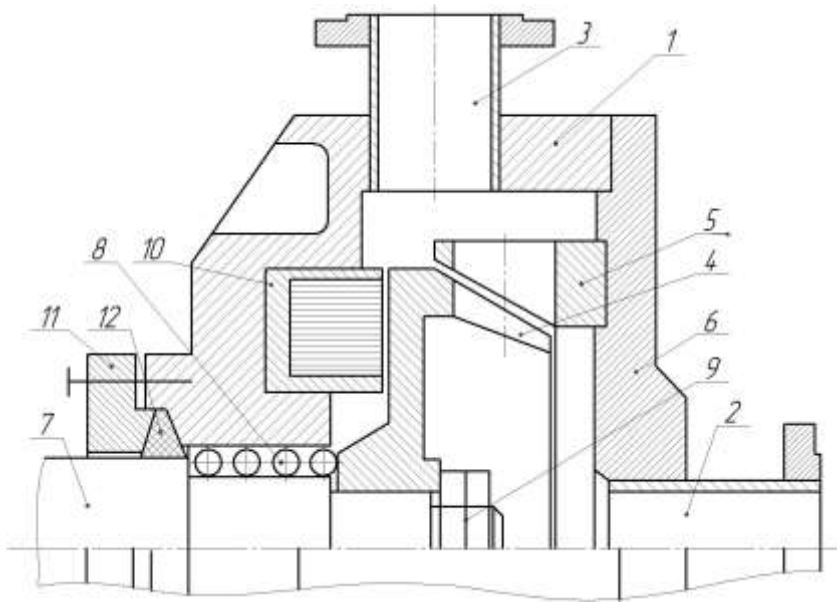


Рисунок 6 – Роторно-пульсаційний апарат з вібруючим ротором:

1 - корпус; 2 - вхідний патрубок; 3 - вихідний патрубок; 4 - ротор; 5 - статор; 6 - кришка; 7 - вал ротора; 8 - пружина; 9 - гайка; 10 - електромагніт; 11- кришка; 12- ущільнення.

Цей РПА складається з корпусу 1, у який вмонтований електромагніт 10. Ротор 4 встановлений на валу 7 і притиснений пружиною 8 до гайки 9. Статор 5 жорстко закріплений на кришці 6.

Між ротором і статором виставлений мінімальний проміжок. До складу апарату входять також кришка 11, ущільнення 12, патрубки 2 для уведення і 3 для виведення компонентів.

Апарат працює таким чином. Середовище, що обробляється, через вхідний патрубок 2 поступає в центральну частину апарата і під дією відцентрових сил проходить у проміжок між ротором 4 і статором 5. За рахунок удару часток об зуби ротора і статора, а також зсувних напружень, що виникають у проміжку, відбувається їх дроблення.

При подачі перемінного струму на котушку електромагніту 10 виникають осьові коливання ротора 4. У момент його притягнення до електромагніту проміжок збільшується, створюючи умови захоплення часток. При зближенні ротора і статора відбуваються роздавлювання і перетирання цих часток.

Значення радіального проміжку є змінною величиною в часі, що дозволяє змінювати величину зсувних напружень гетерогенного середовища. У процесі обертання ротора відбувається періодичне перекривання прорізів, внаслідок чого виникає гідравлічний удар і генерування акустичних коливань. Таким чином, на середовище, що обробляється, відбувається одночасне накладення пружних коливань і осьових вібрацій.

Для ефективної роботи апарата повинна виконуватися наступна умова: частота вібрацій ротора повинна бути кратною частоті перекриття прорізів ротора. Пройшовши активну зону, суміш потрапляє у зовнішню камеру і виводиться через патрубок 3. Таким чином, у цій конструкції РПА за рахунок вмонтованого в корпус електромагніту можлива обробка середовища в умовах резонансу, що дозволяє інтенсифікувати технологічні процеси в ньому і підвищити якість продукту.

#### **4 Оснащення робочого місця лабораторної роботи**

Для проведення експериментальних досліджень застосовується лабораторна установка роторно-пульсаційного апарата з вібруючим уздовж своєї осі ротором (ПА з ВР), схема якої представлена на рисунку 7.

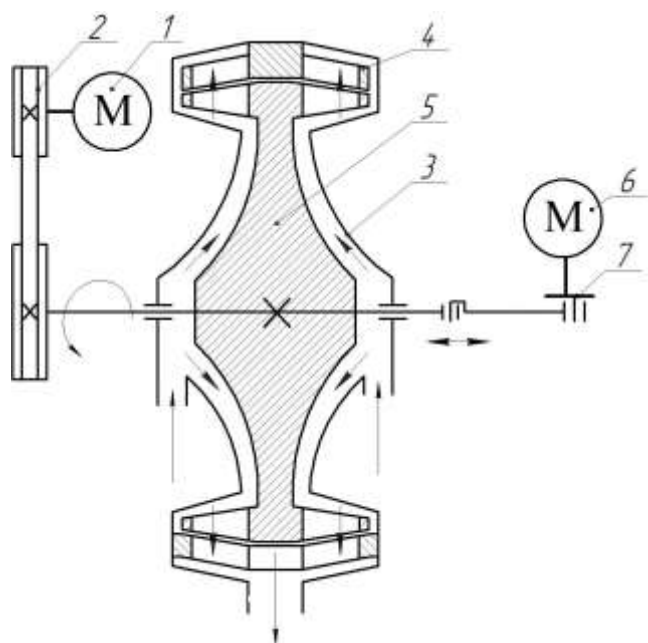


Рисунок 7 – Схема і фото лабораторної установки:

1 - електродвигун обертання ротора; 2 - клинопасова передача; 3- корпус;  
4 - статор; 5 - ротор; 6 - електродвигун вібрації ротора; 7- ексцентрик.

Гомогенізуючий вузол ПА з ВР складається з ротора 5, який обертається з частотою  $n_p$  і статора 4. Для осьових коливань ротора з частотою  $n_k$  застосовується ексцентриковий механізм 7, а для обертання ротора використаний електродвигун постійного струму 1 з клинорасовою передачею 2, що допускає при роботі відхилення на величину коливань  $s = 2r$ , яка для дослідного апарата складає до 3 мм.

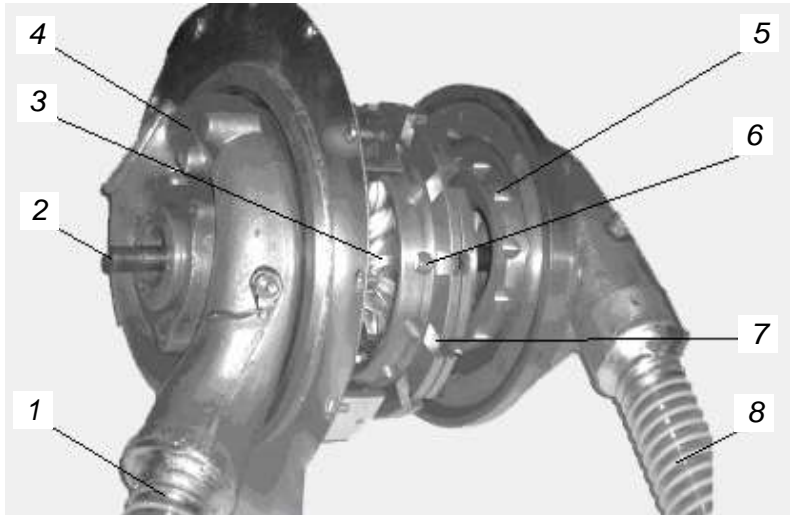


Рисунок 8 – Загальний вигляд гомогенізуючого вузла пульсаційного апарата з вібруючим ротором:

1 - патрубок відведення продукту; 2 - вісь ротора; 3 - лопатки; 4 - корпус; 5 - статор; 7 - отвори ротора; 8 - патрубок подачі продукту.

Прототипом для створення робочої камери апарата є турбіна ТКР-12. Робоча камера має лопаті 3 для підвищення насосного ефекту та розгінні пази, що дозволяє такому РПА працювати без додаткових насосів. У порожнині створюється надлишковий тиск рідини, під дією якого продукт відводиться з апарату через патрубок 1.

Радіальні отвори ротора 7 та статора 5 створюють необхідну пульсацію рідини, формуючи модулятор пульсаційного апарата. У пазах 7 здійснюється зіткнення потоків емульсії, що додатково підвищує ефективність емульгування продукту.



Перепускний вентиль необхідний для заповнення продуктом робочого простору гомогенізуючого вузла при його пуску.

Руйнування жирових кульок переважним чином відбувається за механізмом нестійкості Релея-Тейлора, де діаметр дисперсійної частки залежить від прискорення потоку рідини при рухові молочної емульсії крізь канали переривника апарата (отвори ротора та статора).

Прискорення потоку молока викликає різницю швидкості (ковзання) жирової кульки відносно молочної плазми. Інерція жирових кульок відмінна від дисперсійної фази внаслідок різниці густини. При рухові жирової частки відносно молочної плазми виникає сила опору, яка руйнує цю кульку.

Основним фактором руйнування жирових кульок під час гомогенізації є відношення сил поверхневого натягу жирової частки та сил, що руйнують її. Сили пропорційні швидкості ковзання жирової кульки відносно дисперсного середовища.

Для пульсаційного апарата з вібруючим ротором швидкість ковзання стає істотною у моменти прискорення та гальмування рідини. Ці умови створюються під час:

- перекриття отворів та їх незначного відкриття (гомогенізація по типу клапанних гомогенізаторів), коли градієнт швидкості у поперечному напрямку набуває істотної величини;
- швидкого змінення напрямку руху рідини за рахунок сил інерції, що викликає відмінності руху жирової кульки та плазми;
- прискорення потоку рідини при рухові крізь канали переривника.

Подрібнення за першою умовою відбувається протягом незначної долі часу пульсацій і енергонеєфективна (високі енерговитрати клапанних гомогенізаторів). Друга та третя умови передбачають створення істотних прискорень емульсії (швидкої зміни швидкості за короткий проміжок часу). Подібний механізм гомогенізації використовується у струминних та пульсаційних гомогенізаторах, енергоефективність яких значно вища (енерговитрати у 3...5 разів менші за клапанні).

Таким чином, з перелічених вище механізмів подрібнення жирових кульок у ПА з ВР найбільшою мірою за фізикою процесу відповідає нестійкість Релея-Тейлора, де діаметр дисперсійної частки залежить від прискорення потоку рідини.

## 5 Розрахунок пульсаційного апарата з вібруючим ротором

Вихідними даними для розрахунку ПА з ВР для гомогенізації молока є необхідний середній діаметр жирових кульок молока  $d$  та продуктивність апарата  $Q$ .

Основним технологічним вихідним параметром є необхідний ступінь диспергування молочного жиру. Максимальний ступінь диспергування мають клапані гомогенізатори, середній діаметр жирових кульок після обробки в яких складає 0,8...1,0 мкм. Такої якості виявляється достатньо для технологічних процесів виробництва молочних продуктів з використанням гомогенізації молока. Тому це значення приймаємо за розрахункове.

У технологічних лініях виробництва молочних продуктів найчастіше гомогенізатор встановлюють після пастеризації. Температура молока при цьому дорівнює 60...65 °С.

Частоту обертання кривошипа  $n_k$  приймаємо максимально можливою. Зручно приймати  $n_k$  рівною максимальній стандартній частоті обертання електродвигунів перемінного струму, тобто  $n_k = 2880$  об/хв.

Визначено, що для досягнення виникнення резонансу і максимального ступеня диспергування молочного жиру оптимальна частота обертання ротора  $n_p$  повинна бути синхронізована з частотою обертання кривошипа і кут здвигу фаз між обертанням кривошипа та ротора повинен складати 270°.

$$n_p = n_k / z \quad (1)$$

При  $\varphi = 0$  кут  $\beta = 270^\circ$ .

Дослідження показника ефективності гомогенізації показало, що для підвищення ефективності роботи ПА з ВР необхідно збільшувати діаметр ротора, зменшувати радіус кривошипа та кількість отворів переривника. Тому кількість отворів приймаємо рівним  $z = 4$ , адже при такій кількості отворів ефективність ПА з ВР значно зростає.

Для проектування типових РПА радіальний зазор приймають мінімально можливим для підвищення кавітаційних ефектів і його величина залежить від технічних можливостей виготовлювача.

Звичайне значення  $\delta = 0,1$  мм. Для ПА з ВР ця умова не обов'язкова, але величина зазору впливає на характер залежності швидкості, викликаной відцентровими силами в переривнику ПА, від часу. При великих зазорах характер зміни швидкості буде іншим, що вплине на умови створення резонансу руху рідини в Па з ВР. Оптимальні умови виникнення резонансу стануть відмінними від зазначених вище, що знизить ефективність роботи апарата, що проектується. Тому величина зазору приймається  $\delta \leq 0,5$  мм.

Довжину каналів статора та ротора для підвищення ефективності необхідно зменшувати. Граничними умовами для їх величини є характеристики міцності ротора та статора ПА. В існуючих конструкціях типових РПА  $l_p \geq 5$  мм,  $l_c \geq 8...10$  мм.

Після визначення мінімальних за технологічними та міцністними характеристиками  $l_p$  і  $\delta$  уточнюємо їх значення, виходячи з умови виникнення акустичного резонансу.

$$l_c = \frac{60c}{(4k+2)n_k}, \quad (2)$$

$$\delta = \frac{(0,438...0,425)k \cdot D}{z_p}, \quad (3)$$

де  $k = 1, 2, 3$  і т.д.

Діаметр ротора визначається з рівняння

$$D = 3,774 \sqrt{\frac{Q_o \cdot z^2 (l_p + \delta + l_c)}{n_p \cdot \rho_m}}, \quad (4)$$

де  $Q_o$  - продуктивність апарата;  $\rho_m$  - щільність матеріалу.

Радіус кривошипа визначається за формулою

$$r = \frac{30z \left( \frac{\pi \cdot D}{2z} + 8\delta \right)^2 \left( \frac{2500}{d^2} - \frac{\pi^3 \cdot n_k^2 \cdot D^2}{3600z^2 (l_p + \delta + l_c)} \right)}{D^2 \cdot n_k^2 \cdot \pi^2}. \quad (5)$$

Кількість отворів ротора пов'язана з діаметром ротора та діаметром отворів:

$$d_p = \pi \cdot D / 2z. \quad (6)$$

Ширина ротора збільшує енерговитрати ПА з ВР, тому вона приймається якомога меншою:

$$H \geq d_p. \quad (7)$$

або

$$H \geq \frac{\pi D}{2z}. \quad (8)$$

Електродвигуни приводів обертання  $P_o$  та вібрації ротора  $P_e$  підбираються за необхідними потужностями, які знаходимо за залежностями

$$P_o = \frac{D^3 \cdot n_p^2}{24z} \left( \frac{D^3 \cdot n_p \cdot \rho_m}{348z(l_p + \delta + l_c)} + \frac{\mu}{\delta} \right). \quad (9)$$

$$P_e = 1,44 \cdot 10^{-4} \cdot n_k^3 \cdot r^2 (m + 0,43 \rho_m \cdot z^2 \cdot D^2 \cdot r). \quad (10)$$

Для зменшення енерговитрат вібрації ротора масу ротора та рухомих частин привода необхідно мінімізувати, використовуючи харчові корозійностійкі метали та сплави з якомога меншою щільністю.

## 6 Порядок виконання лабораторної роботи

Перед виконанням експерименту студент погоджує з викладачем програму проведення дослідів.

- 1) Налаштувати установку для виконання експерименту;
- 2) Підігріти молоко до температури гомогенізації (60 °C), залити його в приймальну ємність;
- 3) Провести процес гомогенізації молока при заданих значеннях параметрів настроювання роторно-пульсаційного апарата.
- 4) Відібрати проби молока після проведеного кожного досліді.

При виконанні наступного досліді зі зміненими параметрами його проведення слід повторити пункти 1...4.

5) Відбір проб гомогенізованого молока, підготовка його до аналізу якості обробки, використовуючи спосіб мікрофотографування з подальшим комп'ютерним аналізом отриманих зображень, визначається за методикою, наведеною у вказівках до лабораторної роботи „Установка для протитечійно-струменевої гомогенізації молока“ даного практикуму.

6) За результатами дослідів за різними умовами їх проведення побудувати гістограми розподілення жирових кульок за їх розмірами;

7) Зробити аналіз одержаних результатів експерименту, сформулювати висновки і оформити звіт з лабораторної роботи.

Після проведення експериментальної частини роботи привести установку у вихідне положення і прибрати робоче місце.

## **7 Вимоги безпеки**

Під час проведення роботи слід дотримуватись правил загальної інструкції з охорони праці, наведених у розділі „Загальні вимоги безпеки“.

## **8 Контрольні питання**

1 Сутність гомогенізації і переваги гомогенізованих продуктів.

2 Сутність фізичного явища „кавітація“, його позитивні і негативні ефекти, застосування кавітації у переробній галузі.

3 Пульсаційні апарати роторного типу, область застосування, переваги і недоліки.

4 Фактори впливу робочих органів роторно-пульсаційних апаратів на середовище, що обробляється.

5 Будова і особливості конструкції роторних активаторів кавітації 1-ї групи.

6 Схеми апаратів 2-ї групи машин роторно-пульсаційного типу, принцип дії, сфера застосування.

7 Принцип дії роторно-пульсаційних апаратів з вібруючим ротором, конструкції і перспективи їх розвитку.

8 Будова і принцип дії лабораторної установки для роторно-пульсаційної гомогенізації молока.

## 8 Тестові завдання

1) Укажіть вірний перелік факторів, що діють на середовище, що обробляється, при його обробці на РПА.

1. механічні + гідродинамічні + гідроакустичні;
2. механічні + гідростатичні + гідроакустичні;
3. механічні + гідродинамічні + гравітаційні.

2) Для обробки яких систем не застосовують роторно-пульсаційні апарати (РПА)?

1. „рідина-рідина“;
2. „газ-тверде тіло“;
3. „газ-рідина“.

3) До якої температури попередньо підігрівають молоко перед обробкою у РПА?

1. 20...25 °С;
2. 60...65 °С;
3. 90...95 °С.

4) Укажіть максимальну амплітуду коливань ротора в експериментальній лабораторній установці РПА.

1. 1,5 мм;
2. 2,0 мм;
3. 3,0 мм.

5) За яким способом проводять обробку результатів експерименту з гомогенізації молока?

1. седиментаційним;
2. спектроскопічним.;
3. мікрофотографії

## Рекомендована література

1. Промтов М.А. Пульсационные аппараты роторного типа. Теория и практика. М.: Машиностроение, 2001. 247 с.

2. Балабудкин М.А. Роторно-пульсационные аппараты в химико-фармацевтической промышленности. М.: Медицина, 1983. 160 с.

3. Гвоздєв О.В. Машини і устаткування для переробки продукції тваринництва. Курс лекцій з дисципліни „Механізація переробки сільськогосподарської продукції“. Мелітополь, ТДАТА. 2001. 130 с.

4. Єресько Г.О., Шинкарик М.М., Ворошук В.Я. Технологія обладнання молочних виробництв. К.: “ІНКОС” центр навчальної літератури, 2007. 344 с.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

### УСТАНОВКА СТРУМИННОЇ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ МОЛОКА З РОЗДІЛЬНИМ ПОДАВАННЯМ ВЕРШКІВ

**Мета роботи:** вивчити будову і принцип роботи установки для струминної гомогенізації молока з роздільним подаванням вершків, встановити залежності процесу струменевої гомогенізації.

Час виконання роботи 2 год.

#### **1 Порядок виконання роботи**

- розглянути будову та принцип дії лабораторної установки для струминної гомогенізації молока;
- провести експериментальні дослідження процесу гомогенізації з роздільним подаванням вершків при різних режимах роботи установки;
- відібрати проби молока, підданого гомогенізації, і провести їх мікроскопні дослідження;
- провести статистичний аналіз результатів експерименту;
- сформулювати висновки за результатами роботи;
- скласти звіт по роботі, захистити його у викладача.

#### **2 Завдання для самопідготовки**

У процесі підготовки до заняття студент повинен:

- **вивчити і повторити:** основні загальні питання процесу гомогенізації, теоретичні основи струминної гомогенізації;

- **знати:**

- 1) сутність гомогенізації рідких харчових продуктів, область застосування цього процесу на переробних та харчових підприємствах;
- 2) види та конструкції гідродинамічних гомогенізаторів молочних продуктів;

- **вміти:** проводити налаштування лабораторної установки за умовами дослідів, користуватися контрольно-вимірювальними приладами, проводити визначення основних аналітичних залежностей за темою дослідження, проводити аналіз результатів експерименту.

### 3 Теоретичні відомості за темою роботи

#### 3.1 Загальна характеристика тенденцій галузі

Гомогенізація молока являє собою процес зменшення розмірів часток дисперсної фази (вершків) та її рівномірного розподілу у молочної плазмі (дисперсійного середовища).

Незважаючи на майже сторічну історію використання гомогенізації у нормативних процесах, що входять до складу технології переробки більшості продуктів молокопереробної галузі, досі не вдалося вирішити питання великих енергетичних витрат процесу, що складають до 8...10 кВт·год/т продукту.

До теперішнього часу немає чітко визначеної, єдиної теорії диспергування жирової фази молока при гомогенізації. Основна причина цього – це важка доступність безпосереднього спостереження руйнування жирових кульок внаслідок високих швидкостей їх руху і мікроскопічних розмірів. Більшість авторів розробок нових видів гомогенізаторів обмежуються лише описом принципу їх дії і називають саме це „механізмом гомогенізації“.

Недостатність експериментальних даних призвела до появи кількох гіпотез гомогенізації, основними з яких є наступні:

- руйнування під впливом дії поздовжнього градієнта швидкості потоку при вході у клапанну щілину (М.В. Барановський);
- руйнування під впливом поперечного градієнту швидкості потоку у клапанній щілині (Ребіндер і Віттінг);
- руйнування за рахунок відцентрової сили при обертальному рухові жирової кульки у градієнтному полі швидкостей (В.Д. Сурков);
- руйнування за рахунок кавітації;
- руйнування здуванням мікрочасток з поверхні жирової кульки (М.М. Орешина);
- гіпотеза субкавітаційної гомогенізації (Є.А. Фіалкова);
- гіпотеза руйнування при рухові емульсії з прискоренням (К.О. Самойчук).



Крім основних гіпотез існують і такі, що не знайшли широкого розповсюдження, або не мають достатнього обґрунтування, як-то, розривання часток жиру при вході у клапанну щілину, вибух у рідині, стирання жирових кульок, удар струменя, ультразвукова гомогенізація. Але не виключено, що ці теорії у майбутньому отримають подальший розвиток, адже гідродинаміка містить достатню кількість парадоксів.

Кожна з гіпотез базується на певному фізичному явищі, тому для здійснення гомогенізації та отримання тонкодисперсної емульсії використовують клапанні, відцентрові, імпульсні, ультразвукові, вакуумні, електрогідравлічні, роторно-пульсаційні, гідродинамічні та інші апарати. Однак, перелічені конструкції або забезпечують надто великий відносно вимог нормативних документів розмір жирових кульок після подрібнення, або мають високі енергетичні витрати, або ж вже досягли меж технічної досконалості.

Провідні вчені вважають, що досягти суттєвої економії енергії, що витрачається на здійснення процесу, можливо досягти шляхом використання конструкцій струминних гомогенізаторів. У них зменшення розмірів часток дисперсної фази відбувається внаслідок створення максимальної різниці між швидкостями дисперсійної та дисперсної фаз продукту.

До недоліків таких конструкцій слід віднести їх недостатню дослідженість. По суті, досконало дослідженим є лише процес протитечійно-струминної гомогенізації молока (рисунок 1).

Для його здійснення молоко з ємності під тиском подається крізь дві форсунки, що мають раціонально обґрунтовані діаметр та відстань розташування одна відносно одної. Після зіткнення у повітряному середовищі відбувається подрібнення жирової фази продукту, однак, водночас з цим проходить дестабілізація білкової фази молока, що проявляється у появі піни. Незважаючи на це, даний тип гомогенізатора дозволяє забезпечувати отримання молочних продуктів з середнім розміром жирових кульок на рівні 0,9...1,1 мкм, при зниженні енергетичних витрат процесу у 2...3 рази.

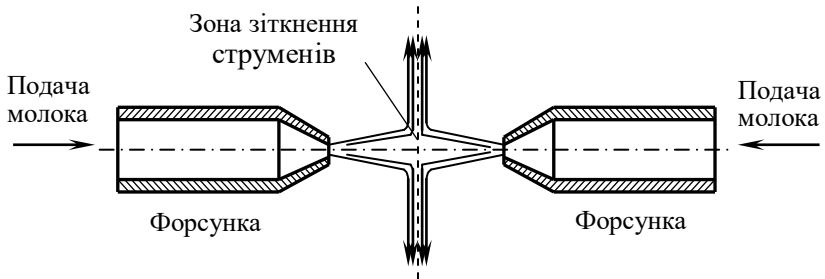


Рисунок 1 – Схема протічнійно-струминної гомогенізації

Менш дослідженою є конструкція, що передбачає створення різниці швидкостей фаз продукту за рахунок зіткнення потоку молока з перешкодою (відбивачем). Прогнозовано, що досягнення ефекту в такій установці дозволить отримувати продукт з розмірами жирових часток на рівні 1,1...1,5 мкм при зниженні енергетичних витрат відносно клапанних конструкцій у 1,5...2 рази.

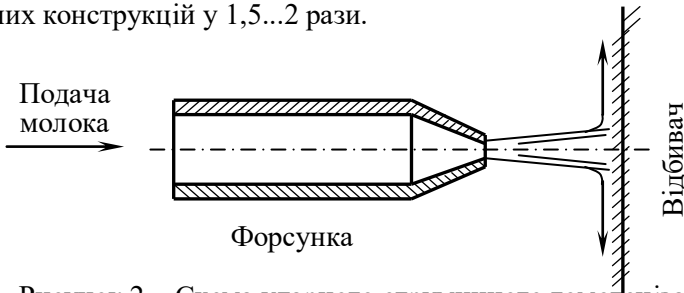
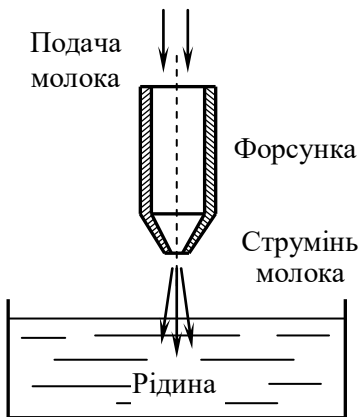


Рисунок 2 – Схема ударного струминного гомогенізатора



Якщо молоко під тиском подавати у вигляді струменя під рівень іншої рідини, наприклад знежиреного молока або пахти, також буде здійснюватися диспергування жирових кульок молока (рисунок 3)

Рисунок 3 – Схема одноструменевого гомогенізатора в об'ємі рідини

### 3.2 Відомості про технологію роздільної гомогенізації

Як відомо, гомогенізація належить до одного з самих енергоємних технологічних процесів у молочній промисловості, тому що при тиску 10 МПа необхідно збільшити поверхню розділу фаз на 500 тис м<sup>2</sup>.

Одним з методів зниження енергоємності процесу гомогенізації є метод, заснований на попередньому виділенні сепарацією низькожирних (12%) вершків, гомогенізації їх при температурі 70 °С та тиску 10...15 МПа та послідуючої нормалізації вершків знежиреним молоком (роздільна гомогенізація).

Роздільну гомогенізацію застосовують для того, щоб отримати продукт з потрібним вмістом жиру, підвищити стабільність жирової фази та білків і обмежити небажаний механічний вплив на молочний білок при виробництві питного молока, кисломолочних продуктів, сирів.

Відомо, що процес роздільної гомогенізації має суттєві переваги над традиційною гомогенізацією, зокрема: зниження енергоємності процесу, забезпечення заданої концентрації молочного жиру, підвищення стабільності дисперсної фази та білків. Літературні джерела свідчать, що при роздільній гомогенізації продуктивність зростає до 2,5 разів, а витрати енергії зменшуються на 50...70%.

Гомогенізовані вершки змішуються у потоці зі знежиреним молоком, що надходить з сепаратора вершковідділювача, та направляються до секції пастеризації пастеризаційно-охолоджувального устаткування. Вершки можна гомогенізувати також перед їх змішуванням зі знежиреним молоком при одержанні нормалізованого молока.

При виробництві роздільно гомогенізованого молока з використанням двохступінчастої гомогенізації масова доля жиру в вершках не повинна перевищувати 25%, а за одноступінчастої гомогенізації 16%. У молоці, отриманому з вершків з підвищеним вмістом жиру (більше 12%) та гомогенізованому роздільним способом, спостерігається посилене відстоювання жиру.

### 3.3 Загальні закономірності процесу струминної гомогенізації молока з розділним подаванням жирової складової

Процес відбувається у камері гомогенізації, де до передбаченого технологічно місця найбільшого звуження центрального каналу камери  $a$  по вузькому каналу  $d$  подається тонкий струмінь вершків (рисунок 4). При такому типі подавання жирової фази швидкість вершків буде мати найбільшу різницю відносно швидкості руху знежиреного молока, при цьому швидкість знежиреного молока  $v_M$  сягає максимальних значень.

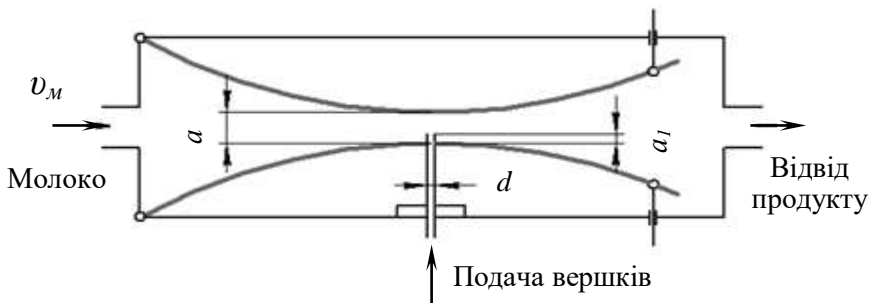


Рисунок. 2 – Схема струминного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків

Для опису процесу струминної гомогенізації з роздільною подачею вершків приймаються наступні вихідні параметри: надлишковий тиск  $\Delta p = 1 \cdot 10^6 \dots 5 \cdot 10^6$  Па, коефіцієнт швидкості обумовлений конструкцією сопла камери подавання знежиреного молока,  $\varphi = 0,95$ , діаметр жирової кульки  $d_k = 3 \cdot 10^{-6}$  м, коефіцієнт в'язкості  $\nu = 1,5 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с, густина плазми  $\rho_{пл} = 1035$  кг/м<sup>3</sup>, поверхневий натяг на границі жир-плазма  $\sigma_{ж-п} = 0,025$  Н/м. Діаметр сопла камери дорівнює згідно попередніх розрахунків  $d_c = 4 \cdot 10^{-3}$  м.

Сила опору  $F$  при рухові жирової частинки викликає перепад тиску  $\Delta p_k$ , Па між внутрішніми та зовнішніми фазами кульки, що деформує та розриває її.

Для описання залежностей між параметрами  $v_I$ ,  $d_k$ ,  $\rho_{жс}$ ,  $\rho_{пл}$ ,  $\nu$  та  $F_o$  застосуються відомі формули:

$$F_o = \frac{1}{8} Ne \cdot v_I^2 \cdot \pi \cdot d_k^2 \cdot \rho_{пл} \quad (1)$$

де  $Ne$  - критерій Ньютона;  $v_I = v_m$  - швидкість потоку, м/с.

Критерій Ньютона визначається у залежності від характеру руху рідини, що, в свою чергу, залежить від безрозмірного критерію Рейнольдса  $Re$

$$Re = v_I \cdot d_k / \nu \quad (2)$$

$$\text{Швидкість знежиреного молока } v_I = \varphi \sqrt{\frac{2}{\rho_I} \Delta p} \quad (3)$$

Швидкість та число Рейнольдса за формулами (2) та (3) коливається у діапазоні значень  $v_I = 43,1 \dots 96,5$  м/с;  $Re = 114933 \dots 257333$ . При  $500 < Re < 200000$  режим руху турбулентний. При цьому  $Ne = 0,45$

$$\text{Середня швидкість рідини дорівнює } u_c = \sqrt{\frac{17,8 \sigma_{жс-n}}{d_k \cdot \rho_{пл}}} \quad (4)$$

Перепад тиску  $\Delta p_k$ , Па, між внутрішніми та зовнішніми фазами кульки, що деформує та розриває її знаходиться як:

$$\Delta p_k = F_o / \omega, \quad (5)$$

де  $\omega$  - площа миделевого перерізу, тобто проекції краплі на площину, перпендикулярну до напрямку швидкості, м<sup>2</sup>.

$$\omega = \pi \cdot d_k^2 / 4, \quad (6)$$

$$\text{Тоді} \quad \Delta p_k = \frac{1}{2} Ne \cdot \rho_{пл} \cdot u_c^2 \quad (7)$$

При низькому перепаді тиску  $\Delta p_k$  крапля деформується, але не розривається завдяки поверхневому натягу, який обумовлює спрямований всередину перепад тиску  $\Delta p_\sigma$ , Па.

$$\Delta p_\sigma = 4 \omega_{жс-n} / d_k \quad (8)$$

Якщо  $\Delta p_k$  перевищує  $\Delta p_\sigma$  відбувається руйнування жирової кульки.

При турбулентному рухові рідини надлишковий тиск у камері гомогенізації, необхідний для руйнування жирової кульки, за критерієм Вебера дорівнює після перетворень:

$$\Delta p = \frac{2,7 \cdot 10^4 \cdot We \cdot \sigma_{ж-н} \cdot H_m}{\varphi^2} \quad (9)$$

Критерій Вебера, незалежно від типу руху рідини, можна визначити залежно від ефекту гомогенізації у вигляді

$$We = f(H_m)^m, \quad (10)$$

де  $H_m$  - ступінь подрібнення;  $m$  - показник ступеню, значення якого для гомогенізації при високому тиску дорівнює 1,7.

$$H_m = d_1/d_k, \quad (11)$$

де  $d_1$  і  $d_k$  - середній діаметр жирової кульки до гомогенізації і після гомогенізації;

Дослідження вчених рекомендують досягати подрібнення жирових кульок молока до можливо меншої величини (0,3...0,4 мкм). На практиці ж мінімальний середньоарифметичний розмір жирових кульок після гомогенізації складає 0,65...0,75 мкм.

Середній діаметр жирової кульки до диспергування у сирому молоці за оцінками різних дослідників складає від 2,5 до 4 мкм.

$$d_k = d_1/H_m. \quad (12)$$

Розрахунки, проведені за рядом експериментів у широкому діапазоні чисел Лапласа та за граничних значень критерію Вебера, показали, що найбільш важливим параметром, який визначає стійкість та руйнування крапель, є число Вебера.

$$We = \frac{u^2 \cdot d_n \cdot \rho_{nl}}{\sigma_{ж-н}}, \quad (13)$$

де  $u$  - різниця швидкостей жирової кульки та молока, м/с.

Встановлено, що при  $We > 50$  зіткнення крапель супроводжуються вибуховим подрібненням, коли розпадання по всьому об'єму відбувається так швидко, що зрив поверхневого шару майже не помітний і велика кількість вторинних крапель радіально розлітаються з зони взаємодії. Саме так і повинен відбуватись процес подрібнення жирової кульки. Отже, за формулами (4), (13) і умові  $\Delta p_k > \Delta p_\sigma$  середня швидкість  $u_c = 41,4$  м/с;  $Re = 399138 > 200000$ ; число Вебера  $We = 53,2$ .

Для оцінки режиму найбільшої ефективності запропонованого діапазону варіації тисків знежиреного молока необхідна оцінка за показниками якості та енергетичних параметрів процесу. Діаметр жирової кульки після диспергування визначається за формулою

$$d_k = 0,75 \frac{We_{кр} \cdot \sigma_{жс-n}}{\rho_{пл} \cdot u^2}, \quad (14)$$

де  $d_k$  - діаметр кульки, стійкої до дії турбулентного потоку рідини, м.

Для збільшення ефекту подрібнення необхідно підвищити відносну швидкість молока і жирової кульки шляхом збільшення швидкості жирової кульки перед включенням її до потоку знежиреного молока, що збільшить прискорення частинки та зменшить сили інерції.

За умови нерозривності потоку, при подачі жирової фази перпендикулярно потоку знежиреного молока, різниця швидкостей фаз у зоні подачі вершків буде дорівнювати

$$u = \frac{d_c}{a} \varphi \sqrt{\frac{2}{\rho_m} \Delta p_1}, \quad (15)$$

де  $a$  - відстань між напрямними центрального каналу у місці найбільшого звуження, м;  $\rho_m$  - густина молока, кг/м<sup>3</sup>.

Таким чином, формула (14) з урахуванням (15) матиме вигляд

$$d_k = 0,34 \frac{a^2 \cdot We_{кр} \cdot \sigma_{жс-n}}{\rho_{пл} \cdot d_c^2 \cdot \varphi^2 \cdot \Delta p_1}. \quad (16)$$

Критичні значення числа Вебера при руйнуванні крапель у потоці повітря визначені експериментально, однак для руйнування жирових кульок у потоці знежиреного молока значення його буде вище, враховуючи високу залученість до потоку сусідніх шарів плазми. Найбільш близьким до процесу струменевої гомогенізації є протитечійно-струминна, для якої експериментально підтверджені критичні значення числа Вебера варіюються у діапазоні 500...600.

Використання роздільної гомогенізації – один з шляхів вирішення задачі зниження енерговитрат на гомогенізацію.

Для струминного гомогенізатора продуктивність у кг/год.,  $Q_2$  можна розрахувати за формулою

$$Q_2 = Q_6 + Q_{zn} . \quad (17)$$

Подачу крізь канал подавання жирової фази можна розглядати як подачу крізь дросель

$$Q_{zn} = 3600\varphi_6 \cdot S \cdot \rho_{nl} \sqrt{\frac{2}{\rho_6} \Delta p_2} , \quad (18)$$

де  $S$  – площа перетину в місці найбільшого звуження, м<sup>2</sup>.

$$S = h \cdot a , \quad (19)$$

де  $h$  – висота камери по внутрішньому розміру, м.

$$Q_{zn} = 3600\varphi_6 \cdot \rho_{nl} \frac{\pi d_6^2}{4} \sqrt{\frac{2}{\rho_6} \Delta p_2} , \quad (20)$$

де  $d_6$  – діаметр каналу подавання жирової фази, м;

$\varphi_6$  – коефіцієнт швидкості каналу подавання жирової фази;

$\Delta p_2$  – надлишковий тиск у каналі подавання жирової фази, Па.

Якщо зв'язати вирази (19) і (20) з жирністю вершків  $J_6$ , знежиреного молока  $J_{zn}$  і нормалізованої суміші  $J_{н.с.}$  можна визначити основні розміри  $d_6$  і  $S$  для забезпечення потрібної продуктивності.



Ці розміри визначаються за формулами:

$$d_6 = \sqrt{\frac{4Q_z(\mathcal{J}_{н.с.} - \mathcal{J}_{зн})}{3600\varphi_6 \cdot \rho_6 \cdot \pi \sqrt{\frac{2}{\rho_6} \Delta p_2 (\mathcal{J}_6 - \mathcal{J}_{н.с})}}} . \quad (21)$$

$$S = \frac{Q_z(\mathcal{J}_6 - \mathcal{J}_{н.с.})}{3600\varphi_6 \cdot \rho_{пл} \sqrt{\frac{2\Delta p_1}{\rho_{пл}} (\mathcal{J}_6 - \mathcal{J}_{зн})}} . \quad (22)$$

Питомі енергетичні витрати процесу струминної гомогенізації молока з роздільним подаванням вершків визначаються за формулою:

$$E_{num} = \frac{\Delta p_1}{\rho_m} + \frac{\Delta p_2}{\rho_6} . \quad (23)$$

або у вигляді

$$E_{num} = \frac{We_{кр} \cdot \sigma}{2\rho_{пл} \cdot D_{max} \cdot \varphi^2} . \quad (24)$$

Зниження питомих витрат енергії при незмінному ступеню гомогенізації  $H_m$  можна досягти зменшенням коефіцієнта поверхневого натягу на границі жир-плазма за допомогою, наприклад, емульгаторів, що використовуються при подрібненні клапанними і іншими видами гомогенізаторів, або використанням технологічно обґрунтованих температурних режимів. Іншим шляхом зниження енергетичних витрат процесу є підбір раціональних значень коефіцієнта швидкості, тобто раціональної форми отворів патрубків подачі знежиреного молока та вершків.

Зниження енергетичних витрат струминного гомогенізатора по відношенню до клапанних зразків відбувається за рахунок використання принципу роздільної подачі дисперсної фази. У цьому випадку енергетичні витрати знижуються на 50...70%.

У цілому, енергетичні витрати струминного гомогенізатора молока з роздільним подаванням вершків складають 2,5...3,0 кВт·год/т продукту. При цьому середній розмір жирових кульок у таких гомогенізаторах коливається у діапазоні 0,8...0,85 мкм.

#### 4 Оснащення робочого місця лабораторної роботи

Для виконання експериментальних досліджень застосовується лабораторна експериментальна установка для проведення струминної гомогенізації молока з роздільним подаванням жирової фази, схема якої показана на рисунку 3.

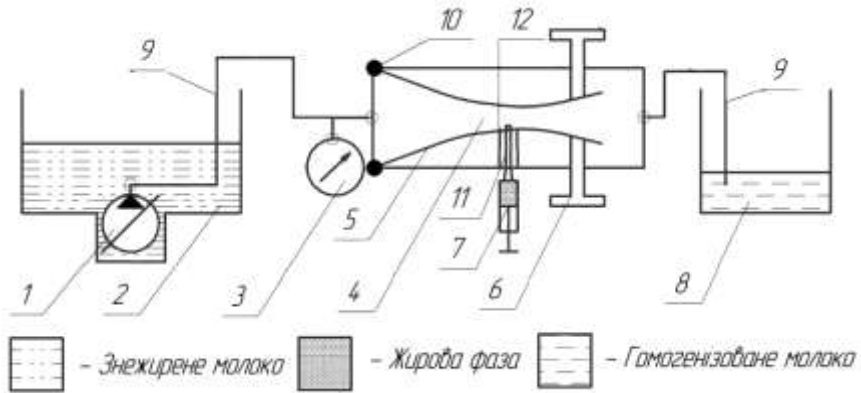


Рисунок 3 – Схема лабораторної установки для струменевої гомогенізації з роздільною подачею верхшків:

1 - насос шестеренний; 2 - ємність для знежиреного молока; 3 - манометр; 4 - струменеутворювач; 5 - напрямні; 6 - регулювальні тяги; 7 - шприц для введення жирової фази; 8 - ємність для обробленого продукту; 9 - гнучкі трубопроводи; 10 - шарніри; 11 - голка; 12 - канал подачі жирової фази.

З ємності 2 знежирене молоко через насос 1 по трубопроводах надходить до корпусу струменеутворювача 4. Манометр 3 контролює значення тиску. У корпусі струменеутворювача розташовані виготовлені з нержавіючої сталі напрямні потоку 5, закріплені на шарнірах 10. Направні забезпечують плавність потоку та максимальне збільшення швидкості у точці введення жирової фази. Корпус струменеутворювача виготовлено з прозорого органічного скла для можливості спостереження за процесом. Відстань між направляючими встановлюється за допомогою регулювальних тяг 6. Через шприц 7 жирова фаза по отвору подачі жирової фази із змінним діаметром 12 надходить у камеру де відбувається процес. Готовий продукт зливається у ємність 8.



Рисунок 4 – Фото загального виду експериментальної установки:

1 - ємність з насосом для подачі вершків; 2 - насос НШ-10 подачі знежиреного молока; 3 - електродвигун; 4 - з'єднувальні трубопроводи; 5 - ємність для знежиреного молока; 6 - камера гомогенізації; 7 - манометр; 8 - дрослюючий вентиль; 9 - блок керування насоса подачі вершків; 10 - пакетний вимикач.

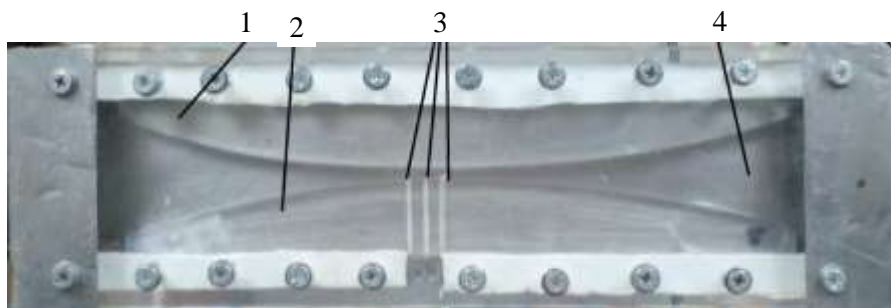


Рисунок 5 – Фото загального виду камери гомогенізації:

1, 2 - напрямні; 3 - отвори для подачі вершків; 4 - кришка.

Крім лабораторної установки струминного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків робоче місце лабораторного заняття оснащується знежиреним молоком і вершками жирністю 20%, секундоміром, мірною ємністю, лінійкою вимірювальною, оптичним мікроскопом з цифровою веб-камерою, набором покривних скелець, об'єктомікрометром, шприцом медичним 10 мл з голкою діаметром 0,6мм, серветками.

## **5 Порядок виконання лабораторної роботи**

Перед виконанням експерименту студенти за участю викладача встановлюють програму проведення дослідів, вивчають будову і принцип дії лабораторної установки та порядок її налаштування.

### **5.1 Дослідження впливу тиску на якість та енергетичні витрати процесу струминної гомогенізації молока**

5.1.1 Заповнити ємність для молока знежиреним молоком з концентрацією жиру  $\mathcal{J}_{zn} = 0,05$  %.

5.1.2 Перевірити лінійкою відстань між напрямними камери гомогенізації у місці найбільшого звуження; вона має складати 1мм.

5.1.3 Розрахувати необхідну хвилинну подачу вершків, виходячи з того, що продуктивність установки  $Q_2$  складатиме 1000 кг/год., жирність нормалізованої суміші 3,5%, а жирність вершків 20%.

$$Q_6 = \frac{Q_2 (\mathcal{J}_{н.с} - \mathcal{J}_{zn})}{60 (\mathcal{J}_6 - \mathcal{J}_{н.с})}$$

5.1.4 Встановити мірну ємність під шланг гомогенізованого молока.

5.1.5 Набрати в шприц необхідну кількість вершків, приєднати голку діаметром 0,6 мм та встановити його у середній канал подавання жирової фази камери гомогенізації.

5.1.6 Встановити дроселюючий вентиль у перше положення, згідно нанесеної на ньому поділки, що відповідає перекриттю засувки на 25%.

5.1.7 Увімкнути пакетний вимикач і одночасно почати рівномірну подачу вершків до камери гомогенізатора, запустити відлік часу за секундоміром та стежити за показниками тиску диспергування за манометром.

Зібрати гомогенізовану суміш в окрему ємність і підписати її.

5.1.8 Повторити дослід 3 рази; отримані дані продуктивності та надлишкового тиску занести до таблиці 1.

5.1.9 Встановити дроселюючий вентиль у 2 та 3 положення, що відповідають перекриттю засувки на 50 та 75% відповідно та повторити пункти 5.1. – 5.1.8.

Таблиця 1 – Результати дослідів з впливу тиску подачі знежиреного молока на якість та енергетичні витрати струминної гомогенізації.

Положення крана дроселя	Номер досліду	Надлишковий тиск молока, $\Delta p_l$ , Па	Продуктивність, $Q_e$ , кг/год.	Тривалість дослід, с	Розмір жирової кульки, мкм		Енергетичні витрати гомогенізації кВт·год./т,
					$d_k$	$d_{cp}$	
I	1						
	2						
	3						
II	1						
	2						
	3						
III	1						
	2						
	3						

Перевірити отримані дані на наявність грубих похибок.

5.1.10 Відбір проб гомогенізованого молока, підготовка його до аналізу якості обробки, використовуючи спосіб мікрофотографування з подальшим комп'ютерним аналізом отриманих зображень, визначається за методикою, наведеною у вказівках до лабораторної роботи „Установка для протитечійно-струменевої гомогенізації молока“ даного практикуму.

## 5.2 Вивчення впливу діаметра каналу подавання вершків на якість та енергетичні витрати процесу

5.2.1 Повторити пункти дослідів 5.1.1 – 5.1.4.

5.2.2 Набрати в шприц необхідну кількість вершків, приєднати голку діаметром 0,6 мм та встановити його у середній канал подавання жирової фази камеру гомогенізації.

5.2.3 Встановити дроселюючий вентиль у положення II, згідно нанесеної на ньому поділки, що відповідає перекриттю засувки на 50 %.

5.2.4 Повторити пункти 5.1.7 – 5.1.8.

5.2.5 При проведенні двох інших серій дослідів, слід встановити у шприц голки діаметром 0,7 та 0,6 мм відповідно.

Таблиця 2 – Результати вимірювань впливу діаметра каналу вершків на якість та енергетичні витрати струминної гомогенізації

Діаметр каналу подавання жирової фази, $d_0$ , мм	Номер досліду	Надлишковий тиск молока, $\Delta p_1$ , Па	Продуктивність, $Q_2$ , кг/год.	Тривалість досліду, с	Розмір жирової кульки, мкм		Енергетичні витрати гомогенізації кВт·год./т,
					$d_k$	$d_{cp}$	
0,8	1						
	2						
	3						
0,7	1						
	2						
	3						
0,6	1						
	2						
	3						

Зробити аналіз одержаних результатів експерименту, сформулювати висновки і оформити звіт з лабораторної роботи.

Після проведення експериментальної частини роботи привести установку у вихідне положення і прибрати робоче місце.

## **6 Вимоги безпеки**

Під час проведення роботи додержуватись правил загальної інструкції з охорони праці, наведених у розділі „Загальні вимоги безпеки“. Під час подачі тиску в канал знежиреного молока звернути увагу на герметичність з'єднань усіх гідравлічних елементів установки.

## **7 Контрольні питання**

1 На якому принципі засновані конструкції для проведення струминної гомогенізації молока?

2 Які теорії гомогенізації вам відомі? Поясніть їх сутність.

3 Розкрийте механізм гомогенізації.

4 За якими показниками оцінюють якість процесу гомогенізації?

5 Що означає термін „ступінь гомогенізації“?

6 Опишіть принцип дії струминного гомогенізатора молока з роздільним подаванням жирової фази.

7 Опишіть механізм, за яким здійснюється зменшення розмірів жирових кульок у струминному гомогенізаторі молока з роздільним подаванням вершків.

8 Чи залежить середній розмір жирових кульок після гомогенізації, від температури, і якщо так, то чому?

9 Чи залежать енергетичні витрати, що витрачаються на диспергування від температури?

10 Чи має місце економічний ефект від використання цієї конструкції гомогенізатора, і, якщо так, то у чому він полягає?

## **8 Тестові завдання**

1) Укажіть, до яких значень досягають енергетичні витрати процесу гомогенізації.

1. 8...10 кВт·год/добу;    2. 8...10 кВт·год/т;    3. 8...10 кВт·год/кг.

2) Який розмір жирових кульок одержують при застосуванні процесу протитечійно-струминної гомогенізації молока?

1. 0,09...0,11 мкм;    2. 0,9...1,1 мкм;    3. 9...11 мкм.

**3) Укажіть правильне формулювання гіпотези гомогенізації  
М.В. Барановського**

1. руйнування при рухові емульсії з прискоренням;
2. руйнування здуванням мікрочасток з поверхні жирової кульки;
3. руйнування під впливом дії поздовжнього градієнта швидкості потоку при вході у клапанну щілину.

**4) При якому значенні тиску проводять роздільну гомогенізацію молока ?**

1. 10...15 Па;                      2. 10...15 кПа;                      3. 10...15 МПа

**5) При якому значенні критерію Вебера зіткнення крапель у струмені супроводжуються вибуховим подрібненням?**

1.  $We > 20$ ;                      2.  $We > 50$ ;                      3.  $We < 50$ .

**Література**

1. Фиалкова Е.А. Гомогенизация. Новый взгляд: Монография – справочник. Спб.: ГИОРД, 2006. 392 с.
2. Самойчук К.О., Ковальов О.О. Розробка лабораторного зразка струминного гомогенізатора з роздільною подачею вершків. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2011. С. 77-84.
3. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. Эколит. М: 2011 728с.
4. Самойчук К.О., Ковальов О.О., Султанова В.О. Якість та енергетична ефективність процесу струминної гомогенізації молока з роздільною подачею вершків. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2015. Вип 15. Том1. С 241 - 249.
5. Дейниченко Г.В., Самойчук К.О., Кюрчев С.В. Протитечійно-струминна гомогенізація молока: Монографія. Мелітополь, Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. 200 с.



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

### УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОТИТЕЧІЙНО-СТРУМЕНЕВОЇ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ МОЛОКА

**Мета роботи:** 1) вивчити будову і принцип роботи установки для протитечійно-струменевої гомогенізації молока; 2) розширити і поглибити знання студентів з теорії гомогенізації; 3) оволодіти сучасними методами перевірки якості гомогенізації молока.

Час виконання роботи 2 год.

#### **1 Порядок виконання роботи**

- розглянути будову та принцип дії лабораторної установки для протитечійно-струменевої гомогенізації молока;

- провести експериментальні дослідження процесу гомогенізації при різних режимах роботи установки;

- відібрати проби молока, підданого гомогенізації, і провести їх мікроскопні дослідження з метою встановлення якісних показників;

- провести статистичний аналіз результатів експерименту;

- сформулювати висновки за результатами роботи.

#### **2 Завдання для самопідготовки**

У процесі підготовки до заняття студент повинен:

**- вивчити і повторити:**

1) основні загальні питання процесу гомогенізації, теоретичні основи цього процесу; 2) основні способи і машини, які застосовуються для гомогенізації сировини та продукції харчових і переробних виробництв;

**- знати:**

1) сутність гомогенізації рідких продуктів, область застосування цього процесу на переробних та харчових підприємствах;

2) склад та властивості молока та жиру в молоці;

**- вміти:** проводити налаштування лабораторної установки за умовами дослідів, користуватися контрольно-вимірювальними приладами, проводити визначення основних аналітичних залежностей за темою дослідження, проводити аналіз результатів експерименту.

### 3 Теоретичні відомості про процес гомогенізації

#### 3.1 Молоко і необхідність у його гомогенізації

Молоко являє собою натуральну емульсію жиру (дисперсної фази) у молочній плазмі (дисперсійній фазі). Молочний жир знаходиться у теплому молоці у вигляді рідких крапель, у охолоджену – у вигляді твердих часток сферичної форми; їх зазвичай називають жировими кульками. Середній діаметр жирових кульок у свіжому молоці за оцінками різних авторів коливається у межах 2,5...3 мкм і залежить від численних факторів: породи тварин, часу лактації, часу доїння тощо. Їх число складає 1,5...3,0 млрд. в 1 мл. Молочна плазма також являє собою емульсію, так як містить солі, білкові частки і інші компоненти, серед яких найбільші розміри, до 300 нм (один нанометр (нм) – це одна мільярдна ( $1 \cdot 10^{-9}$ ) метра), мають глобули казеїну. Таким чином, молоко – це складна полідисперсна система.

У спокійному стані на поверхні свіжого молока через 20...30 хв. утворюється шар відстоєних вершків. Це відстоювання обумовлене різницею густини плазми та молочного жиру. Швидкість відстоювання залежить від розмірів жирових кульок, в'язкості дисперсійної фази, але, головним чином, від утворення скупчень (агрегатів) жирових кульок при склеюванні жирових кульок одна з одною, яке викликається білком молока лактоглобуліном.

При знижених температурах цей білок адсорбується на поверхні твердих жирових кульок, при збільшенні температури до 50...55° С він переходить у молочну плазму. Високі температури пастеризації зменшують відстоювання вершків, що обумовлюється руйнуванням лактоглобуліну (температура 55° С і більш). Інтенсивне перемішування сприяє утворенню конгломератів жирових кульок.

Терміном „гомогенізація“ (буквально – підвищення однорідності) називають процес дроблення часток або крапель дисперсної фази та одночасний рівномірний розподіл їх у дисперсійній фазі. Стосовно молока можна сказати, що гомогенізація – це процес подрібнення жирових кульок молока та рівномірний розподіл їх за об'ємом плазми молока.

В Україні гомогенізація поряд з такими процесами як пастеризація, стерилізація та нормалізація є нормативним процесом та використовується у більшості технологічних процесів молочної промисловості.

Внаслідок гомогенізації зменшується широта інтервалу розподілу жирових кульок за розмірами та зменшується різниця між розмірами найбільших та найменших жирових кульок.

Збільшення дисперсності внаслідок гомогенізації уповільнює седиментацію – молоко після гомогенізації значно довше зберігає мікроскопічну однорідність та розшаровується значно повільніше. Під час гомогенізації змінюється склад адсорбційних шарів жирових кульок, перерозподіляються деякі складові частини молока між жировою фазою та молочною плазмою, змінюється склад та властивості білків молока.

Гомогенізоване молоко перед негомогенізованим має такі переваги:

- поліпшення смакових та сенсорних властивостей завдяки одночасному збільшенню в'язкості, однорідності, покращенню консистенції, більш інтенсивному білому кольору та зменшенню поглинання сторонніх запахів з оточуючого середовища;

- збільшення поверхні жирової фази полегшує засвоєння молочного жиру організмом людини (за перетравлюванням жиру та білків молока гомогенізоване молоко відповідає кип'яченому);

- підвищена стійкість при зберіганні та транспортуванні внаслідок зменшення дестабілізації молочного жиру і триваліше зберігання первісного смаку молока;

- рівномірний розподіл в об'ємі молочного жиру та пов'язаних з ним вітамінів А та D;

- практично відсутня жирова плівка при кип'ятінні молока, що зберігає сухі речовини молока;

- відсутність залишків на стінках тари при виливанні молока;

- покращення якості продуктів з використанням гомогенізованого молока (кава з незбираним молоком, пудинги, каші, напої, тощо);

- утворення більш міцних білкових згустків при виробництві кисломолочних продуктів та збільшення його перетравлювання;

- підвищення в'язкості йогуртів, зниження виділення сироватки;
- запобігання розрідження консистенції при виробництві кефіру;
- покращення збивання сумішей для виробництва морозива і його структури. При заморожуванні морозива та зберіганні не відбувається утворення грудочок жиру;

- створення повноти смаку відновлених молочних продуктів, запобігання появі водянистого присмаку.

Однією з характерних рис емульсій є стабільність протягом часу. Стабільність молока як молочної емульсії жиру у молочної плазмі обумовлена наявністю адсорбційних оболонок жирових кульок і у значній мірі залежить від їх структурно-механічних властивостей. Встановлено, що на поверхні жирових кульок адсорбуються білки, фосфати, мідь, залізо, різні ферменти.

### **3.2 Аналіз способів оцінки якості гомогенізації**

Виходячи з визначення терміну „гомогенізація“ під якістю цього процесу слід розуміти два показники: показник зменшення розмірів жирових кульок та показник рівномірності розподілу жирових кульок по об'єму дисперсійного середовища (гомогенності). Перший з них називають ступенем гомогенізації, а от другому приділяють значно менше уваги. Таким чином вирази „якість гомогенізації“ і „ступінь гомогенізації“ ототожнюються.

Для оцінки якості гомогенізації використовують наступні способи: 1) седиментаційний аналіз; 2) метод центрифугування; 3) оптичні методи; 4) вимірювання під мікроскопом.

З них перші три є інтегральними способами оцінки якості гомогенізації, а останній – диференційним.

Сутність *седиментаційного аналізу* базується на залежності швидкості відстоювання жирової фази внаслідок спливання часток жиру від їх розміру. Для цього 250 см<sup>3</sup> молока наливають у циліндр та вистояють 24 або 48 годин при температурі 4...8 °С.

У об'ємі нижнього шару емульсії у циліндрі (у нижніх 150 см<sup>3</sup>) визначають масову концентрацію жиру  $c_H$ . Показник стабільності жирової молочної емульсії, або показник відстоювання жиру визначають за виразом:

$$\chi = \frac{c_0 - c_H}{c_0 - \frac{3c_H}{5}}, \quad (1)$$

де  $c_0$  - концентрація жирової фази в початковій емульсії, %.

Жирова емульсія має високу стабільність, якщо відсоток відстоювання жиру в ній не перевищує 10%, тобто  $\chi \leq 0,1$ .

**Метод центрифугування** полягає у порівнянні концентрації жирової фази початкової проби емульсії з пробю емульсії після центрифугування протягом 30 хвилин у спеціальній піпетці при температурі 38...40 °С. Ефективність гомогенізації  $E_T$  визначається за формулою

$$E_T = \frac{C}{A} \cdot 100\% \quad (2)$$

де  $C$  - середня місткість жиру у молоці, %;

$A$  - місткість жиру у верхній частині піпетки, %.

Якщо відома ефективність гомогенізації, можна визначити середній розмір жирових кульок після гомогенізації.

Сутність **методу оптичної спектрофотометрії** полягає у вимірюванні оптичної щільності спеціально підготовленого зразка емульсії при довжині хвиль 400 та 1000 нм, а з величин відношення оптичної щільності  $D_{400}/D_{1000}$  визначається середній розмір жирових кульок  $D_0$  за виразом

$$D_0 = 2,82 - 2,58 \cdot \lg(D_{400}/D_{1000}) \quad (3)$$

Відмінну ступінь диспергування має молочна емульсія, для якої відношення  $D_{400}/D_{1000}$  знаходиться у діапазоні 4...6.

До методів оптичного вимірювання також відноситься лазерна кореляційна спектроскопія, сутність якої подібна до розглянутої вище.

При **мікроскопуванні** молоко після гомогенізації ретельно перемішують, неодноразово переливаючи його з посудини у посудину, уникаючи утворення піни. У мірну колбу ємністю **250** мл наливають до половини дистильовану воду, потім **1** мл молока. Вміст колби перемішують, доливають водою до мітки та знов перемішують. З кожної проби молока готують три подібних суміші, а з кожної суміші – два препарати. З кожної проби молока повинно вийти шість препаратів.

Для збільшення контрастності жирових кульок використовують сечовину та жиророзчинну фарбу. При нанесенні краплі розбавленого молока на предметне скло її покривають покривним склом, краї якого тонко змащують. При накриванні препарату покривне скло легко придавлюють, і утворюється закритий об'єм препарату, глибина якого складає близько **70** мкм.

При мікроскопічному вимірюванні чітке зображення можна отримати тільки для верхнього шару жирових кульок, тому препарат витримують протягом 20...30 хв. для спливання жирових кульок. Заміри проводять за допомогою мірного окуляра та об'єктомікрометра.

Жирові кульки під дією броунівських сил знаходяться у постійному русі, тому простіше за все для їх підрахунків та вимірів використовувати фотографування (рисунок 1).

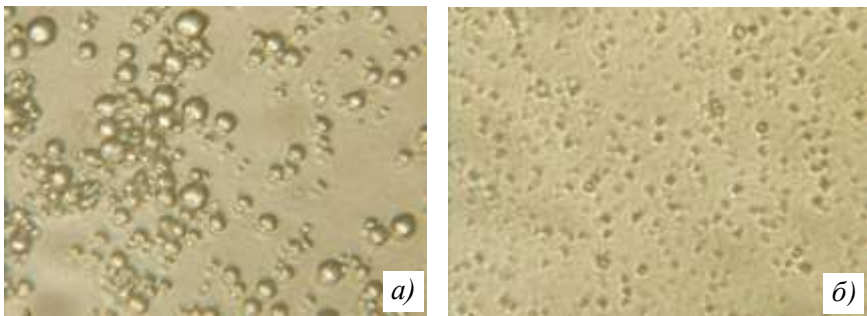


Рисунок 1 – Мікрофотографії препаратів молока:  
а) необробленого молока; б) молока після гомогенізації.

Для забезпечення достовірності результатів та виключення помилок треба виміряти не менше 1000 жирових кульок з однієї проби. Для полегшення підрахунків використовують лічильні камери (Горяєва, Бюркера, Розенфельда та ін.).

Таким чином, достовірна кількісна оцінка дисперсних характеристик молока може бути зроблена тільки на великому статистичному матеріалі (сотні жирових кульок), і в той же час вона повинна проводитися у стислі терміни. Цим вимогам відповідає кількісний автоматичний аналіз зображень оптико-геометричними методами.

Найбільш перспективною апаратурою для такого аналізу є аналізатори зображень – системи, здатні здійснити експресне уведення і обробку складних зображень. До таких систем відносяться системи аналізу зображень універсального призначення, аналогічні таким як Magiscan, Quantimet (Великобританія) і IBAS (Німеччина). Вони є мультипроцесорними системами з послідовною і/або паралельною структурою. Фактично це „сукупність“ двох незалежних комп’ютерних блоків: відеоаналізатора і хост-комп’ютера. Або системи, що не мають розподіленої пам’яті і, як правило, що не є мультипроцесорними, аналогічні таким як Pericolor (Франція), Videolab (Великобританія), Omega (Польща), Leitz TAS Plus (Німеччина). Зазвичай вони є стандартними комп’ютерами, забезпеченими спеціалізованим блоком уведення відеоінформації і більш менш розвинутою системною бібліотекою обробки відеоданих.

У результаті підрахунків будують гістограми розподілу дисперсної фази у відсотковому відношенні їх кількості до загальної кількості для певних інтервалів значень діаметра жирових кульок (рисунок 2). Визначають широту їх розподілу та середній діаметр.

При седиментаційному аналізі на швидкість спливання жирових кульок впливає не лише їх діаметр, а і спроможність їх до агломерації, що, у свою чергу, залежить від стану та кількості білку молока еуглубуліну, часу після доїння, температури та інших факторів. Це стосується і методу центрифугування, але у меншій мірі.

До того ж за цими способами неможливо оцінити ширину спектру жирових кульок. Тому ці способи дають приблизний результат.

У методі оптичної спектрофотометрії похибку вносять білки молока, розміри яких сягають 0,3 мкм. Тому цей спосіб також не можна вважати точним.

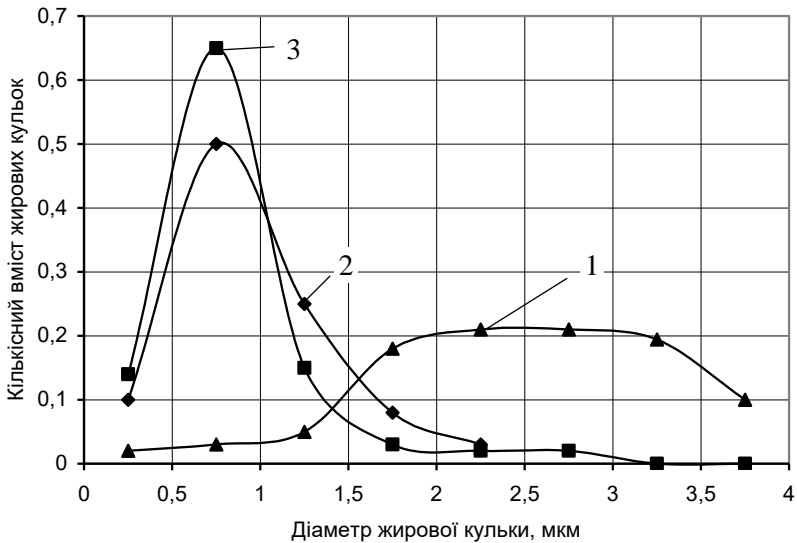


Рисунок 2 – Диференційні розподілення жирових кульок

1 - негомогенізованого молока; 2 - після гомогенізації у клапанному гомогенізаторі при тиску **16** МПа та  $T = 65$  °С; 3 - після гомогенізації у протитечійно-струменевому гомогенізаторі при  $T = 65$  °С,  $\Delta p = 3,5$  МПа.

Ефективність гомогенізації (у відсотках) прийнято оцінювати за седиментаційними показниками молока, на які найбільшим чином впливають скупчення жирових кульок, що злиплись за наявності еуглобуліну у вільному стані. Тому оцінювання якості гомогенізації за величинами ефективності та ступеня гомогенізації може давати відмінні один від одного результати.

Достовірніший результат можна отримати використовуючи метод вимірювань під мікроскопом.



Для підвищення продуктивності, полегшення вимірювань і підрахунків та зменшення похибок доцільно застосовувати метод мікрофотографування з комп'ютерним аналізом отриманих зображень.

Таким чином, визначення якості гомогенізації у даній роботі буде проведене методом аналізу мікрофотографій проб молока.

Для отримання мікрофотографій використовується оптичний мікроскоп МИКМЕД-1 з під'єднаною до його окуляру веб-камерою і послідуною обробкою одержаного сигналу на персональному комп'ютері (рисунок 3)



Рисунок 3 – Обладнання для контролю якості гомогенізації молока:

1 - веб-камера Mustek Weam 300; 2 - мікроскоп МИКМЕД-1.

### 3.3 Статистична обробка результатів експерименту

Статистична обробка результатів експериментального дослідження розмірів жирових кульок у молоці проводиться у наступній послідовності:

У полі зору мікроскопа підраховується кількість жирових кульок та їх діаметр.

Кожний дослід повторюється 3 рази.

Результати сукупних даних кожного повтору досліду (результати вимірювань за 6 полями зору) заносяться у таблицю 1 за формою:

Таблиця 1 – Форма результатів мікроскопування молока

Номер досліду	Кількість підрахованих жирових кульок	Кількість жирових кульок за розмірами, мкм							
		0...0,5	0,5...1,0	1,0...1,5	1,5...2,0	2,0...2,5	2,5...3,0	3,0...3,5	3,5...4,0
1									
...									
6									

Величина інтервалів груп жирових кульок приймається рівною 0,5 мм. Кількість інтервалів  $n$  приблизно розраховується за виразом

$$n = \sqrt{N} \quad (4)$$

У результаті обробки отримується розподілення розмірів жирових кульок за їх кількістю шляхом обробки вибірки даних. Підрахунок основних параметрів вибірки доцільно виконувати засобами програми *Microsoft Office Excel*. Визначаються:

- середній діаметр жирових кульок

$$D = \frac{\sum_{i=1}^m D_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^m N_i}, \quad (5)$$

де  $D_i$  і  $N_i$ , - відповідно середній діаметр жирових кульок у групі та кількість жирових кульок;

- середньоквадратичне відхилення

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum (D_i - D) N_i}{N}}. \quad (6)$$

- коефіцієнт варіації

$$V = \bar{\sigma} / D. \quad (7)$$

Ступінь гомогенізації визначається за формулою

$$Hm = D_0 / D, \quad (8)$$

де  $D_0, D$  - середній діаметр жирових кульок до і після гомогенізації, м.

### 3.4 Теоретичні основи протитечійно-струменевої гомогенізації молока

Схема протитечійно-струминного гомогенізатора показана на рисунку 4. Він складається з двох співвісно розташованих форсунок, у які під тиском нагнітається молоко. Диспергування жирової фази відбувається у емульгуючому каналі при змінненні швидкості потоку (за типом клапанного) і при зіткненні струменів.

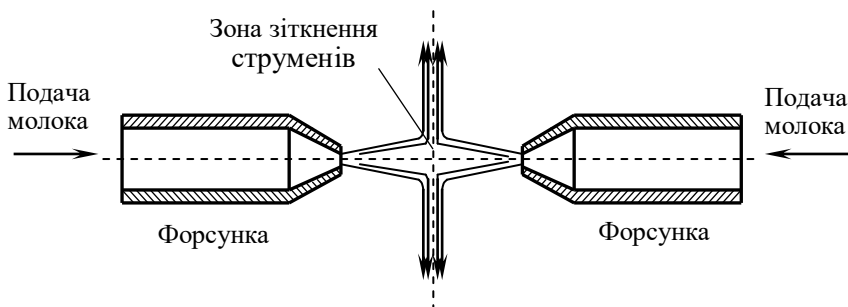
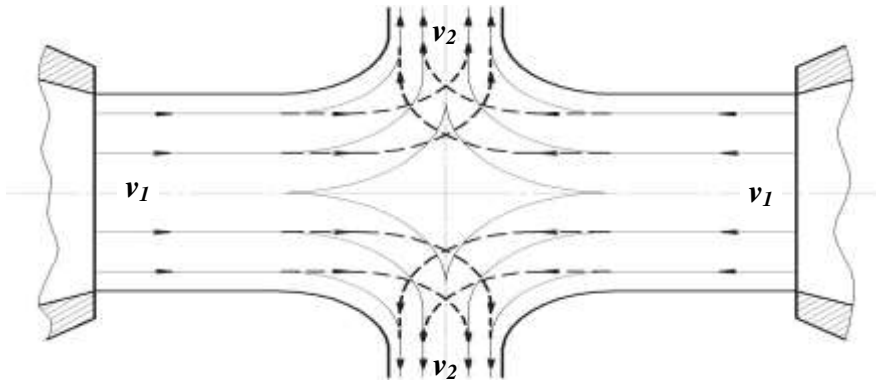


Рисунок 4 – Схема протитечійно-струминного гомогенізатора молока

Жирова кулька (рисунок 5) при виході з сопла форсунки рухається разом з потоком дисперсійної фази зі швидкістю  $v_1$ . Після зіткнення молоко змінює напрям руху на  $90^\circ$  і рухається зі швидкістю  $v_2$ , яка зменшується при збільшенні відстані від осі форсунок. При цьому її швидкість відносно дисперсійної фази  $u$  дорівнює нулю.



— - лінія току молока; - - - - - - - рух жирової кульки

Рисунок 5 – Схема виникнення градієнту різності швидкостей між жировою кулькою та плазмою молока

Сила інерції викликає відмінність у русі жирової кульки від оточуючої дисперсійної фази (штрихова лінія на рисунку 5). При змінненні напрямку руху та при вході жирової кульки у зустрічний потік між жировою кулькою та дисперсійною фазою виникає перепад швидкостей  $u$ , який і призводить до деформації і руйнування жирової кульки.

#### 4 Оснащення робочого місця лабораторної роботи

Для проведення експериментальних досліджень застосовується лабораторна установка, схема якої представлена на рисунку 6.

Пристрій складається з камери 15, у якій встановлені форсунки 16. Дно камери виконане конусним з ухилом до центру, де розташований отвір для відводу молока після гомогенізації. Зверху камера для можливості спостереження за процесом закрита прозорою кришкою 10.

Втулки 17 для регулювання положення форсунок з розташованими радіально гвинтами дозволяють змінювати кут між форсунками у межах  $180...120^\circ$ , відстань між форсунками у межах  $0...100$  мм та досягати їх співвісності. Форсунки виконані розбірними з можливістю заміни їх робочих насадок.

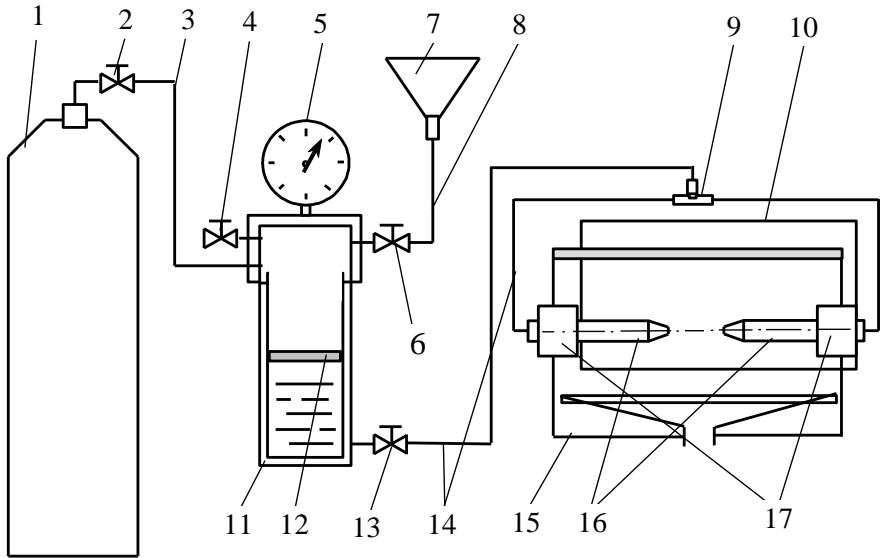


Рисунок 6 – Схема установки для дослідження протитечно-струменевої гомогенізації молока

1 - балон з газом (або насос); 2 - нагнітальний вентиль; 3 - шланг; 4 - випускний вентиль; 5 - манометр; 6 - заливний вентиль; 7 - воронка; 8 - шланг; 9 - трійник; 10 - кришка камери; 11 - циліндр; 12 - поршень; 13 - вентиль подачі молока; 14 - шланги високого тиску; 15 - камера; 16 - форсунки; 17 - втулки регульовальні.

Для створення необхідного тиску молока служить балон з газом 1 або ж насос та циліндр 11, які з'єднані між собою шлангом 3.

Ємність циліндра 0,9 літра. Величина тиску в циліндрі контролюється за манометром 5. Нагнітальний вентиль 2 служить для наповнення циліндру газом з балона.

Молоко заливається у циліндр за допомогою лійки 7 через шланг 8 та заливний вентиль 6. Випускний вентиль 4 необхідний для випуску газу з циліндра при його наповненні молоком.

Для запобігання дифундування газу у молоко і, тим самим, змінення його властивостей, служить поршень 12.

Циліндр та форсунки з'єднані між собою гідравлічними шлангами високого тиску 14.



Розділення потоку молока з циліндра на дві рівні частини здійснюється у трійнику 9. Вентиль 13 служить для подавання молока під необхідним тиском у форсунки.

На рисунку 7 наведено фото загального виду лабораторного пристрою для дослідження протитечійно-струменевої гомогенізації молока.

Рисунок 7 – Лабораторна установка дослідження протитечійно-струменевої гомогенізації молока

Перед початком досліджень проводиться налагоджування форсунок. Для цього вони виконані розбірними з можливістю використання насадок з різними діаметрами сопел та кутами конусності.

Відстань між соплами форсунок у межах 0...5 мм контролюється за допомогою набору щупів (ГОСТ 8925-68 і ГОСТ 8926-68), при відстанях 5 мм і більше – штангенциркуля ШЦЦ П-250-0,5 ГОСТ 166-89. Співвісність забезпечується втулками з регульовальними гвинтами і перевіряється при подаванні молока через форсунки при невеликому відкритті основного вентиля 13 (рисунок 6). При співвісному розташуванні форсунок після зіткненні струменів утворюється характерне, візуально симетричне коло.

У циліндр через воронку, відкритий заливний та випускний вентилі заливається необхідний об'єм молока. При цьому основний вентиль закритий.

Для створення у циліндрі необхідного тиску використовується газ (стиснене повітря) з балона або насос. Після відкриття нагнітального вентиля (випускний та заливний вентиля закриті) газ подається у циліндр і тиск у ньому збільшується до необхідної величини. У пристрої використаний манометр з граничним значенням вимірюваного тиску – 10 МПа (100 кгс/см<sup>2</sup>), класом точності 2,5 за ГОСТ 2405–85. При відкритті основного вентиля 13 молоко під необхідним тиском спрямовувалось у форсунок, у яких формувалися струмені.

Після гомогенізації молоко самопливом відводиться через отвір у нижній частині камери.

### **5 Порядок виконання лабораторної роботи**

Перед виконанням експерименту студент за участю викладача встановлює програму проведення дослідів з варіацією таких параметрів, як тиск гомогенізації (у межах 3...5 МПа) і відстань між соплами форсунок (у межах 0,5...2,0 мм)

- 1) Налаштувати установку для виконання експерименту (здійснюємо необхідні регулювання положення і відстані форсунок);
- 2) Підігріти молоко до температури 60 °С, залити його через воронку в циліндр і створити в ньому тиск, потрібний для гомогенізації;
- 3) Провести процес гомогенізації молока при заданих значеннях тиску і відстані між соплами форсунок;
- 4) Відібрати проби молока після обробки.

При виконанні наступного досліді слід повторити пункти 1...4

Відбір проб молока слід проводити у такій послідовності:

- 1) молоко після гомогенізації ретельно перемішують, неодноразово переливаючи з посудини у посудину, уникаючи утворення піни;
- 2) з центральної частини загального об'єму відбирають 1 мл молока та розводять дистильованою водою у пропорції 1 до 20;
- 3) пункт 2 повторити 3 рази;
- 4) з кожного зразку суміші молока і води приготувати два препарати, для чого краплю розбавленого молока нанести на предметне скло мікроскопа, закрити покривним склом та злегка придавити;

5) підготовані препарати витримати протягом 20...30 хвилин для спливання жирових кульок;

6) встановити препарат на предметний стіл мікроскопа, сфотографувати 6...8 характерних полів зору.

Для отримання оптимального поля зору та найбільш якісного зображення веб-камера кріпиться до місця, призначеного для приєднання фотонасадки на мікроскопі. Кратність збільшення встановити  $\times 640$  для отримання фотографії розмірами  $10,8 \times 8,1$  см (при роздільній спроможності камери  $640 \times 480$  пікселів).

7) Для кожного дослідю провести підрахунок жирових кульок з розподіленням їх за розмірами;

8) Провести статистичний аналіз за даними отриманих мікрофотографій: розрахувати середній діаметр жирових кульок, середньоквадратичне відхилення, коефіцієнт варіації і ступінь гомогенізації за формулами (4...8).

9) За результатами дослідів з різними умовами їх проведення побудувати гістограми розподілення жирових кульок за їх розмірами (див. рисунок 2);

10) Зробити аналіз одержаних результатів експерименту, сформулювати висновки і оформити звіт з лабораторної роботи.

Після проведення експериментальної частини роботи привести установку у вихідне положення і прибрати робоче місце.

## **6 Вимоги безпеки**

Під час проведення роботи додержуватись правил загальної інструкції з охорони праці, наведених у розділі „Загальні вимоги безпеки“. Під час подачі тиску в циліндр звернути увагу на герметичність з'єднань усіх гідравлічних елементів установки.

## **7 Контрольні питання**

1 У чому полягає сутність гомогенізації?

2 Переваги гомогенізованого молока перед негомогенізованим.

3 Розкрийте механізм гомогенізації.

4 За якими показниками оцінюють якість процесу гомогенізації?



5 Що означає термін „ступінь гомогенізації“?

6 У чому принцип дії протитечійно-струменевого гомогенізатора?

7 Назвіть основні методи визначення якості гомогенізації молока, їх недоліки та переваги.

8 Розкрийте сутність методів: седиментаційного аналізу, оптичного метода, центрифугування і вимірювання під мікроскопом.

9 Як побудувати гістограму розподілу жирових кульок молока?

10 Які основні статистичні характеристики визначають при аналізі зображень мікрофотографій проб молока?

## 8 Тестові завдання

**1) До якого виду суміші відносять молоко?**

1. розчин;                                    2. емульсія;                                    3. суспензія

**2) У яких межах коливається середнє значення діаметра жирових кульок молока?**

1. 2,5...3,0 мкм;                                    2. 2,5...3,0 мм;                                    3. 0,25...0,30 мм

**3) У яких співвідношеннях знаходяться щільності плазми і жирової фази молока?**

1. щільність плазми більша за щільність жиру;  
2. щільність плазми менша за щільність жиру;  
3. щільність плазми дорівнює щільності жиру;

**4) Який з наведених виразів не можна віднести до переваг гомогенізованого молока?**

1. покращення збивання сумішей для виробництва морозива і його структури;  
2. практично відсутня жирова плівка при кип'ятінні молока;  
3. значне зменшення в'язкості йогуртів та значне збільшення виділення сироватки;

**5) Який з наведених методів оцінки якості гомогенізації не відносять до інтегральних?**

1. седиментаційний метод;                                    2. вимірювання під мікроскопом;  
3. метод центрифугування.

6) Скільки препаратів для фотографування рекомендують готувати при застосуванні методу вимірювання під мікроскопом?

1. три;                                  2. п'ять;                                  3. шість.

7) Які значення інтервалу груп жирових кульок приймаються при статистичній обробці результатів досліджень?

1. 0,5 мм;                                  2. 5,0 мкм;                                  3. 5,0 мм.

8) Яку з наведених формул використовують при оцінці ефективності гомогенізації при застосуванні методу центрифугування?

$$1. \chi = \frac{c_0 - c_H}{c_0 - \frac{3c_H}{5}} ;$$

$$2. E_r = \frac{C}{A} \cdot 100\% ;$$

$$3. D_0 = 2,82 - 2,58 \cdot \lg(D_{400} / D_{1000}) .$$

9) До якої температури рекомендують нагрівати молоко перед його гомогенізацією?

1. 25 °С;                                  2. 50 °С                                  3. 60 °С

10) Яку кратність збільшення мікроскопа рекомендують для фотографування препаратів?

1. ×250;                                  2. ×450;                                  3. ×640.

### Література

1. Гвоздев О.В. Технологічне обладнання для переробки продукції тваринництва. Навчальний посібник. Суми: Довкілля, 2004. 420 с.

2. Притико В. П., Лунгрэн В. Г. Машины и аппараты молочной промышленности. 2-е изд. М.: Пищевая промышленность, 1979. 320 с.

3. Лукьянов Н. Я., Барановский Н. В. Оборудование предприятий молочной промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1968. 406 с.

4. Сурков В. Д., Барановский Н. В., Липатов Н. Н. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1970. 625 с.

5. Машины, оборудование, приборы и средства автоматизации для перерабатывающих отраслей АЛПК. Каталог. Т. 1, Ч.3. Молочная промышленность. М.: АгроНИИТЗНИТО, 1990. 421 с.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

### ФРИЗЕРИ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА

**Мета роботи:** отримання, розширення і поглиблення знань по призначенню, принципам дії, будові, розрахунках, роботі та регулюванню фризерів періодичної дії.

Час виконання роботи 2 години.

#### 1 Порядок виконання роботи

- ознайомитись з теорією, технологічними і холодильними схемами пристроїв для заморожування компонентів морозива – фризерів;
- розглянути принцип дії та будову основних конструкцій фризерів періодичної дії та діючої лабораторної установки;
- ознайомитись з рецептурою і скласти потрібну суміш для виробництва морозива;
- провести налагодження, регулювання і підготовку до роботи діючої лабораторної установки (фризера);
- виконати експериментальні дослідження процесу заморожування, рецептурної суміші морозива;
- зробити аналіз результатів експерименту, сформулювати висновки за результатами роботи, оформити звіт з роботи і захистити його.

#### 2 Завдання для самопідготовки

У процесі підготовки до заняття студент повинен:

**- вивчити і повторити:**

1) класифікацію фризерів; 2) призначення, принцип дії і будову основних видів фризерів для морозива.

**- знати:** механізм холодильної обробки морозива, порядок дій при виконанні цієї операції;

**- вміти:** проводити налаштування обладнання, лабораторних установок, користуватися контрольно-вимірювальними приладами, проводити визначення основних аналітичних залежностей за темою дослідження, проводити аналіз результатів експерименту.

#### 3 Теоретична частина

### 3.1 Класифікація фрізерів

Фрізер є основною машиною у виробництві морозива. Фрізер – апарат для готування м'якого і твердого морозива. Фрізер одночасно насичує повітрям, перемішує, заморожує попередньо приготовлену рідку суміш до температури  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Обладнання цього типу активно використовується у кафе і точках продажів на вулиці і в торговельних центрах.

Фрізери різняться і класифікуються за наступними параметрами: залежно від продукту на виході (фрізери для твердого і фрізери для м'якого морозива); варіант виконання фрізера (настільний або такий, що стоїть на підлозі); продуктивність фрізера; об'єм бункера для суміші; об'єм циліндра або циліндрів заморожування; тип охолодження у фрізері; наявність пастеризації; наявність повітряної помпи.

Основною відмінністю між фрізерами для твердого морозива і фрізерами для м'якого морозива – це температура продукту на виході. У фрізерах для твердого морозива (їх ще називають батч-фрізери) вона становить  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а у фрізерах для м'якого морозива близько  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . У фрізерах крім морозива можна готувати інші холодні десерти, такі, як граніто, сорбетто, фроузен-йогурт і багато чого іншого.

За принципом дії розрізняють два основних види фрізерів: періодичної дії (ФПД) і безперервної дії (ФБД).

В апаратах ФПД усі операції – наповнення фрізера сумішшю, фрізерування і випуск морозива здійснюються послідовно одна за іншою; у фрізерах ФБД – безупинно і одночасно.

Залежно від системи охолодження фрізери бувають із розсільним або безпосереднім охолодженням. У фрізерах з розсільним охолодженням використовується циркулюючий у сорочці фрізера розчин солі (звичайно хлористий кальцій), охолоджений у випарнику холодильної машини.

Принцип дії фрізерів з безпосереднім охолодженням заснований на кипінні холодильного агента (найчастіше аміаку, у деяких конструкціях – фреону або хлорметилу).

Обидві системи охолодження можуть бути застосовані і у ФПД і ФБД. На цей час розсільне охолодження використовують тільки у фризерах періодичної дії.

Фризери з безпосереднім охолодженням, у свою чергу, діляться на два види – із затопленою системою та з примусовою циркуляцією холодильного агента, причому циркуляція здійснюється за допомогою інжектора або насоса.

### **3.2 Технологічні і холодильні схеми роботи фризерів**

*Технологічні схеми.* У фризерах періодичної дії (рисунок 1) через воронку 1 у циліндр 3 заливається самопливом певна порція суміші (40...50% його повної ємності).

У циліндрі суміш перемішується мішалкою 4 і збивається. Циркулюючий у сорочці 5 розсіл або паровий холодильний агент охолоджує суміш, яка досягає кріоскопічної температури, а потім при подальшому відводі тепла намерзає тонким шаром на стінці циліндра.

При обертанні мішалки шарнірно підвішені на ній ножі 2 притискаються відцентровою силою до стінки циліндра і зрізують з неї замерзлий шар. Поверхня циліндра, що оголилася, покривається новим шаром суміші, що також примерзає до стінки і знову зрізується ножами.

Для прискорення розвантаження циліндра в мішалці ФПД влаштовані гвинтові ребра, які направляють морозиво до виходу. Напір, створюваний цими ребрами, достатній тільки на подолання опорів всередині циліндра і у розвантажувальній засувці. Тому розвантаження фризера періодичної дії, так само як і завантаження, відбувається самопливом.

У фризерах безперервної дії суміш і повітря подаються у циліндр за допомогою насосів. Процес заморожування у ФБД здійснюється принципово так само, як і у ФПД. І тут суміш намерзає на стінці циліндра і зрізується з неї ножами. Однак, на відміну від ФПД, у ФБД мішалка займає більшу частину ємності циліндра і корисна його ємність, тобто одночасна ємність робочої камери, утвореної кільцевим зазором між мішалкою та стінкою циліндра, порівняно мала (2...4 л), що сприяє інтенсивності заморожування.

Під тиском насосів, що безупинно подають суміш і повітря, отримане в циліндрі морозиво також безупинно витісняється з його.

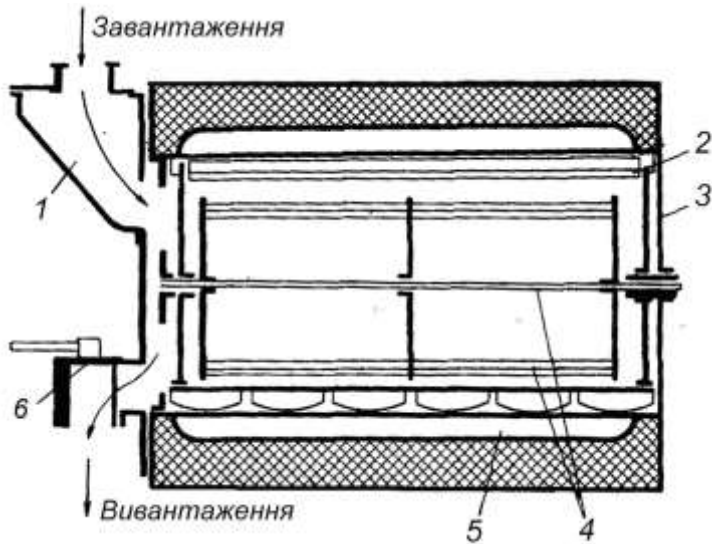


Рисунок 1 – Технологічна схема фризера періодичної дії:

- 1 - воронка; 2 - ніж; 3 - циліндр; 4 - мішалка; 5 - сорочка;  
6 - розвантажувальна засувка.

Якщо заморожування у ФПД і ФБД відбувається по тому самому принципу, то механізм другого елемента фризера – збивання у ФБД істотно відрізняється від ФПД.

У загальному процесі збільшення об'єму системи суміш - морозиво при фризераванні у ФБД можна розглядати три стадії: введення повітря у суміш, його впровадження, тобто перемішування та рівномірний розподіл повітряних пухирців у масі суміші і, нарешті, розширення повітряних пухирців при виході морозива із циліндра.

Сутність останньої стадії зводиться до наступного. Суміш у циліндрі ФБД перебуває під тиском, що створюється примусовою подачею суміші і повітря у циліндр, зростанням в'язкості морозива по мірі його замерзання, а також опором у шляхах проходження суміші і морозива;

внаслідок цього повітряні пухирці в морозиві під час перебування його в циліндрі перебувають у стислому стані та по виході морозива з циліндра розширюються, що збільшує об'єм морозива, а, отже, і його збитість.

За принципом здійснення першої стадії збивання ФБД діляться на два типи: з підсмоктуванням повітря та з нагнітанням. На рисунку 2 показана технологічна схема фризера з підсмоктуванням повітря.

Суміш із прийомного бачка 1 надходить до насоса першої ступені 5, який по сполучній лінії 3 подає її у насос другої ступені 4. Насоси працюють з різною частотою обертання: насос другої ступені обертається у більш ніж три рази швидше, ніж насос першої ступені. Насос другої ступені, таким чином, має більшу продуктивність.

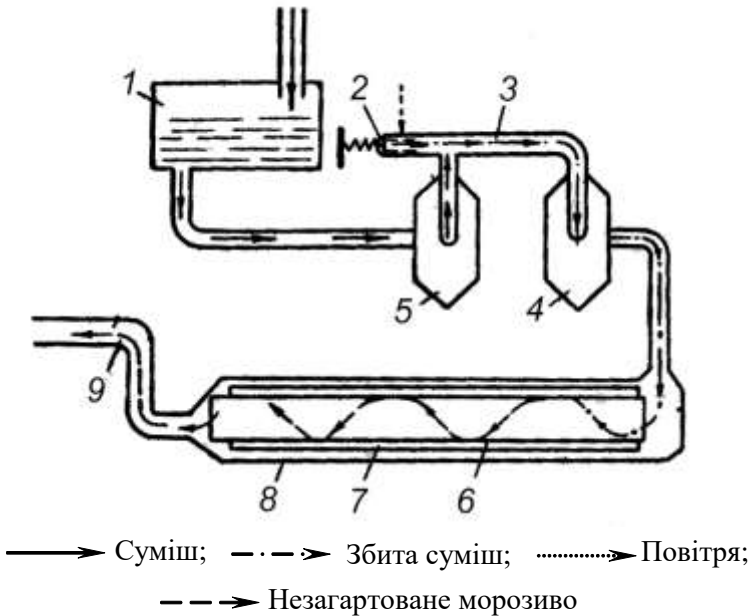


Рисунок 2 – Технологічна схема ФБД із підсмоктуванням повітря:  
 1 - приймальний бачок; 2 - повітряний клапан; 3 – з'єднувальна лінія;  
 4 - насос другої ступені; 5 - насос першої ступені; 6 - мішалка; 7 - ніж;  
 8 - циліндр; 9 - випускний патрубок.

Усмоктувальна лінія насоса 4 у той же час є нагнітальною лінією насоса 5, і живлення насос 4 одержує тільки з лінії 3; внаслідок цього між насосами створюється розрідження, і насос другої ступені через вбудований у лінії 3 повітряний клапан 2 підсмоктує повітря і перемішує його із сумішшю.

Кількість повітря, що всмоктується, регулюється за допомогою клапана 2. Насичена повітрям суміш подається насосом 4 під тиском у циліндр фризера 5 і попадає у робочу камеру між стінкою циліндра і мішалкою 6. Тут поряд з охолодженням і замерзанням суміші відбувається також остаточне впровадження повітря.

Під тиском насоса другої ступені, який безупинно подає у циліндр суміш, морозиво витісняється із циліндра і виходить через випускний патрубок 9.

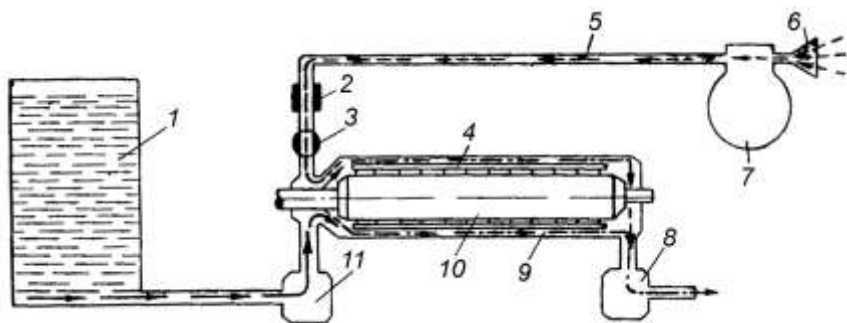
Таким чином, у фризерах з підсмоктуванням повітря насос першої ступені подає суміш, а насос другої ступені засмоктує також повітря, робить первинне перемішування його із сумішшю, подає суміш із повітрям у циліндр, підтримує у циліндрі необхідний тиск і витісняє морозиво із фризера.

Технологічна схема фризера безупинної дії із нагнітанням повітря показана на рисунку 3.

За цією схемою суміш надходить із танка або приймального бака 1 за допомогою насоса 11 безпосередньо в циліндр 9. Сюди ж через фільтр 6 повітряним компресором 7 по особливій лінії 5 нагнітається повітря. Первинне перемішування повітря із сумішшю і його впровадження у суміш здійснюються у самому циліндрі.

Для видачі морозива із циліндра передбачений насос 5. У фризерах цього типу морозиво в циліндрі також перебуває під тиском і по виходу із фризера розширюється. Збитість регулюється змінням тиску повітря за допомогою повітряного вентиля 2. Суміш у повітряну лінію не попадає завдяки зворотному клапану 3.





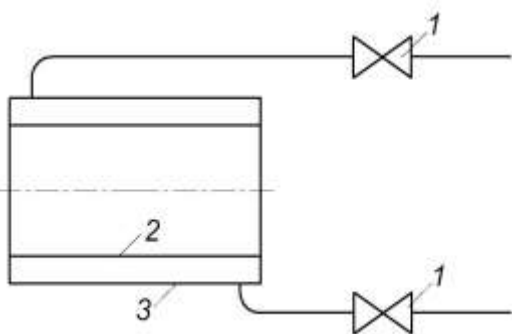
—> суміш; - - -> повітря; - · - ·> незагартоване морозиво.

Рисунок 3 – Технологічна схема ФБД із нагнітанням повітря:

1 - приймальний бачок; 2 - повітряний вентиль; 3 - зворотній клапан; 4 - ніж; 5 - лінія подачі повітря; 6 - повітряний фільтр; 7 - компресор; 8 - насос для морозива; 9 - циліндр; 10- мішалка; 11 - насос для суміші.

Таким чином, характерною рисою такого фризера є роздільна подача повітря й суміші в циліндр, а також відсмоктування морозива насосом, розташованим на виході із циліндра.

*Холодильні схеми фризерів.* На рисунку 4 показана принципова схема фризера з ропним охолодженням. Розсіл подається насосом з випарника холодильної установки в сорочку фризера 3 і обмиває зовнішню поверхню циліндра 2.



Розсіл, нагрітий у результаті поглинання тепла від суміші, повертається у випарник для повторного охолодження, а потім знову в сорочку. На вході й виході із сорочки ставляться запірні засувки 1.

Рисунок 4 – Холодильна схема фризера з ропним охолодженням:

1 - запірні засувки; 2 - циліндр; 3 - сорочка фризера.

На рисунку 5 представлена схема фризера безпосереднього охолодження із затопленою системою.

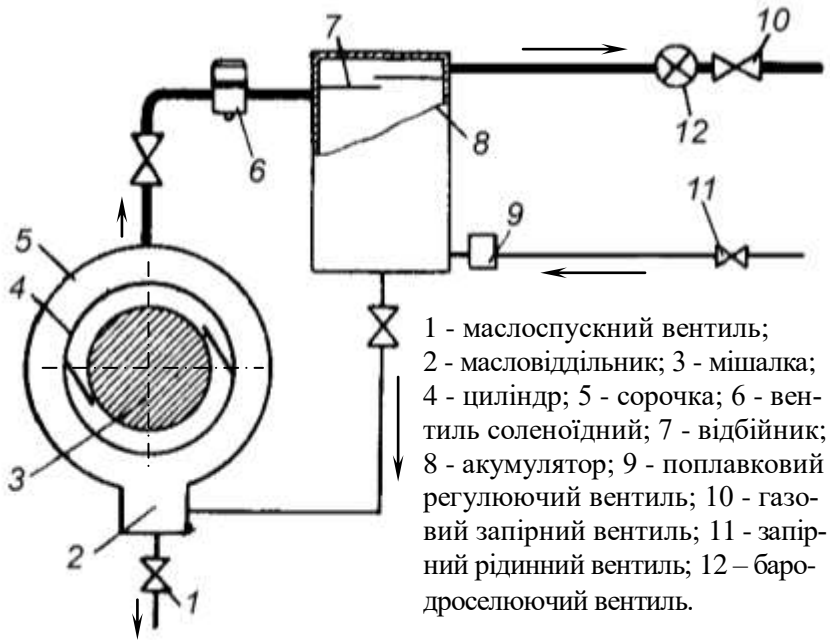


Рисунок 5 – Холодильна схема фризера із затопленою системою безпосереднього охолодження:

Рідкий холодильний агент при тиску конденсації надходить через запірний вентиль 11 і поплавковий регулюючий вентиль (ПРВ) 9 в акумулятор 5. ПРВ виконує подвійну функцію: знижує тиск холодильного агента до тиску випару і підтримує постійний рівень в акумуляторі (приблизно наполовину його висоти).

Рідина низького тиску з акумулятора зливається самопливом у сорочку 5, проходячи через масловіддільник 2. Цим досягається звільнення холодильного агента від мастила і запобігання осадження масла на теплопередаючій поверхні. Крім того, оскільки масловіддільник розташований нижче сорочки, свіжа рідина надходить під рівень, чим забезпечується спокійне заповнення сорочки без розбризування.

У сорочці холодильний агент випаровується і вологі пари, що утворюються, попадають у верхню частину акумулятора, яка виконує функцію віддільника рідини. Під впливом відбійників 7 крапельки рідини осідають в акумуляторі і знову включаються у робочий цикл, а осушені пари йдуть у всмоктувальну лінію, пройшовши на своєму шляху через фільтр і ряд вентилів. Таким чином, у фризерах із затопленою системою сорочка завжди перебуває залитою і живлення її здійснюється самопливом з розташованого вище акумулятора.

Схема фризера безпосереднього охолодження із циркуляційною системою показана на рисунку 6.

У фризерах цього типу акумулятор розташований нижче сорочки. Подача холодильного агента здійснюється примусовим шляхом, у більшості випадків за допомогою інжектора. У рідинній лінії 12 перед ПРВ 11, за допомогою якого здійснюється дроселювання холодильного агента і заповнення акумулятора 2, передбачене відгалуження.

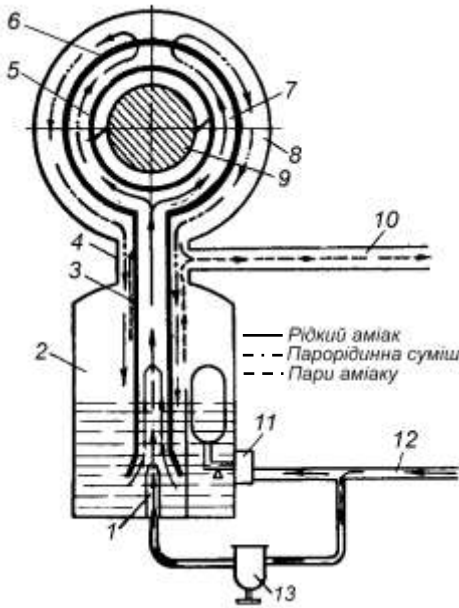
Частина рідини високого тиску підводиться по цьому відгалуженню до редукційного вентиля 13, дроселюється до надлишкового тиску в межах 0,2...0,25 МПа (тобто вище за тиск в акумуляторі), а потім надходить в інжектор 1, розташований у нижній частині акумулятора.

При виході із сопла інжектора рідина попадає в акумулятор і її тиск знижується до тиску випару. Спрямовуючись із великою швидкістю нагору по трубі 3, інжекторна рідина захоплює за собою рідину з акумулятора й подає її у сорочку фризера, що складається із двох концентричних порожнин 7 і 8.

Потрапивши у внутрішню порожнину 7, рідкий холодильний агент обмиває стінку циліндра і випаровується за рахунок тепла суміші. Пари холодильного агента й надлишок рідини стікають через переливні вікна 6 у зовнішню порожнину сорочки, а потім по зливальній трубі 4 - в акумулятор.

Рідина осідає в акумуляторі, а пари по трубопроводу 10 попадають в всмоктувальну лінію.

Примусова циркуляція холодильного агента підвищує інтенсивність теплопередачі, однак при інжекторній подачі частина холодильного агента, що надходить на інжектор, виявляється поза контролем



вентиля ПРВ, і при неправильному регулюванні з'являється деяка небезпека переповнення акумулятора і попадання рідини в газову лінію („затоки“ газової лінії).

Зазначений недолік усувається у фризерах, у яких інжектор замінений циркуляційним насосом; у той же час переваги циркуляційної системи в таких фризерах зберігаються. Застосування насоса значно підвищує інтенсивність процесу і продуктивність фризера.

Рисунок 6 – Холодильна схема фризера з циркуляційною системою безпосереднього охолодження:

1 - інжектор; 2 - акумулятор; 3 - внутрішня труба; 4 - зливна труба; 5 - циліндр; 6 - переливне вікно; 7 - внутрішня порожнина сорочки; 8 - зовнішня порожнина сорочки; 9 - мішалка; 10 - газовий трубопровід; 11 - ПРВ; 12 - рідинна лінія; 13 - редукційний вентиль.

З наведених описів схем фризерів обох типів видно, що ФНД має ряд переваг. Це значно вищий коефіцієнт використання експлуатаційного часу, можливість об'єднання фризера в єдиний комплекс з дозувальними та фасувальними машинами, можливість оперативного і дієвого впливу на процес і регулювання ступеню збитості, більша інтенсивність процесу заморожування, що веде до значного покращення структури морозива, можливість широкої автоматизації.

### 3.3 Фризери періодичної дії

**Фризер ОФА** (рисунок 7) складається із циліндрового блока з робочим циліндром, сорочкою і мішалкою, системи охолодження та механізму привода, змонтованих на загальній станині.

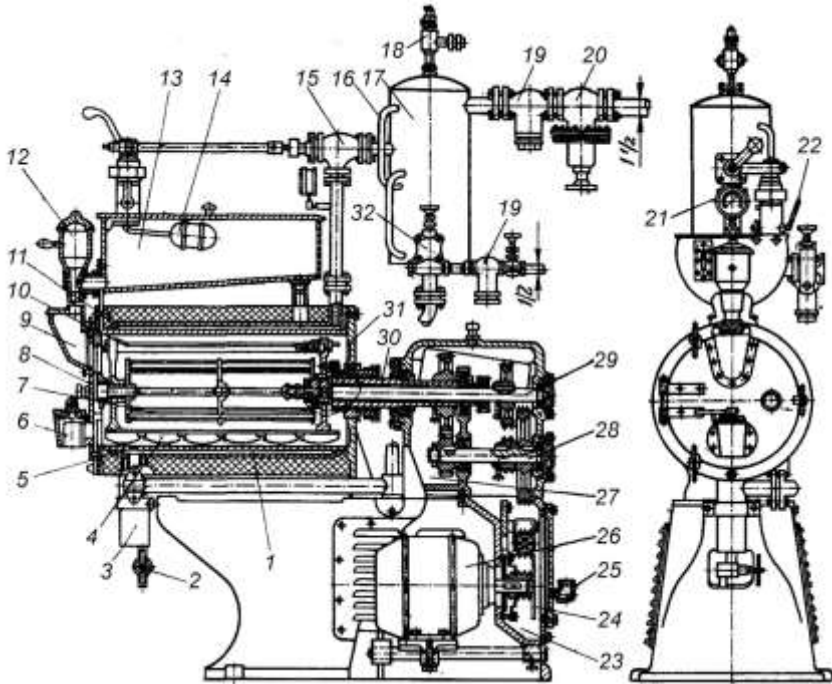


Рисунок 7 – Фризер періодичної дії ОФА:

1 - аміачна сорочка; 2 - вентиль спуску мастила; 3 - мастилосбірник; 4- розвантажувальна пластина; 5 - циліндр; 6 - розвантажувальна засувка; 7 - збивач; 8 - передня кришка; 9 - завантажувальна воронка; 10 - рама ножева; 11 - корпус сорочки; 12 - завантажувальний кран; 13 - мірна ванна; 14 - поплавець; 15 - аміачний кран; 16 - показчик рівня рідкого аміаку; 17 - акумулятор; 18 - запобіжний клапан; 19 - аміачний фільтр; 20 - бародроселюючий вентиль; 21 - аміачний мановакуумвимірювач; 22 - рукоятка крана суміші; 23 - нижня масляна ванна; 24 - розбризкувач; 25 - показчик рівня мастила; 26 - електродвигун; 27 - верхня масляна ванна; 28 - проміжний вал; 29 - вал привода збивача; 30 - порожнинний вал; 31 - задня кришка; 32 - поплачковий регулюючий вентиль.

Циліндр 5 закритий з торців кришками: задньою 31 – стаціонарною і передньою 8 – відкидною. У верхній частині передньої кришки є завантажувальна воронка 9, у нижній – вікно із засувкою 6 для вивантаження морозива з циліндра.

Над циліндровим блоком розташована мірна ванна 13, з якої суміш зливається у циліндр через кран 12 і воронку 9. У мірній ванні передбачений поплавковий пристрій 14, який перекриває клапан у патрубку і тим самим припиняє надходження суміші у ванну при заповненні її на 40...60% повній ємності циліндра. Інша незаповнена ємність залишається з розрахунку на збільшення об'єму суміші при збиванні. Відкривається клапан вручну за допомогою рукоятки 22. У передню стінку ванни вмонтоване оглядове скло. Зверху ванна закривається кришкою.

Мішалка складається з ножової рами 10 і збивача 7, які обертаються у протилежних напрямках. На ножовій рамі, крім укріплених шарнірно двох ножів, є також розвантажувальні пластини 4.

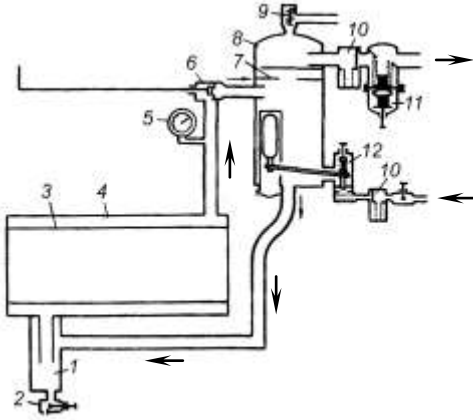
Збивач виконаний у вигляді ґрат. На валу закріплені три поперечні пластини, через які пропущені десять паралельних валу стержнів.

Для змащування приводного механізму в задньому картері циліндра розташовані дві ванни: нижня 23 з розбризкувачем 24, посадженим на вал електродвигуна, і верхня 27, у якій розбризкування мастила здійснюється шестірнею привода порожнього вала.

Нижню ванну заповнюють мастилом через покажчик рівня 25, верхню – безпосередньо, знявши кришку.

Холодильна схема фризера ОФА – затоплена (див. рисунок 5).

Рідкий аміак (рисунок 8) через фільтр 10 і поплавковий клапан 12 попадає в акумулятор віддільник рідини 8, потім стікає у збірник 1, де мастило осідає, і звільнений від мастила аміак заповнює сорочку 4. Для спускання мастила в нижній частині збірника передбачений клапан 2. Вологі пари надходять в акумулятор, де крапельки рідини затримуються відбійниками 7, а осушені пари йдуть у всмоктувальну лінію.



- 1 - мастилозбірник; 2 - вентиль;  
 3 - циліндр; 4 - сорочка;  
 5 - вакуумметр; 6 - запірний кран;  
 7 - відбійник; 8 - акумулятор;  
 9 - запобіжник; 10 - фільтр;  
 11 - бародроселюючий вентиль;  
 12 - поплавковий регулюючий вентиль.

Рисунок 8 – Холодильна схема фризера ОФА

Кран 6 перекриває вихід парів з сорочки. Для включення заморожування кран 6 відкривають.

Тиск і температура випару аміаку регулюються бародроселюючий вентилем 11, таким же, як у фризери ОФІ.

Для контролю тиску аміаку в системі фризера передбачений манометричний вимірювач вакууму 5. Захист аміачної системи фризера від надмірного підвищення тиску, що може відбутися, наприклад, при митті фризера, здійснюється запобіжним клапаном 9, відрегульованим на відкривання при підвищенні тиску понад 0,4 МПа (надлишкових).

**Фризер ОФА-М** (рисунок 9) – удосконалений варіант фризера ОФА.

Станина фризера ОФА-М – зварна, простої конфігурації (в ОФА станина чавунна лита). Змінена конструкція мішалки.

В ОФА-М докорінно перебудована аміачна система, у ній застосована інжекторна циркуляція аміаку і подвійна сорочка. Запірний кран на усмоктувальній лінії замінений триходовим, діючим за тим же принципом, що й у ОФА. Відвід пари відбувається з верхньої частини сорочки. В електричній схемі передбачений звуковий сигнал, який спрацьовує при перевантаженні двигуна.

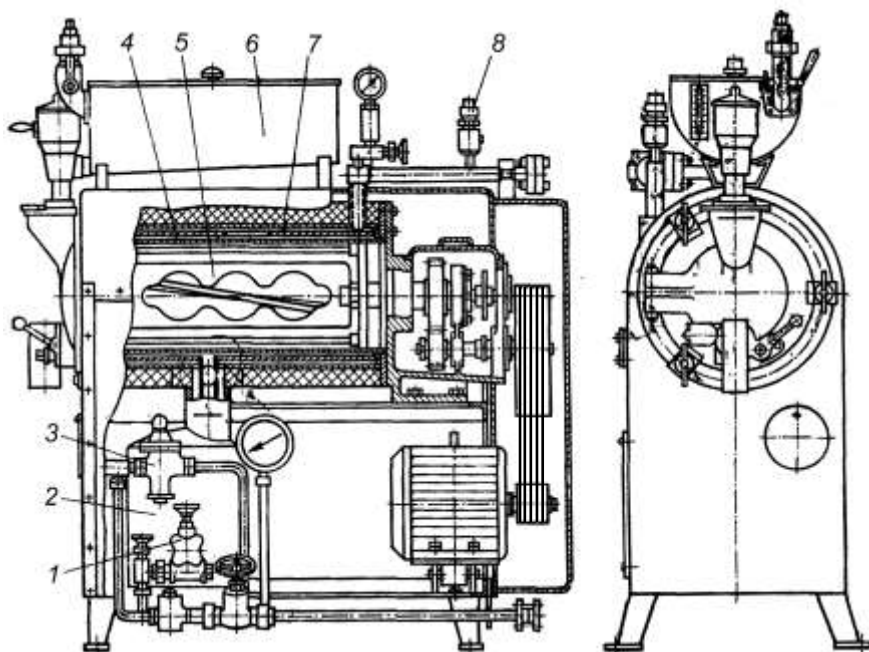


Рисунок 9 – Фризер періодичної дії ОФА-М:

1 - ПРБ; 2 - акумулятор; 3- редукційний вентиль; 4- циліндр; 5 - мішалка;  
6 - мірна ванна; 7 - сорочка; 8 - запобіжний клапан.

**Фризер ОФН** (рисунок 10) відноситься до агрегатів з розсільним охолодженням і за конструкцією аналогічний фризери ОФА, за винятком холодильної частини. Сорочка 2 фризера ОФН виконана з каналом, який утворюється ребром 4, привареним по гвинтовій лінії до зовнішньої поверхні циліндра 3. Холодний розсіл надходить у сорочку по трубопроводу 5, проходить по гвинтовому каналу, отеплюючись при цьому, і вертається у випарник по зворотному трубопроводу 8.

Підвищення швидкості циркуляції розсолу завдяки гвинтовому каналу і створюване ребром 4 збільшення теплопередавальної поверхні поліпшують теплопередачу через стінку циліндра та інтенсифікують процес заморожування.



У подавальному і зворотному трубопроводах влаштовані термометрові гільзи 7 для виміру температури вступника та розсолу, що виходить, а також запірні засувки 6. Для виміру тиску розсолу в системі встановлений манометр. Звільнення сорочки від розсолу відбувається через вентиль 1.

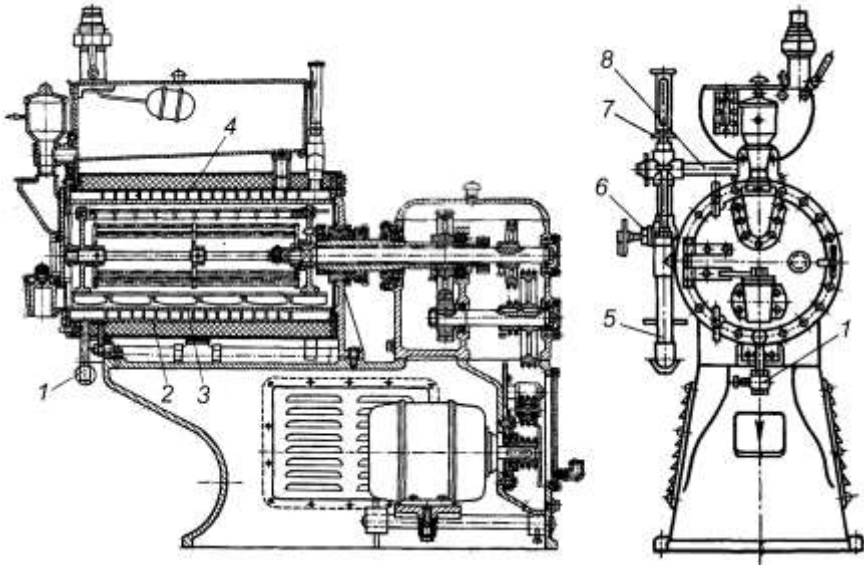


Рисунок 10 – Фризер періодичної дії з розсільним охолодженням ОФН:  
 1 - вентиль для спуску розсолу; 2 - сорочка; 3 - циліндр; 4 - спіральне ребро;  
 5 - подавальний трубопровід; 6- запірна засувка; 7 - термометрова гільза;  
 8 - зворотний трубопровід.

Удосконалений варіант фризера ОФН називають ОФН-М, у ньому змінені конструкція станини, мішалки, передачі і т.п., аналогічно фризери ОФА-М.

Широке застосування одержали фризери невеликої продуктивності, які встановлюються на торговельних точках у безпосередній близькості до споживача.

На рисунку 11 наведена схема циліндра подібного фризера з приймальним бункером і впускним клапаном.

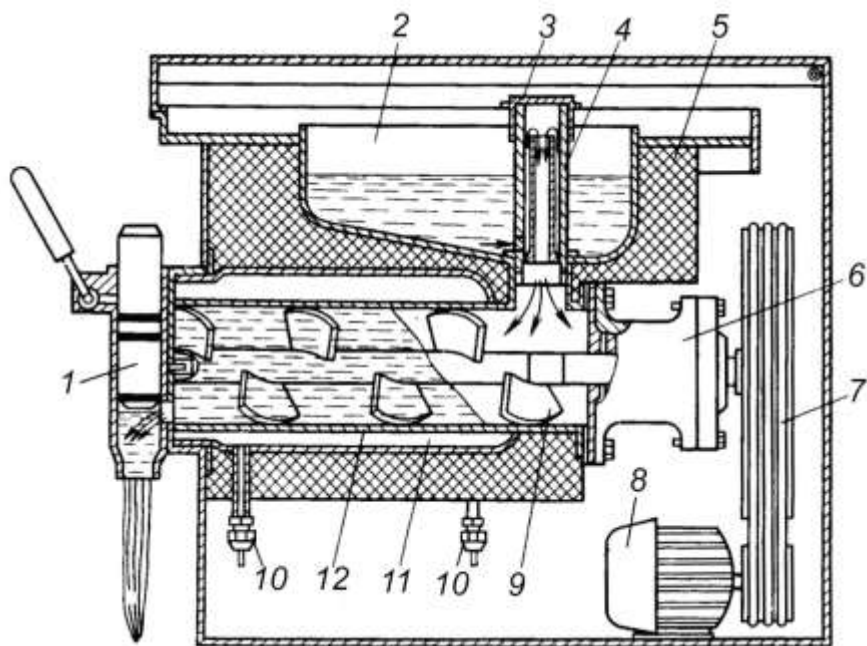


Рисунок 11 – Циліндр фризера з приймальним бункером і впускним клапаном.

1 - випускний пристрій; 2 - приймальний бункер; 3 - впускний клапан; 4 - корпус клапана; 5 - теплоізоляція; 6- підшипниковий вузол; 7- клинопасова передача; 8 - електродвигун; 9 - мішалка; 10 - штуцер; 11 - випарник; 12 - циліндр.

Привод мішалки складається з електродвигуна 8, клинопасової передачі 7, підшипникового вузла 6 і шнека (мішалки) 9. Між лопатами мішалки і внутрішньою стінкою циліндра є невеликий зазор. Вал мішалки з боку привода ущільнений змінною гумовою гофрованою манжетою. У прийомний бункер 2, захищений теплоізоляцією 5, заливають рідку суміш морозива температурою 12...18 °С до нижньої кромки кришки впускного клапана 3. Необхідна кількість суміші надходить через впускний клапан у циліндр 12.

Холодоагент R22 надходить по штуцеру 10 і кипить у випарнику 11, утвореному циліндром 12 та зовнішньою обичайкою. Після вмикання фризера температура кипіння R22 поступово знижується і через 8...9 хвилин досягає  $-23\dots-26$  °С. При цьому рідка суміш охолоджується на стінках циліндра до  $-5$  °С і замерзає.

Під час процесу охолодження мішалка збиває суміш, насичуючи її повітря, а потім знімає замерзле морозиво зі стінок циліндра та переміщає його в бік випускного пристрою 1. Тривалість готування морозива складає 10...15 хв.

**Фризер Б6-ОФМ** (рисунок 12) призначений для виробництва м'якого морозива з рідкої суміші.

У корпусі фризера розміщені дві автономні системи готування морозива, кожна з яких складається з ємності 3 для попередньо підготовленої рідкої суміші. Суміш заливають у ємність, звідки вона через клапан 4 разом з повітрям надходить у циліндр 2.

У сорочці циліндра, яка є випарником, кипить холодоагент R502. Суміш у циліндрі охолоджується і постійно переміщується мішалкою 11, обертання якої забезпечується від індивідуального електродвигуна 6 через клинопасову передачу 5.

Кожний циліндр обслуговується низькотемпературним герметичним агрегатом з фільтрами-осушувачами 8 і 9, розміщеними в нижній частині фризера. Корпус фризера закритий огороженням 13, на якому розміщені рукоятка 12 і полиця 10. Корпус фризера опирається на чотири колеса 7.

При охолодженні суміші в циліндрі до мінус 5 °С реле температури вимикає холодильний агрегат і вмикає сигнальну лампу. За допомогою рукоятки 12 відкривають випускний пристрій 1 і обертанням мішалки морозиво виштовхується з циліндра.

На рисунку 13 показані фото загального вигляду деяких сучасних фризерів, призначених для виробництва м'якого морозива.

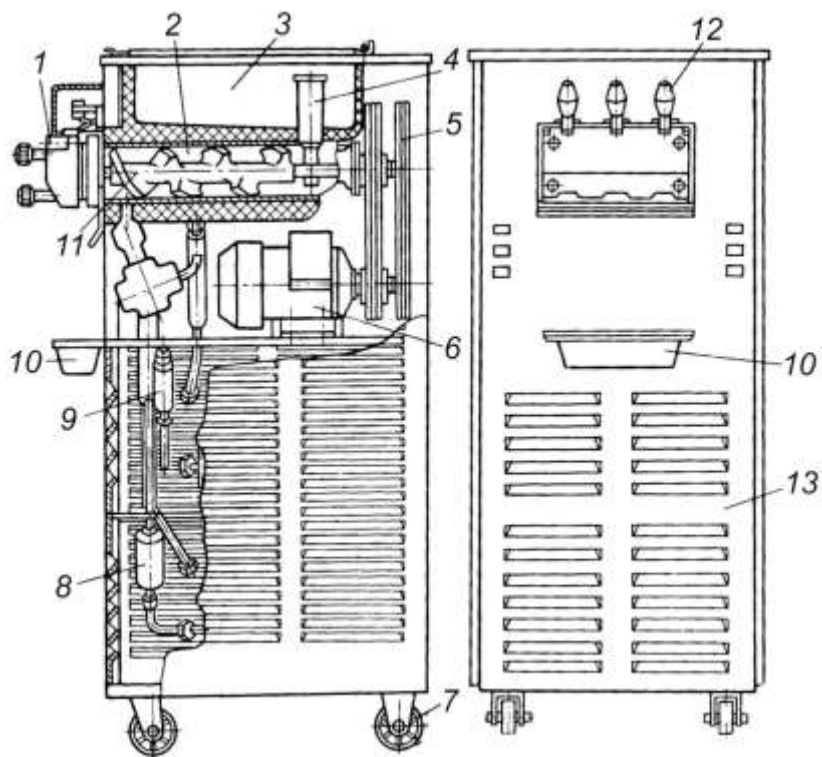


Рисунок 12 – Фризер для м'якого морозива Б6-ОФМ



Рисунок 13 – Фото фризерів для виробництва м'якого морозива

#### 4 Оснащення робочого місця лабораторної роботи

Для проведення експериментальних досліджень застосовується фризер марки ФМ-1. Він (рисунок 14) складається з корпусу, бака з дозатором, робочого циліндра, мішалки, холодильного агрегату і трубопроводу. Корпус виконаний з зварної рами і знімних панелей, зверху – відкидна кришка.

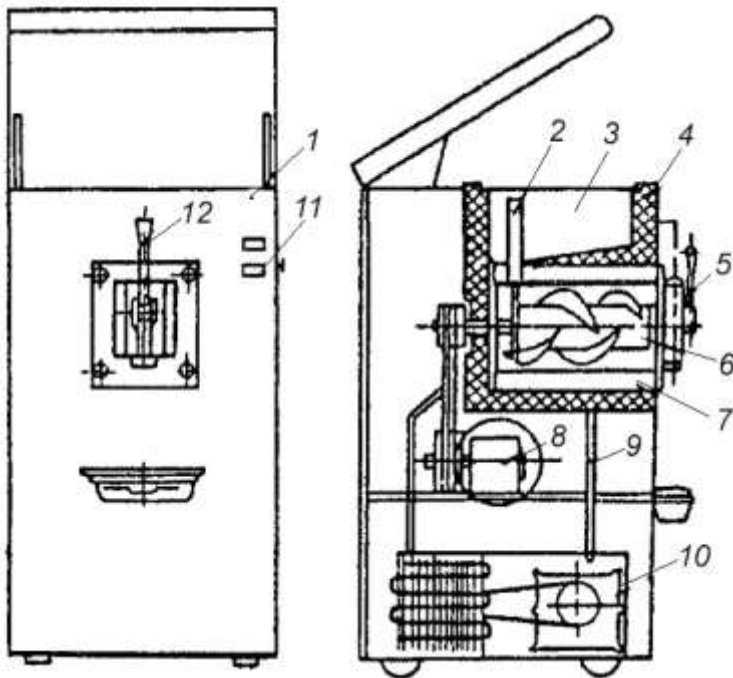


Рисунок 14 – Схема фризера ФМ-1:

1 - корпус; 2 - дозатор; 3 - бак; 4 - теплоізоляція; 5 - пристрій відбору;  
6 - мішалка; 7 - робочий циліндр; 8 - привод мішалки; 9 - трубопровід;  
10 - холодильний агрегат; 11 - терморегулятор; 12 - рукоятка.

Робочий циліндр і бак мають теплоізоляцію. Привод мішалки складається з електродвигуна, редуктора і клинопасової передачі. Вивантаження готового продукту – через пристрій відбору 5.

Холодильний агрегат, що включає в себе електродвигун, компресор і теплообмінник, з'єднаний системою трубопроводів з випарником, розташованим між стінками робочого циліндра.



Рисунок 15 – Фото фризера ФМ-1

При досягненні заданої температури  $-5...-6\text{ }^{\circ}\text{C}$  (встановлюється терморегулятором), холодильна система і мішалка вимикаються.

Поршень вивантажувального пристрою переміщується рукояткою вгору і відкриває випускний отвір.

Для збирання крапель морозива передбачена знімна ванночка, що виконує одночасно функцію столика-наповнювача стаканчиків.

У робочому режимі фризера працює у такий спосіб. Вихідна суміш, попередньо приготовлена і проціджена, заливається у бак, звідки через дозатор перетікає у робочий циліндр. Через той же дозатор у циліндр надходить і повітря. Дозатор служить для регулювання подачі вихідної суміші в робочий циліндр у залежності від сорту морозива.

У процесі роботи холодильного агрегату охолоджена суміш знімається лопатями мішалки з внутрішньої стінки робочого циліндра, інтенсивно перемішується з повітрям і збивається. При цьому об'єм суміші збільшується приблизно в два рази.

Одночасно за допомогою штанги замикається мікроперемикач, який через реле часу вмикає двигун мішалки. У результаті обертання останньої, порція морозива подається у стаканчик.

По мірі подачі готового продукту в робочий циліндр надходить нова порція вихідної суміші і робочий цикл повторюється.

При цьому приготування і відбір морозива можуть йти одночасно. При перекладі рукоятки у верхнє положення поршень рухається униз, перекриваючи випускний отвір, але завдяки реле часу двигун мішалки продовжує працювати ще якийсь час (5...18 с).

Якщо протягом цього часу повторного відбору готового продукту не відбувається, то двигун мішалки вимикається. Використання реле часу забезпечує оптимальний режим роботи електродвигуна мішалки; при безперервному заборі морозива він може вимикатися.

Час охолодження суміші забезпечує оптимальну збитість морозива. Якщо вона недостатня, морозиво виходить надто щільним, водянистим, грубої структури. При збільшеній збитості морозиво має пластівчасту будову. І в тому, і в іншому випадках смакові якості морозива нижчі за норму.

Вважається, що для більшості сортів морозива його збитості повинна складати 75...95% і при цьому обмежуватися триразовим вмістом сухих речовин у суміші.

Ємність робочого циліндра фризера 12 л. Застосовується холодоагент хладон-12. Продуктивність фризера ФМ-1 21 кг/год. при потужності двигунів мішалки і холодильного агрегату 3 кВт. Тривалість збивання суміші не перевищує 10 хв.

Окрім фризера ФМ-1 робоче місце лабораторної роботи оснащено морозильною камерою, мультиметром DT 9208 А, вагами лабораторними, мірними ємностями для молока і компонентів суміші за рецептурою морозива, що виготовляється, секундоміром, термометром, рукавичками гумовими.

## 5 Порядок виконання лабораторної роботи

Перед виконанням експериментальної частини лабораторної роботи студенти узгоджує програму проведення дослідів з викладачем і ознайомлюються з правилами техніки безпеки при роботі на холодильному обладнанні.

5.1 Підготувати суміш для виготовлення морозива, користуючись існуючою рецептурою.

5.2 Увімкнути фризера і виміряти значення струму  $I_{xx}$  приладом DT 9208 А на холостому ходу машини.

5.3 Завантажити у фризера порцію готової суміші, охолодженої у морозильній камері до температури 6...10 °С, секундоміром фіксуєючи час початку роботи фризера.

5.4 Заміряти показання сили струму  $I_p$  приладом DT 9208 А в робочому режимі фризера.

5.5 Через необхідний для отримання готового морозива час (в залежності від рецептурного складу суміші для виготовлення морозива) вивантажити морозиво через кран фризера, перевіряючи консистенцію отриманого продукту та його готовність. Зафіксувати час закінчення фризера.

5.6 По закінченню роботи вимкнути фризера, провести його часткове розбирання, чищення та миття.

5.7 Зважити вироблене морозиво та визначити фактичну продуктивність фризера за формулою

$$Q_{\phi} = m/\tau \quad (1)$$

де  $m$  - маса отриманого в ході роботи морозива, кг;  $\tau$  - загальний час виготовлення морозива, год.

5.8 Розрахувати теоретичну продуктивність фризера  $Q_m$  за наступною формулою:



$$Q_m = \frac{3,6z_n \cdot \delta \cdot n \cdot k_c}{1000} \cdot S \cdot \frac{\rho_{cm} + \rho_m}{2}, \quad (2)$$

де  $z_n$  - число ножів;  $\delta$  - товщина шару, що зрізується, мкм;  $n$  - частота обертання ножів,  $s^{-1}$ ;  $k_c$  - коефіцієнт, що враховує нерівномірність зрізання намороженого шару ( $k_c = 0,7 \dots 0,8$ );  $S$  - площа поверхні охолодження циліндра,  $m^2$ ;  $\rho_{cm}$ ,  $\rho_m$  щільність, відповідно суміші і морозива,  $kg/m^3$   $\rho_{cm} = 1100 \text{ kg/m}^3$ .

Щільність морозива залежить від ступеня його збитості і може бути орієнтовно визначена із залежності

$$\rho_m = \frac{\rho_{cm}}{1 + 0,01A}, \quad (3)$$

де  $A$  - ступінь збитості морозива, %.

Визначають збитість за формулою:

$$A = \frac{M - C}{C} \cdot 100, \quad (4)$$

де  $A$  - ступінь збитості, %;  $M$  - об'єм морозива, отриманого з даного об'єму суміші, л;  $C$  - об'єм суміші до її фризрування, л;

### 5.9 Визначити експериментальне значення потужності

$$P_e = U(I_p - I_{xx}) \cos \varphi \quad (5)$$

де  $U$  - напруга в мережі,  $U=220 \text{ В}$ ;  $\varphi$  - кут зсуву фаз, можна прийняти  $\cos \varphi = 0,85$ .

5.10 Визначити теоретичну потужність можна, враховуючи витрати холоду та продуктивність фризера:

$$P = \frac{X \cdot k_x - Q[C_{cm}(t_{cm} - t_{кр}) + C_m(t_{кр} - t_m) + 3,36m_6]}{3,6\eta}, \quad (6)$$

де  $C_{cm}$  і  $C_m$  теплоємність суміші морозива і готового морозива кДж/(кг С); (для орієнтовних розрахунків їх можна прийняти відповідно 2,93 і 1,63 кДж/(кг °С);  $t_{cm}$  - температура суміші, яка поступає у фризера °С;  $t_m$  - температура морозива, °С;  $m_6$  - маса води в 1 кг морозива, кг;  $k_x$  - коефіцієнт, що враховує втрати холоду,  $k_x = 0,85...0,90$ ;  $t_{кр}$  - температура утворення кристалів льоду,  $t_{кр} = 0$  °С;  $\eta$  - механічний К.К.Д. фризера  $\eta = 0,7...0,8$ .

5.11 Результати визначення продуктивності занести в таблицю 1.

Таблиця 1 Результати визначення параметрів фризера

Значення параметрів						Відхилення, %	
експериментальні			розрахункові				
$I_{xx}$ , А	$I_p$ , А	$P_e$ , кВт	$Q_m$ , кг/с	$P_m$ , кВт	$Q_m$ , кг/год	$\Delta P$	$\Delta Q$

5.12 Проаналізувати отримані результати та зробити висновки по роботі.

## 6 Вимоги безпеки

Під час проведення роботи додержуватись правил загальної інструкції з охорони праці, наведених у розділі „Загальні вимоги безпеки“. Під час приготування морозива усі огороження холодильної і механічної частини фризера повинні бути закритими.

## 7 Контрольні питання

- 1 Класифікація обладнання для виробництва морозива.
- 2 Основні технологічні схеми фризерів для морозива.

- 3 Основні холодильні схеми фризерів.
- 4 Фризер періодичної дії, будова та принцип дії.
- 5 Фризер безперервної дії, будова та принцип дії.
- 6 Фризер ФМ-1, його будова, конструктивні особливості.
- 7 Розрахунки технологічних і енергетичних параметрів фризерів.

## **8 Тестові завдання**

**1) Температура готування твердого морозива у порівнянні з температурою готування м'якого морозива повинна бути...**

1. ...вищою;
2. ...нижчою;
3. ...рівною

**2) У якому співвідношенні до об'єму робочого циліндру фризера періодичної дії повинен бути об'єм суміші для приготування морозива, який заливається у циліндр?**

1. 100 %;
2. 90...95 %;
3. 40...50 %.

**3) За рахунок чого об'єм морозива збільшується відносно об'єму суміші для його приготування?**

1. насичення вуглекислотою;
2. насичення повітрям;
3. додаванням розрихлювачів.

**4) Який холодильний агент застосовується у фризері ФМ-1?**

1. аміак;
2. хладон;
3. розсіл.

**5) Який, у середньому, час потрібен на виготовлення морозива в фризері ФМ-1?**

1. 1 година;
2. 30...40 хв.;
3. 10...15 хв.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Оленев Ю.А. Справочник по производству мороженого. М.: ДеЛи принт, 2004. 798 с.
2. Азов Г.М., Бурмакин А.Г., Гисин И.Б., Дезент Г.М. Справочник по производству мороженого. М.: Пищевая промышленность, 1970. 432 с.
3. Николаев Б.Л., Николаев Л.К. Процессы фризирования смесей мороженого, расчеты и устройство фризеров: Учеб. метод. пособие. СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБЕ, 2013. 65 с.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

## ВИРОБНИЦТВО ВЕРШКОВОГО МАСЛА В МАСЛОВИГОТОВЛЮВАЧАХ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ

**Мета роботи:** закріплення лекційного матеріалу за темою роботи, вивчення технології, будови і принципу роботи обладнання для виробництва вершкового масла в умовах виробництв малої потужності.

Час виконання роботи 2 години.

### 1 Порядок виконання роботи

- розглянути принцип дії та будову діючого обладнання малих підприємств для виготовлення вершкового масла;
- ознайомитись з лабораторною установкою масловиготовлювача періодичної дії і підготувати до виконання експерименту;
- теоретично визначити продуктивність масловиготовлювача за його конструктивними параметрами, а також потужність, необхідну для виробництва масла.
- провести експериментальне збивання масла, визначити значення продуктивності масловиготовлювача і потужності на його привод;
- виконати порівняльний аналіз теоретичних та експериментальних результатів, сформулювати висновки, оформити звіт з роботи.

### 2 Завдання для самопідготовки

У процесі підготовки до заняття студент повинен:

- **вивчити і повторити:** класифікацію, призначення, принцип дії, будову та конструктивні особливості технологічного обладнання для виробництва вершкового масла в умовах малих виробництв;
- **знати:** правила експлуатації машин і обладнання, які використовуються при виробництві вершкового масла;
- **вміти:** проводити налаштування лабораторних установок, користуватися контрольно-вимірювальними приладами, проводити аналіз, сформулювати висновки за результатами експерименту.

## 3 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Загальні відомості про вершкове масло

Вершкове масло – харчовий продукт, що виробляється з коров'ячого молока і складається переважно з молочного жиру, має специфічний смак, запах і пластичну консистенцію. Крім жиру масло містить воду, білки, молочний цукор, фосфатиди, вітаміни, мінеральні речовини та ін.

Асортимент вершкового масла обумовлюється видом сировини, умовами переробки і складом готової продукції. Наприклад, солодко-вершкове масло виробляють зі свіжих пастеризованих вершків, а кисло-вершкове – з заквашених вершків.

Вершкове масло поділяють на наступні види: топлене (98 % жиру), вологодське (81,5...82,5 % жиру), любительське (77,0...78,0 % жиру), селянське (71,0...72,5 % жиру), бутербродне (61,5 % жиру), шоколадне (62,0 % жиру). Випускають також продукцію і з пониженим вмістом жиру.

Тепловою і механічною обробкою вершкового масла або високожирних вершків одержують такі види масла:

- *плавлене* – виготовляють із вершкового масла плавленням його за невисоких температур з наступним розфасовуванням у металеву тару;

- *стерилізоване* – виробляють із високожирних вершків стерилізацією їх після попередньої обробки у вакуум-апараті;

- *пастеризоване* – із високожирних вершків, вакуумованих, розфасованих у металеву тару та двічі пастеризованих;

- *топлене* – молочний жир, який містить не більш як 1% вологи і таку саму кількість сухого знежиреного молочного залишку.

- *рафіноване* (молочний жир) – за складом і властивостями близьке до топленого масла, відрізняється від нього меншим вмістом сухих знежирених речовин молока;

- *відновлене* – одержане з чистого молочного жиру, за хімічним складом не відрізняється від вершкового масла;

- *збите масло* – кремоподібний продукт, має підвищений вміст повітря, може бути виготовлене із солоного або несолоного масла.

### 3.2 Способи виробництва масла і схеми технологічних процесів

У сучасному виробництві існує два способи одержання вершкового масла: збивання вершків і перетворення високожирних вершків.

Спосіб *збивання вершків* передбачає одержання масляного зерна із вершків середньої жирності і наступну механічну його обробку.

Масло таким способом може бути виготовлене у масловичовлювачах періодичної (вальцьових та безвальцьових) і безперервної дії.

Залежно від обладнання, що застосовується, розрізняють способи періодичного збивання вершків при виготовленні масла у масловичовлювачах періодичної дії і безперервного збивання вершків із застосуванням масловичовлювачів безперервної дії.

Спосіб *перетворення високожирних вершків* передбачає термомеханічний вплив на високожирні вершки у спеціальних апаратах безперервної дії та термостатуванні в спокої або без термостатування. Охолодження та механічна обробка високожирних вершків можуть проводитися паралельно або послідовно.

На малих молокопереробних підприємствах застосовують при виробництві вершкового масла, в основному, спосіб збивання вершків.

Технологічні операції виготовлення масла способом збивання вершків подані на рисунку 1, технологічна лінія – на рисунку 2.

Схеми технологічних процесів можуть змінюватися залежно від виду масла, яке виготовляється, тоді треба включати або виключати окремі операції.

Наприклад, при виробництві кисловершкового масла включаються у схему операції біологічного дозрівання вершків, у виробництві соленого масла – соління його. Лінії з виробництва кисловершкового масла мають характерне обладнання. Наприклад, у лінії виробництва масла способом збивання вершків є резервуари для фізичного дозрівання вершків, яких немає у лінії виробництва масла способом перетворення високожирних вершків. В останній є сепаратори для одержання високожирних вершків, яких немає у лінії з виробництва масла способом збивання вершків.

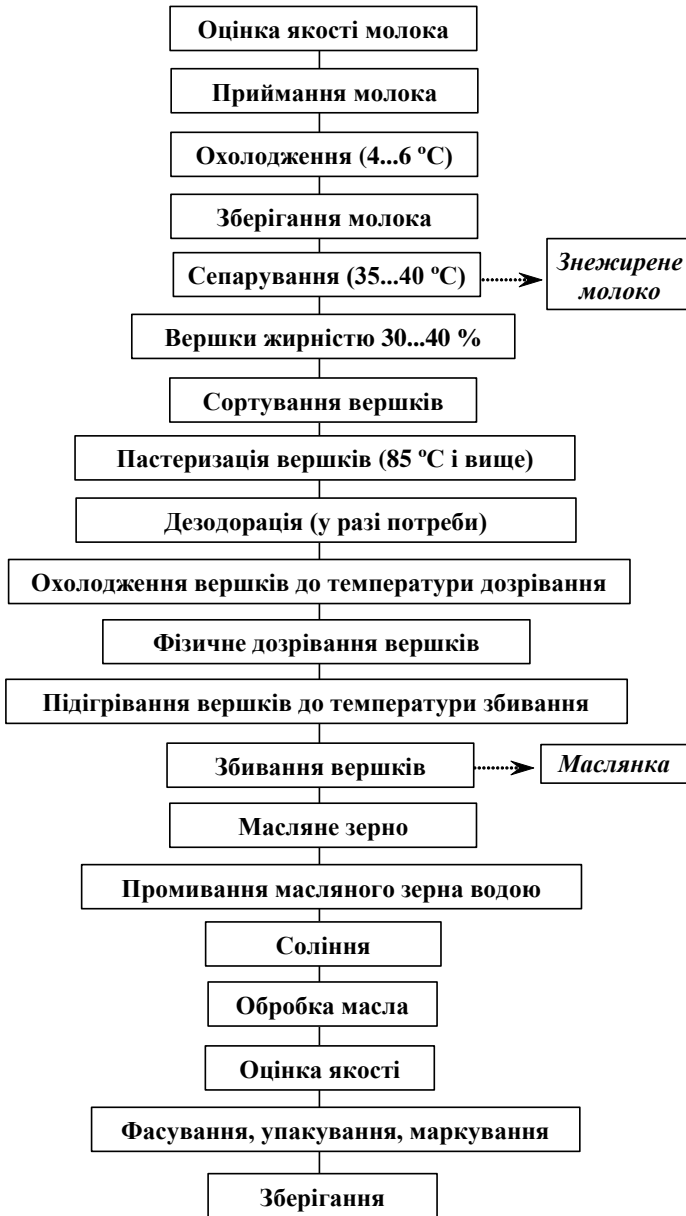


Рисунок 1 – Схема виробництва масла способом збивання вершків

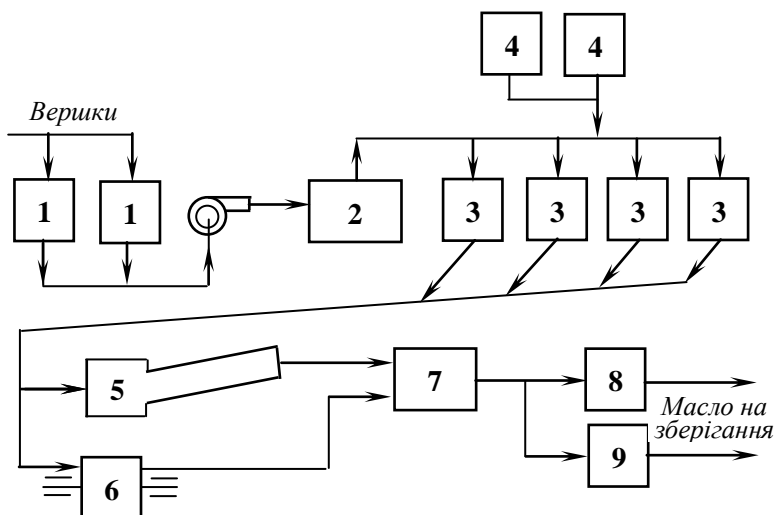


Рисунок 2 – Схема технологічного процесу виробництва вершкового масла методом збивання:

1 - резервуари; 2 - пастеризаційно-охолоджувальна установка; 3 - ванни для дозрівання вершків; 4 - заквасники; 5 - масловичотювлювач безперервної дії; 6 - масловичотювлювач періодичної дії; 7 - гомогенізатор масла; 8 - автомат для фасування масла в брикети; 9 - машина для фасування масла в короби.

### 3.3 Вимоги до якості молока і вершків

Якість масла та його стійкість за тривалого зберігання значною мірою залежить від якості молока та вершків, з яких його виробляють.

У цілому **вимоги до молока**, яке надходить для переробки на масло, регламентуються чинними стандартами на молоко коров'яче.

При оцінці якості молока особливу увагу приділяють стану його жирової фази – вмісту жиру, ступеню дисперсності жирових кульок, стійкості емульсії молочного жиру в молоці та вершках, хімічному складу молочного жиру. З підвищенням жирності молока зменшуються витрати сировини на одиницю готового продукту і порівняно менше жиру залишається у побічних продуктах – знежиреному молоці та маслянці.



Розмір жирових кульок у молоці коливається від 0,1 до 5 мкм. Зі збільшенням кількості дрібних жирових кульок у молоці зменшується вихід вершків при сепаруванні, оскільки частина дрібних жирових кульок переходить у знежирене молоко. Тому середній розмір жирових кульок у вершках більший, ніж у молоці. Це сприяє значно повнішому використанню жиру при переробці вершків на масло.

Склад вершків, які використовують для виробництва вершкового масла, залежить від вмісту жиру – чим його більше, тим більше у їх складі сухих речовин і менше білків, вуглеводів та мінеральних речовин.

Вміст жиру у вершках має відповідати вимогам способу виробництва масла та виду продукту, що виробляється.

При визначенні оптимальної жирності вершків враховують необхідність доведення до мінімуму втрат жиру в знежиреному молоці та маслянці, одержання масла доброї консистенції і скорочення затрат часу, робочої сили і енергії на одиницю виробленого продукту.

Для виробництва масла на поточних лініях способом перетворення високожирних вершків використовують вершки жирністю 61...83 % незалежно від виду продукту, що виробляється. У масловигодовувачах безперервної дії збивають вершки жирністю 36...40% у весняно-літній і 35...38% – у осінньо-зимовий період. При використанні вершків меншої жирності знижується продуктивність обладнання, тому переробка таких вершків не рекомендується. У масловигодовувачах періодичної дії слід збивати вершки жирністю 32...37%.

Вершки за якістю повинні відповідати вимогам РСТУ 1326–88.

Вершки повинні мати чистий, свіжий, солодкуватий смак без сторонніх присмаків і запахів та однорідну нормальну консистенцію; кислотність плазми – не вище 21 °Т. До I сорту належать вершки, що відповідають зазначеним вимогам, до II сорту – вершки із слабким кормовим присмаком, незначною кількістю грудочок масла, слідами заморожування, кислотністю плазми не вище 26 °Т. Вершки не повинні мати механічних забруднень. Ті, що не відповідають наведеним вимогам, вважаються некондиційними, і їх можна використовувати тільки після виправлення.

### 3.4 Опис виробництва масла способом збивання вершків

Для видалення механічних домішок вершки фільтрують через щільний фільтрувальний матеріал. Якщо холодні вершки мають високу в'язкість, їх пропускають через лавсанові фільтри.

Призначені для переробки на масло вершки нормалізують за вмістом жиру і пастеризують. Якщо вони мають вади смаку, їх обробляють залежно від виду вади, використовуючи спеціальні технології.

**Пастеризація вершків.** Вершки пастеризують, щоб підвищити стійкість вершкового масла під час зберігання. Стійкість масла підвищується у результаті знищення мікрофлори, ферментів – ліпази, пероксидази і протеази, які прискорюють псування масла.

У виробництві масла застосовують пастеризацію вершків за температури 85 °С і вище. У разі пастеризації за нижчої температури у вершках залишається незруйнованою ліпаза бактеріального походження, яка переходить у масло і спричинює його псування під час зберігання. Нагрівання вершків до 85 °С і вище забезпечує високу ефективність пастеризації – на 99,5...99,9%.

Ефективність пастеризації знижується у таких випадках: за високої жирності вершків; наявності у вершках грудочок жиру, слизу, бруду, бульбашок піни, які захищають від дії високих температур; при початковому високому бактеріальному забрудненні вершків.

Із підвищенням жирності знижується теплопровідність вершків, внаслідок чого для їх нагрівання до бажаної температури потрібно більше часу. Тому під час пастеризації вершків з більш високим вмістом жиру рекомендується зменшувати завантаженість апарата ними, щоб подовжити тривалість впливу температури пастеризації на вершки і тим самим забезпечити високу ефективність процесу.

**Охолодження та визрівання вершків.** Відразу після пастеризації вершки швидко охолоджують до температури, нижчої за точку затвердіння молочного жиру, і витримують деякий час.

Таке витримування називають *фізичним визріванням вершків*, яке означає затвердіння молочного жиру і фізико-хімічні змінення оболонки жирових кульок.

Його метою є переведення деякої кількості рідкого жиру у твердий стан. Тільки за наявності у вершках затверділого жиру можна під час збивання одержати масляне зерно, забезпечити потрібну консистенцію вершкового масла і нормальний відхід жиру у маслянку.

Під час фізичного дозрівання вершків лише частина рідкого жиру переходить у твердий стан. Відношення кількості затверділого рідкого жиру до первинної кількості його у відсотках прийнято називати *ступенем затвердіння жиру*. Витримувати вершки слід у спеціальних резервуарах з програмним керуванням. На затвердіння жиру впливає значна кількість факторів, тому вказати точні строки витримування вершків для фізичного їх визрівання неможливо.

Прийнятні результати в зимовий період дає застосування способу низькотемпературної обробки, який передбачає швидке охолодження вершків до 5...7 °С, витримування за цієї температури 2...3 год. та повільне нагрівання (40...60 хв.) до 13...16 °С. Влітку вершки охолоджують до 4...6 °С і залишають до збивання при повільному підвищенні температури.

При фізичному визріванні зростає в'язкість вершків. Ступінь грудкування жиру у дозрілих вершках удвічі більший, ніж в охолоджених, але недозрілих.

У масловиготовлювачах періодичної дії процес збивання вершків можна поділити на *три стадії*.

**Перша – стадія утворення піни.** Під час збивання вершків паралельно відбуваються два процеси – утворення і руйнування повітряних пухирців. На першій стадії збивання за одиницю часу руйнується менше повітряних пухирців, ніж утворюється. До кінця першого періоду збивання вершки майже повністю перетворюються на структуровану рухому піну. Пухирці повітря з'являються на поверхні і знову тягнуться потоками рідини всередину вершків доти, поки не зруйнуються.

**Інтенсивність руйнування** повітряних пухирців під час збивання вершків залежить від багатьох факторів – швидкості їх перемішування, температури, розміру пухирців, ступеня затвердіння жиру, фізичних властивостей вершків (в'язкості, міцності структури поверхневих шарів) тощо.

При збільшенні швидкості перемішування вершків стійкість повітряних пухирців зменшується, а інтенсивність їх руйнування збільшується. Від моменту появи пухирця на поверхні до моменту руйнування відбувається прискорене руйнування повітряних пухирців.

Ступінь заповнення масловиготовлювача вершками має бути таким, щоб тривалість контакту повітряних пухирців на межі з повітрям була достатньою для їх руйнування.

З підвищенням температури вершків зменшується стійкість повітряних кульок внаслідок зниження в'язкості вершків і розплавлення деякої частини твердого жиру всередині жирових кульок. Із зниженням стійкості повітряних пухирців вони швидше руйнуються, при цьому зменшується здатність вершків до утворення піни.

**Другою стадією є руйнування піни.** У процесі збивання вершків швидко зменшується кількість неспінених вершків та вільного повітря, внаслідок чого різко зменшується швидкість утворення пухирців.

Тому загальний об'єм спінених вершків після досягнення ними деякого максимального об'єму починає зменшуватись і настає друга стадія збивання вершків. Вона закінчується руйнуванням піни і утворенням дрібних грудочок жиру із жирових кульок, що злиплися у т. з. **масляні зерна.**

**Третя стадія пов'язана з утворенням масляного зерна.** Окремі дрібні грудочки жиру в результаті багаторазового їх контагування одна з одною злипаються у більші, в результаті чого утворюється масляне зерно. Залежно від умов збивання зерна мають різні розміри і форму з гладенькою або шорсткою поверхнею.

**Промивання масляного зерна.** Закінчивши збивання, із масловиготовлювача видаляють маслянку, а масляне зерно промивають. Для цього у масловиготовлювач наливають чисту воду на 40...50 % об'єму вершків.

Воду залишають у масловиготовлювачі на 3...5 хв. і для кращого промивання зерен протягом цього часу 4...5 разів обертають бочку (на швидкості збивання), а потім воду видаляють. Вдруге наливають воду на 30...40 % об'єму вершків і знову 4...5 разів обертають бочку. Промивати масляне зерно більше двох разів не рекомендується, оскільки погіршуються його смак та аромат.

Промиванням видаляють маслянку, адсорбовану поверхнею масляного зерна. У процесі промивання масляних зерен знижується концентрація речовин, розчинених у плазмі, а стійкість масла підвищується.

Температура промивальної води має бути в межах 7...15 °С. Температура першої води для промивання має дорівнювати температурі масляного зерна в кінці збивання, температура другої води для промивання – на 1,5...2 °С нижча за температуру першої. Залежно від консистенції зерна масло можна витримувати у воді від 5 до 15 хв.

Слід уникати надмірно високих температур: вони погіршують консистенцію масла, підвищують вологоємкість і призводять до його пом'якшення. Під впливом низьких температур масло занадто твердне, вміст вологи в ньому зменшується, утруднюється і подовжується обробка, погіршується консистенція. При тугоплавкому жирі (взимку) бажані високі, а при легкоплавкому (влітку) – низькі температури.

**Обробка масляного зерна.** Масляне зерно обробляють для з'єднання його розрізнених зерен в один суцільний пласт, видалення поверхневої вологи, регулювання її вмісту, подрібнення крапель і рівномірного розподілу води по всій масі. Обробляють його в безвальцьових масловиготовлювачах – механічними ударами по маслу, коли воно падає на стінку бочки внаслідок обертання апарата.

**Регулювання кількості води в маслі.** Після видалення промивальної води і внесення солі (при виробництві солоного масла) люк масловиготовлювача закривають і починають обробку при малих частотах обертання.

Залежно від затвердіння масла, ступеня наповнення масловиготовлювача і його конструкції роблять 5...8 обертів для з'єднання зерен у пласт, потім видаляють накопичену вологу і продовжують віджимання.

Віджимають із зупинками люком униз для повного видалення вільної вологи. Як тільки волога перестає виділятися, бочку ставлять краном донизу і шупом відбирають у різних місцях середню пробу масла для визначення його вологості.

За результатами досліджень фактичного вмісту вологи в цій пробі масла теоретично визначають його масу у масловиготовлювачі та кількість води, що підлягає додатковій обробці.

Теоретичну масу масла ( $M_T$ ) обчислюють за формулою

$$M_T = \frac{M_v(\mathcal{J}_v - \mathcal{J}_m)}{\mathcal{J}_{mc} - \mathcal{J}_m}, \quad (1)$$

де  $M_v$  - кількість вершків, залитих у масловиготовлювач, кг;

Жирність:  $\mathcal{J}_v$  - вершків, %;  $\mathcal{J}_m$  - маслянки, %;  $\mathcal{J}_{mc}$  - масла, %.

**Соління масла** надає йому смаку і консервує його, припиняючи або сповільнюючи розвиток мікроорганізмів. Повне припинення розвитку мікрофлори спостерігається за концентрації солі в плазмі масла 27 %, що відповідає вмісту в продукті при 15 % вологи 4 % солі. За стандартом дозволяється вносити в масло не більш як 1,5% солі, оскільки більша її кількість негативно впливає на смак масла. Однак на практиці рідко використовують таку кількість солі для соління масла, оскільки можна досягти позитивних результатів за значно меншої її кількості. Масло солять сухою сіллю або розсолем.

**Вихід масла** залежить від маси молока і вершків, необхідних для виробництва одиниці продукції. Для його розрахунку потрібно знати масу переробленого молока і одержаного масла. Якщо, наприклад, перероблено **1019** кг молока і одержано **44** кг масла, то витрати молока на 1 кг масла становлять: **23,1** кг (**1019 : 44**).

Витрати вершків на 1 кг масла розраховують за формулою

$$C = \frac{(\mathcal{J}_{mc} - \mathcal{J}_m)K}{\mathcal{J}_v - \mathcal{J}_m}, \quad (2)$$

де  $C$  - витрати вершків на одержання 1 кг масла, кг;  $\mathcal{J}_{mc}$  - вміст жиру в маслі, який відповідає стандарту, %;  $\mathcal{J}_m$  - вміст жиру в маслянці, %;  $\mathcal{J}_v$  - вміст жиру у вершках, %;  $K$  - коефіцієнт витрат  $K = 1,00341$ .

### **3.5 Обладнання для виробництва вершкового масла способом збивання вершків**

**Масловиготовлювачі** періодичної і безупинної дії розрізняються між собою механізмом утворення масла, способом впливу на вершки і конструкцією робочих органів. Виготовлення вершкового масла в масловиготовлювачах періодичної дії відбувається у два етапи: утворення з жирових кульок масляного зерна і утворення з зерна шару вершкового масла. У масловиготовлювачах безупинної дії утворення масляного зерна і шару здійснюється у безупинному потоці.

У масловиготовлювачах періодичної дії (безвальцових) вершки збиваються у результаті їх гравітаційного перемішування. При обертанні заповненої на 30...50% робочої ємності масловиготовлювача вершки спочатку піднімаються на визначену висоту, а потім скидаються під дією сили ваги, піддаючись сильному механічному впливу. Висота підйому вершків, тиск, що виникає, характер руху рідини визначаються розмірами робочої ємності і частотою її обертання. Швидкість руху вершків 5...7 м/с.

У масловиготовлювачах безупинної дії швидкість руху вершків значно вища (18...22 м/с). Інтенсивний вплив лопатей збивача приводить до турбулентного руху потоку вершків у апараті та інтенсифікує процес агрегації (злипання) жирових кульок і утворення масляного зерна.

**Масловиготовлювачі періодичної дії** поділяють на три типи.

**До першого** відносяться масловиготовлювачі, що мають робочий орган – резервуар. Форма його може бути циліндричною, конічною, грушоподібною, кубічною і т.д. Усередині ємність не має яких-небудь пристосувань, що перемішують.

**До другого типу** відносять масловиготовлювачі, які мають у резервуарі нерухомо закріплені спіралі, лопаті, струни і т.д. Ця група масловиготовлювачів застосовується найчастіше.

**До третього** відносять масловиготовлювачі, що мають нерухомий резервуар з робочими органами, що обертаються в ньому. Цей тип часто застосовується у виді маслоробок невеликої продуктивності.

Будова і принцип роботи безвальцьових масловичотвлювачів періодичної дії, що випускаються промисловістю, практично однакові і відрізняються лише деякими деталями.

Масловичотвлювач періодичної дії РЗ-ОБЕ (рисунок 3) складається з таких основних вузлів: ємності, станини з коробкою передач і органами керування, стійки, огороження, зрешувального пристрою, візка і шафи керування.

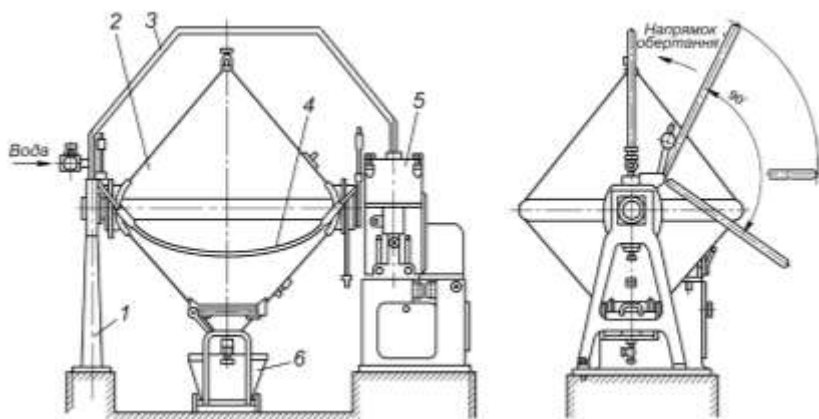


Рисунок 3 – Схема масловичотвлювача періодичної дії РЗ-ОБЕ:  
1 - стійка; 2 - ємність; 3 - зрешувальний пристрій (душ); 4 - огороження;  
5 - станина з коробкою передач; 6 – візок.

Ємність (бочка) апарата виконана у вигляді двох конусів, виготовлених з листової неіржавіючої сталі. На вершині одного з конусів змонтований люк. Ємність оснащена оглядовим вікном і двома кранами для спускання повітря і сколотин. З одного боку вона з'єднана з опорною стійкою, а з іншого – з вихідним валом привода. Всередині ємність має похило зварені лопаті для збивання вершків і обробки масляного зерна.

Внутрішня поверхня масловичотвлювача має спеціальне покриття для запобігання прилипанню масла.

Привод масловичотвлювача складається з двошвидкісного електродвигуна, клинопасової передачі і коробки передач.



Зупинка ємності в потрібному положенні здійснюється за допомогою гальмівного пристрою, змонтованого всередині коробки передач, і фрикційної муфти зчеплення, яка розташована на вхідному валу коробки передач. Швидкості обертання перемикаються за допомогою рукоятки.

Для малих переробних підприємств застосовують масловичоголовачі МИМ-1, МИП-1500, ОМС- 0,13.

Масловичоголовач МИП-1500 (рисунок 4) має циліндричну ємність, яка обертається навколо поздовжньої осі.

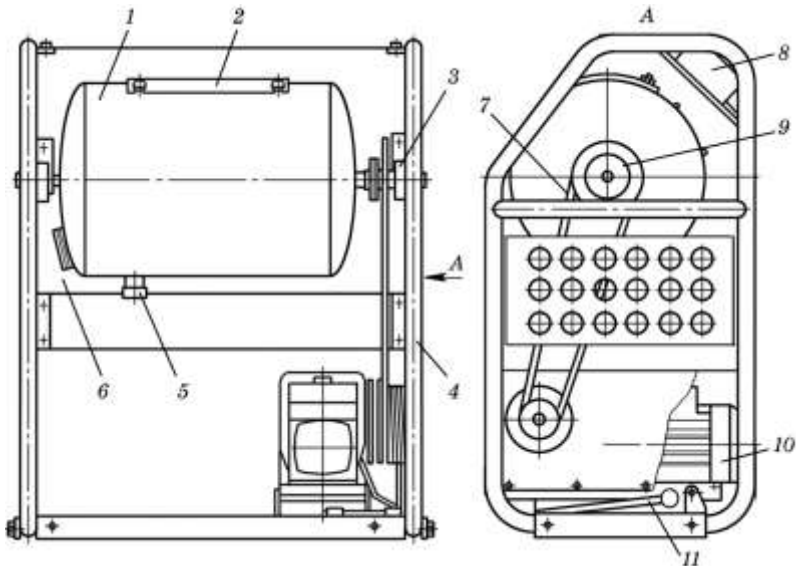


Рисунок 4 – Схема масловичоголовача МИП-1500:

1 - ємність; 2 - кришка люка; 3 - підшипниковий вузол; 4 - рама; 5 - зливний штуцер; 6 - оглядове вікно; 7 - пас; 8 - електричний вимикач; 9 - шків; 10 - привод; 11 - ручка підіймача платформи.

Ємність виконана з харчової неіржавіючої сталі. Збивання вершків і обробка масляних зерен здійснюється спеціально спрофільованими лопатями, закріпленими на внутрішній поверхні ємності.

Привод апарата складається з електродвигуна, черв'ячного редуктора і пасової передачі.

Малогабаритний масловичотвловач МИМ-1 призначений для виготовлення масла з вершків 30...40 %-ї жирності в умовах невеликих фермерських господарств. Дозволяє за 8-годинну зміну одержати 160 кг високоякісного масла, придатного для тривалого зберігання.

Дві швидкості обертання барабана і промивання водою забезпечують кращу обробку масляного зерна з найменшим відходом зерна в сколотини. Масловичотвловач оснащений вентиляним блоком, шлангом і розпилювачем для промивання, а за потреби і для охолодження бака.

Масловичотвловач ОМЕ-0,13 (рисунок 5) складається з циліндричної ємності з чотирма радіальними лопатями. Ємність установлена на рамі зварної конструкції, має вікно для завантаження і вивантаження, вікно для візуального контролю за процесом і кран для зливання сколотин.

На стійці рами встановлений привод, що складається з електричного двигуна і черв'ячного редуктора. Передача між редуктором і робочим барабаном клинопасова.

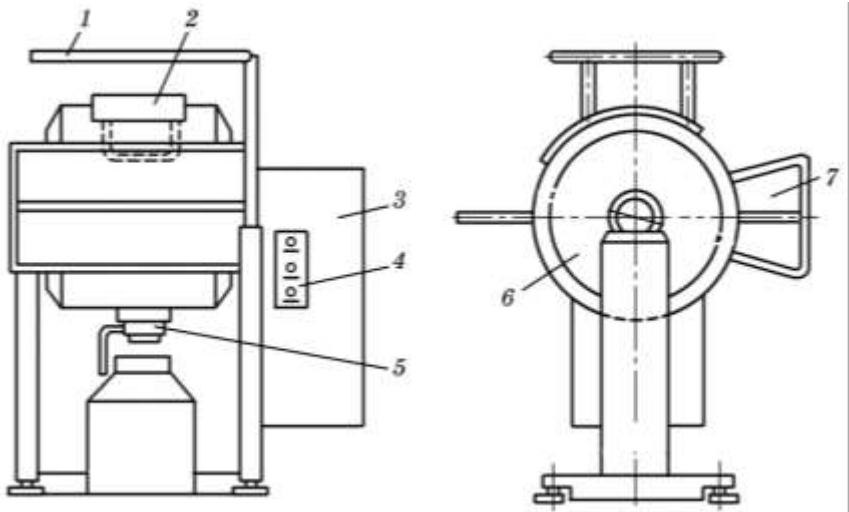


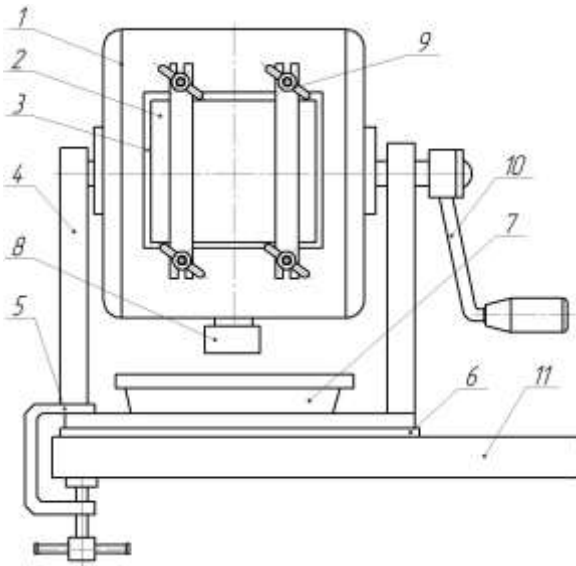
Рисунок 5 – Схема масловичотвловача марки ОМЕ-0,13:

1 - зрошувальний пристрій; 2 - завантажувальне вікно; 3 - електрошafa; 4 - пульта керування; 5 - спускний кран; 6 - ємність; 7 – огородження.

Масловичотвловач оснащений зрошувальним пристроєм у вигляді двох перфорованих трубок, змонтованих над ємкістю. Шафа керування приводом і електрошафа об'єднані в один блок.

Масловичотвловачі ручні марок Г МБ-1 і Г МБ-2 (рисунок 6) призначені для виробництва вершкового масла у фермерському і особистому підсобному господарствах.

Масловичотвловач являє собою барабан 1, горизонтально за-



кріплений в опорах (стійках) 4 рами. За допомогою ручки 10 барабан обертається навколо своєї горизонтальної осі.

Барабан має отвір для завантаження вершків і вивантаження масла.

Через штуцер 8 зливають сколотини у ванночку 7 і відводять повітря.

Рисунок 6 – Масловичотвловач ручний Г МБ-1:

1 - барабан; 2 - кришка; 3 - ущільнювач; 4 - опора; 5 - струбцина;  
6 - прокладка; 7 - ванночка; 8 - заглушка; 9 - гайка; 10 - ручка; 11 – стіл.

Масловичотвловач встановлюється на стільниці, на яку накладається прокладка 6 і закріплюється за допомогою струбцини 5. Через отвір у барабан заливають 7,5 кг вершків (бажано дозрілих) жирністю 28...30 %. Гранична норма заповнення маслоробки від 3,5 до 8 кг.

Збивання вершків здійснюється протягом 40...60 хв. при температурі 7...10 °С (улітку) і 10...14 °С (узимку). Температура в приміщенні повинна бути не вища за 16 °С. Процес збивання проводиться до розміру масляного зерна 2...3 мм.

По закінченні збивання маслянку зливають через штуцер, а масло, що залишилося, промивають питною водою температурою 10...14 °С 1...3 рази, роблячи 5...6 повільних обертів барабана.

Для утримання масляного зерна в барабані промивні води зливають через сито або марлю. Потім масло солять із розрахунку 75...100 г солі на 2,5 кг продукту. Після 4...6 повільних обертів барабана, які проводять до з'єднання масляних зерен у шар, масло викладають на пергамент або в дерев'яну вологу форму для формування у брусок.

На рисунку 7 показані схеми компоновання масловичотвлювачів з робочими ємностями різної форми, а на рисунку 8 фото масловичотвлювачів періодичної дії.

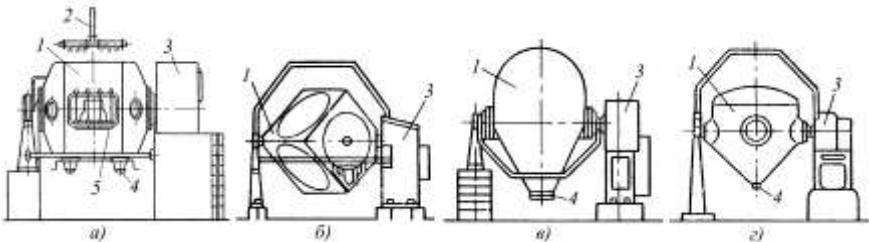


Рисунок 7 – Масловичотвлювачі періодичної дії різної форми:

а) циліндричної; б) кубічної; в) грушоподібної; г) усіченої.

1 - ємність; 2 - пристрій для зрошення; 3 - привод; 4 - кран; 5 - люк.



Рисунок 8 – Загальний вигляд масловичотвлювачів періодичної дії

Комбайн молочний Г 6-ОКМ -2 (рисунок 9) призначений для переробки молока на вершки і масло в домашніх умовах та фермерських господарств. Змонтований на основі 8, містить у собі сепаратор 2, масловиготовлювач 1 та їх загальний привод, що складається з електродвигуна 3 з роликом 6 і дисків 4 та 5 фрикційної передачі.

За допомогою пристрою 7 електродвигун уводиться у контакт з диском 5 або диском 4 і, відповідно, надає рух сепаратору або масловиготовлювачу.

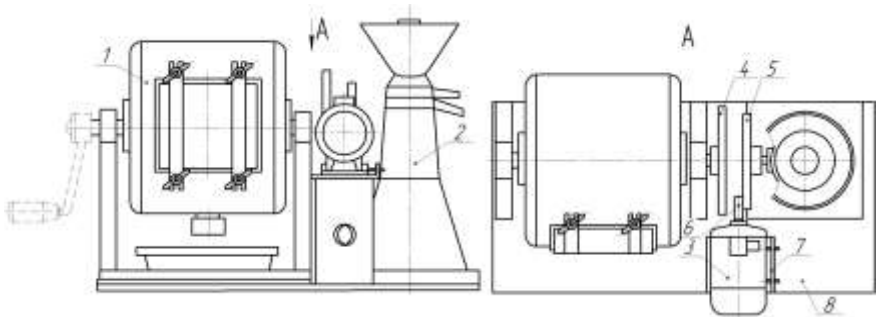


Рисунок 9 – Комбайн молочний Г6-ОКМ -2:

1 - масловиготовлювач; 2 - сепаратор; 3 - електродвигун; 4,5 - фрикційні диски; 6 - ролик; 7 – пристрій перемикання; 8 – основа.

На малих переробних підприємствах застосовують малогабаритні лінії по виробництву вершкового масла методом збивання Я7-ОКМ і Я7-ОПМ (рисунок 10).

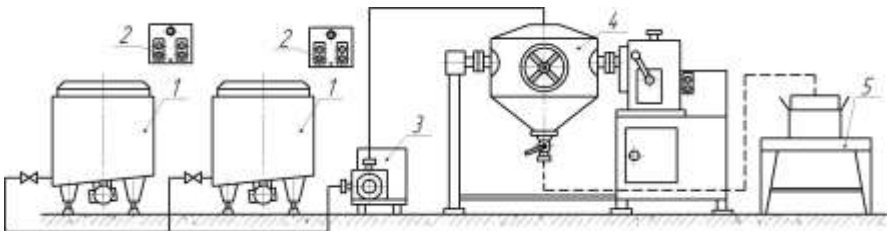


Рисунок 10 – Малогабаритні лінії марок Я7-ОКМ та Я7-ОПМ:

1 - універсальні апарати циклічної дії; 2 - пульти керування; 3 - насос роторний; 4 - масловиготовлювач; 5 - стіл для фасування і упакування масла.

До складу ліній входить наступне технологічне обладнання: два універсальних апарати циклічної дії 1 для пастеризації (можливе використання різних джерел тепла), витримування, охолодження і фізичного дозрівання вершків; насос роторний 3; масловиготовлювач, періодичної дії для збивання вершків 4; стіл для фасування і упакування масла 5; комплект інвентарю, а також молочна трубопровідна арматура і пульти керування 2.

### 3.6 Теоретичне визначення параметрів масловиготовлювача

#### 3.6.1 Теоретична продуктивність масловиготовлювача

Продуктивність виготовлювачів масла періодичної дії  $П_T$ , кг/год. розраховують за формулою:

$$П_T = \left( \frac{V \cdot \eta}{\tau_{\text{ц}}} \right) \cdot \rho_{\text{м}}, \quad (3)$$

де  $V$  - об'єм ємності, м<sup>3</sup>;  $\tau_{\text{ц}}$  - тривалість циклу виготовлення масла, год.;  $\rho_{\text{м}}$  - густина масла, кг/м<sup>3</sup> (870...930 кг/м<sup>3</sup>);  $\eta$  - коефіцієнт навантаження, котрий дорівнює частці заповнення ємності масловиготовлювача вершками  $\eta = 0,4...0,5$ .

Тривалість  $\tau_{\text{ц}}$  визначають як суму окремих технологічних операцій при виробництві даного виду масла:

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5 + \tau_6 + \tau_7 \quad (4)$$

де  $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4, \tau_5, \tau_6, \tau_7$  - тривалість, відповідно, наповнення ємності вершками, збивання вершків, випуску маслянки, промивки, посолу, обробки і вивантаження масла.

#### 3.6.2 Визначення швидкості обертання ємності

Для виготовлювачів масла періодичної дії важливо правильно вибрати швидкість обертання ємності в процесі збивання масла.

З одного боку, чим більша швидкість обертання ємності, тим механічна обробка інтенсивніша, натомість верхки під дією відцентрової сили не повинні притискатись до стінки, а падати вниз.

Тобто, відцентрове прискорення має бути меншим від прискорення вільного падіння.

$$\text{Таким чином} \quad a = 4\pi^2 \cdot R \cdot n_1^2 \leq g \quad (5)$$

де  $a$  - відцентрове прискорення, м/с<sup>2</sup>;  $g$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $R$  - геометричний радіус ємності, м;  $n_1$  - частота обертання, с<sup>-1</sup>.

$$\text{Із рівняння (3) одержимо} \quad n_1 \leq \frac{0,5}{\sqrt{R}}, \text{ об/с} \quad (6)$$

Мінімальну швидкість, об/с, що забезпечує проведення процесу збивання, визначають за рівнянням:

$$n_2 = 0,35 \sqrt{\frac{\eta}{R}}. \quad (7)$$

У процесі обробки масляного пласту він багаторазово піднімається вгору і падає. Максимальна висота падіння масла забезпечується при куті підйому масляного пласту  $\alpha = 54,40^\circ$ .

Частоту обертання  $n$ , об/хв. під час обробки в безвальцьових виготовлювачах масла визначають за формулою:

$$n \frac{15}{\sqrt{R}}. \quad (8)$$

### 3.6.3 Теоретична потужність привода масловичого виготовлювача

Потужність  $P$  (кВт), яку споживає виготовлювач масла періодичної дії, орієнтовно визначають за формулою:

$$P_m = \frac{2\pi \cdot n \cdot g \cdot H}{60}, \quad (9)$$

де  $H$  - висота піднімання рідини в виготовлювачі масла, м орієнтовно приймають рівною радіусу ємності  $R$ .

#### 4 Оснащення робочого місця лабораторної роботи

Для проведення експериментальних досліджень застосовується комплект лабораторного обладнання з виготовлення вершкового масла, основу якого складає масловичовувач періодичної дії (рисунок 11).

Привод масловичовувача складається з електродвигуна постійного струму 1, який за допомогою блоку керування може в потрібному діапазоні змінювати частоту обертання, черв'ячного редуктора 3 і клинопасової передачі 4. Двигун і редуктор кріпиться до кронштейна 2, а ємність 5 обертається у підшипниках, встановлених на стійках 7.

Крім масловичовувача робоче місце оснащено сепаратором „Мотор січ СЦМ-80“, нагрівачем електричним, мультиметром марки DT9208A, вагами лабораторними, мірними ємностями для молока, годинником, термометром, рукавичками гумовими.



Рисунок 11 – Загальний вигляд лабораторного масловичовувача:  
1 - електродвигун; 2 - кронштейн; 3 - редуктор; 4 - пасова передача;  
5 - ємність; 6 - блок керування двигуном; 7 - стійки.



## 5 Порядок виконання роботи

При виконанні лабораторної роботи використовується 5 л незбираного молока.

5.1 Підігріти молоко до температури 35...40 °С і на сепараторі відділити вершки.

5.2 Увімкнути масловиготовлювач і на холостому ходу зафіксувати показання сили струму  $I_{xx}$  (прилад ДТ 9208А).

5.3 Вимкнути масловиготовлювач, залити вершки у ємність та зафіксувати час  $\tau_1$  заповнення масловиготовлювача вершками.

5.4 Увімкнути масловиготовлювач, установити необхідну частоту обертання ємності і зафіксувати значення сили струму  $I$  в робочому режимі за показаннями приладу ДТ 9208А.

5.5 Увімкнути секундомір для визначення часу  $\tau_2$  збивання вершків і по закінченні збивання вимкнути масловиготовлювач та записати показання секундоміра  $\tau_2$ .

5.6 Злити маслянку з ємності та зафіксувати час  $\tau_3$ .

5.7 Одержане масло промити питною водою 2 рази:

5.7.1 Для цього налити в ємність 1,0...1,2 л води температурою 10...14 °С і залишити на 3...5 хв., обертаючи ємність за цей час 4...5 разів.

5.7.2 Злити воду і повторити промивання за тим же режимом, злити воду. Промивна вода зливається через сито або марлю.

Зафіксувати час  $\tau_4$  - промивки масла.

5.8 Зробити 4...6 повільних обертів барабана для поєднання масляних зерен у суцільну масу та зафіксувати час  $\tau_6$  обробки масла.

5.9 Викласти масло на пергамент або в дерев'яну вологу форму для формування у брусок та зафіксувати час  $\tau_7$  вивантаження масла.

5.10 По закінченню роботи вимкнути масловиготовлювач, провести його часткове розбирання, чищення та миття.

5.11 Зважити одержане масло.

## 6 Обробка результатів експерименту

6.1 Визначити теоретичну продуктивність масловичоговлювача за формулою (1).

6.2 Визначити фактичну продуктивність масловичоговлювача:

$$\Pi_{\phi} = m/\tau, \quad (10)$$

де  $m$  - маса виготовленого масла, кг;  $\tau$  - загальний час виготовлення масла, с.

6.3 Визначити відхилення фактичної продуктивності від теоретичної і заповнити таблицю 1.

$$\Delta \Pi = \frac{\Pi_m - \Pi_{\phi}}{\Pi_{\phi}} \cdot 100\% \quad (11)$$

6.4 Визначити теоретичну потужність, потрібну на привод масловичоговлювача за формулою (7) і фактичну потужність за наступною формулою:

$$P_{\phi} = U \cdot (I - I_{xx}), \quad (12)$$

де  $U$  - напруга на клеммах двигуна, 12 В;  $I$  і  $I_{xx}$  - сила струму на робочому і холостому ході, А.

$$\Delta P = \frac{P_m - P_{\phi}}{P_{\phi}} \cdot 100\%. \quad (13)$$

6.5 Результати експерименту занести в таблицю 1.

Таблиця 1 – Результати роботи та їх порівняння

Експериментальні значення				Розрахункові значення		Відхилення, %	
$I_{xx}$ , А	$I$ , А	$P_{\phi}$ , Вт	$\Pi_{\phi}$ , кг/с	$P_m$ , Вт	$\Pi_T$ , кг/с	$\Delta P$	$\Delta \Pi$

6.6 Розрахувати теоретичний вихід (масу) масла за формулою (1) і порівняти її з фактичною масою

При визначенні прийняти:  $J_{mc} = 82,5\%$  - вміст жиру в маслі;  
 $J_m = 1\%$  - вміст жиру в маслянці;  $J_e = 35\%$  - вміст жиру у вершках.

## 7 Контрольні питання

1 Зробіть порівняльний аналіз асортименту вершкового масла, яке виробляється вітчизняною промисловістю.

2 Дайте аналіз основних технологічних схем виробництва вершкового масла.

3 Проаналізуйте технологічну схему виробництва масла способом збивання вершків.

4 Основне технологічне обладнання лінії виробництва вершкового масла способом збивання вершків.

5 Охарактеризуйте три стадії процесу збивання вершків у масловиготовлювачах періодичної дії.

6 Наведіть порядок і основні правила промивання масляного зерна в ємності масловиготовлювача.

7 Характеристика трьох основних типів масловиготовлювачів періодичної дії.

8 Масловиготовлювачі періодичної дії для оснащення малих (фермерських) підприємств.

9 Основні складові тривалості збивання вершків на масловиготовлювачах періодичної дії.

10 Склад і призначення обладнання для лабораторного виробництва вершкового масла. Порядок виконання експериментальної частини лабораторної роботи.

## 8 Тестове завдання

1) Який з наведених видів масла повинен за стандартом мати найбільшу жирність?

1. вологодське;                      2. топле;                      3. любительське.

2) Вершки якої жирності рекомендують використовувати для збивання масла в масловиготовлювачах періодичної дії?

1. 12...15 %;                      2. 32...37 %;                      3. 42...47%.

3) При якій температурі проводять пастеризацію вершків при виробництві вершкового масла?

1. 55...60 °С;                      2. 70 °С і не вище;                      3. 85 °С і вище.

4) З скількох складових складається тривалість робочого циклу масловиготовлювача періодичної дії?

1. з п'яти;                      2. з шести;                      3. з семи.

5) Критична частота обертання ємності масловиготовлювача залежить від...

1. ...жирності вершків;                      2. ...діаметра ємності;  
3. ...продуктивності машини.

6) Для поділу незбираного молока на вершки і знежирене молоко застосовують...

1. ...фільтр;                      2. ...сепаратор;                      3. ...пастеризатор.

7) До якої температури підігрівають молоко перед відділенням вершків?

1. 10...15 °С;                      2. 35...40 °С;                      3. 45...50 °С.

8) Скільки разів рекомендують промивати масло після його збивання в масловиготовлювачі?

1. не більше двох;      2. три і більше;      3. п'ять-шість.

9) Укажіть формулу, за якою визначають вихід масла при збиванні його в масловиготовлювачі періодичної дії.

$$1. M_T = \frac{M_{\epsilon} (J_{\epsilon} - J_M)}{J_{mc} - J_M}; \quad 2. C = \frac{(J_{mc} - J_M) K}{J_{\epsilon} - J_M};$$

$$3. B_{\epsilon} = \frac{M_{мас} (J_{мас} - J_{nx})}{J_{\epsilon} - J_{nx}}.$$

10) Для промивання масляного зерна температура води повинна складати...

1. ...10...14 °C;      2. ...20...24 °C;      3. ...30...34 °C;

## ЛІТЕРАТУРА

1. Гвоздев О.В. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу: Навч. посібник. К.: Вища освіта, 2006. 479 с.

2. Гвоздев О.В. Технологічне обладнання для переробки продукції тваринництва: Навч. посібник. Суми: Довкілля, 2004. 420 с.

3. Бредихин С.А., Космодемьянский Ю.В., Юрин В.Н. Технология и техника переработки молока. М.: Колос, 2001. 400 с.

4. Єресько Г.О., Технологічне обладнання молочних виробництв. / Г.О Єресько, М.М. Шинкарик, В.Я. Ворошук. - К.: ІНКОС, 2007. - 344 с.

5. Машкін М.І., Париш Н.М. Технологія виробництва молока і молочних продуктів. К.: Вища освіта, 2006. 351 с.

6. Машкін М.І. Первинна обробка і переробка молока. К.: Урожай, 1994. 237 с.

7. Крусъ Г.Н., Храпцов А.Г., Волокитина З.В., Карпычев С.В. Технология молока и молочных продуктов. М.: Колос, 2004. 455 с.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

### ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БРИНЗИ

**Мета роботи:** закріплення лекційного матеріалу за темою роботи, вивчення технології, будови і принципу роботи технологічного обладнання для виробництва бринзи в умовах переробних і харчових підприємств малої потужності.

Час виконання роботи 2 години.

#### 1 Порядок виконання роботи

- розглянути принцип дії та будову натурних зразків і лабораторних установок, що представляють технологічне обладнання малих підприємств для виготовлення розсільної бринзи;

- визначити теоретично передбачуваний вихід бринзи;

- підготувати до роботи комплект технологічного обладнання з виготовлення бринзи „Бринзороб-1“;

- здійснити виробництво бринзи і експериментально визначити її вологість та фактичний вихід;

- виконати порівняльний аналіз теоретичних та експериментальних результатів виконаної роботи;

- сформулювати висновки за темою, оформити звіт з роботи.

#### 2 Завдання для самопідготовки

У процесі підготовки до заняття студент повинен:

**- вивчити і повторити:**

1) класифікацію обладнання для виробництва бринзи в умовах виробництв малої потужності; 2) призначення, принцип дії, будову та конструктивні особливості технологічного обладнання потокових ліній для виробництва розсільних сирів;

**- знати:** правила експлуатації машин і обладнання, які використовуються при виробництві бринзи;

**- вміти:** проводити налаштування лабораторних установок, користуватися контрольно-вимірювальними приладами, проводити аналіз результатів експерименту.

## 3 Теоретичні відомості

### 3.1 Бринза і технологія її виготовлення

*Бринза* – сир, відомий людині зі стародавності. Історія походження бринзи говорить, що її випадково винайшов якийсь арабський мандрівник, сквасивши в глечику молоко. Так з'явилася на світ бринза, корисні властивості і смак якої моментально полюбилися людям.

Бринза звичайно має білий (близький до білого) колір, однорідний за всією масою. Смак і запах бринзи кисломолочні, в міру солоні. Консистенція – помірно щільна, частіше тверда, злегка ламка, без схильності до кришення. Малюнок на зрізі відсутній, допускається наявність невеликої кількості вічок і порожнеч неправильної форми. Бринза кірки не має, поверхня чиста, рівна, зі слідами серп'янки (сітки з льону або синтетики для відділення сироватки і розсолу), допускається невелика деформація брусків і незначні тріщини.

У середньому жирність бринзи становить 40%. Але самим смачним вважається сир з масовою часткою жиру 50%. Строк зберігання бринзи не перевищує 7 днів. А от якщо зберігати її у розсолі, то вона не зіпсується протягом 2 тижнів.

Бринзу, як правило, виробляють із незбираного пастеризованого коров'ячого, буйволячого, овечого і козячого молока або їх суміші. Виготовлення бринзи з непастеризованого молока допускається як виняток на відгінних пасовищах на невеликих заводах при обов'язковій витримці (дозріванні) її не менш ніж 60 днів на підприємствах.

Кислотність коров'ячого молока 18...20 °Т, коров'ячого в суміші з овечим, козячим, буйволячим 22...26 °Т. Бринзу, яку використовують для подальшої переробки, виробляють також із знежиреного коров'ячого молока.

Схема технологічного процесу виготовлення розсільної бринзи наведена на рисунку 1.

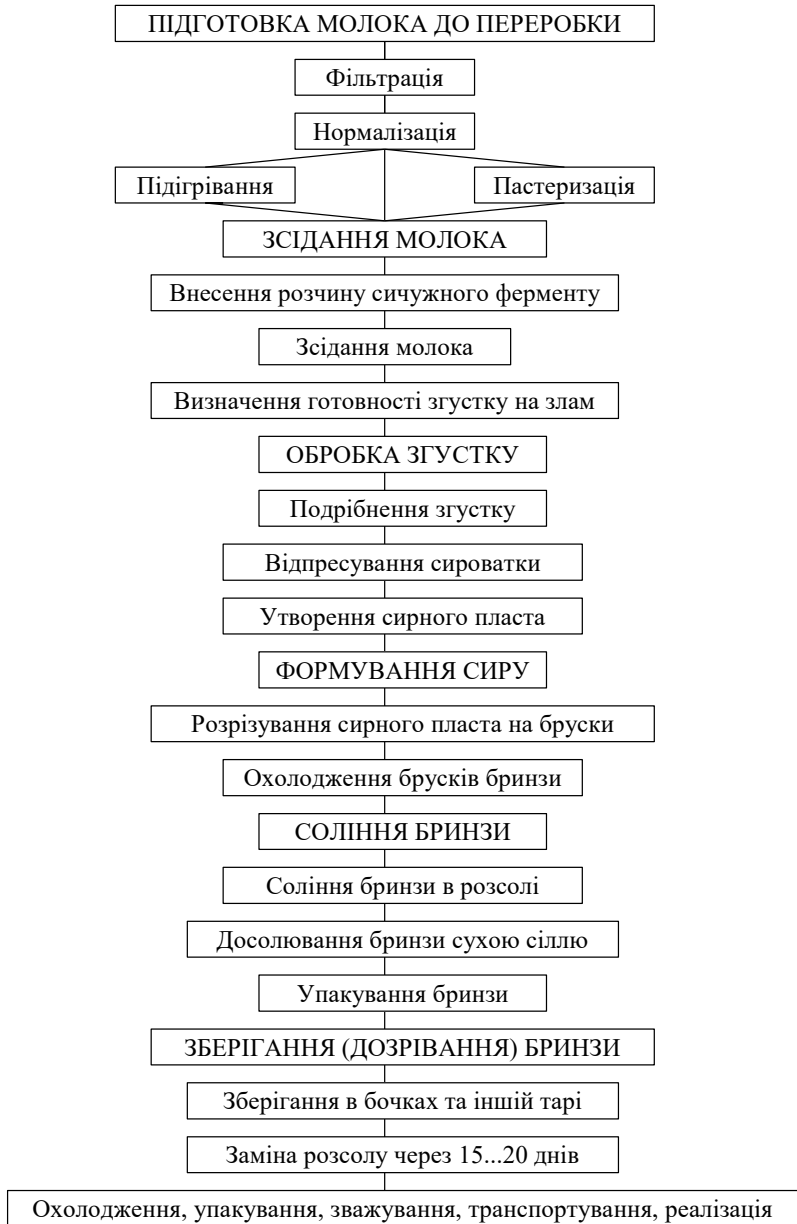


Рисунок 1 – Схема технологічного процесу виготовлення бринзи



У польових умовах, на карпатських полонинах, бринзу (будз) готують із свіжовидоєного ненормалізованого овечого молока. У пастеризоване молоко вносять закваски молочнокислих бактерій у межах 0,8...1,2% і кальцію хлориду – від 40 до 80 г на 100 кг молока. Якщо бринзу готують із сирого молока, рекомендується додавати селітру – по 30 г на 100 кг молока.

На рисунку 1 показана технологічна схема виробництва розсільної бринзи в домашніх (польових) умовах, дану схему можна взяти за основу для формування технологічної лінії для малих підприємств.

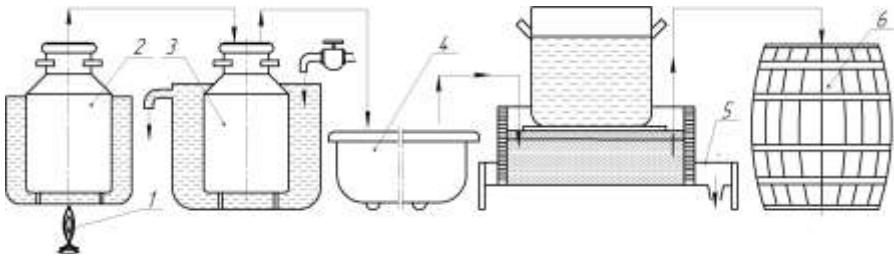


Рисунок 2 – Схема виготовлення розсільної бринзи в польових умовах:

1 - джерело нагріву; 2 - ємність для пастеризації овечого молока; 3 - охолоджувач молока; 4 - ванна для зсідання молока; 5 - піддон (кринта) для відпресовування сироватки з сирного тіста та просолювання сформованих брусків бринзи; 6 - бочкотара.

Загальна схема технологічної лінії промислового виробництва бринзи наведена на рисунку 3.

Молоко зсідається при температурі 30...32 °С. Вносять сичужний фермент – приблизно 2 г на 100 кг молока або пепсин – 4...5 г на 100 кг молока. При внесенні ферменту молоко весь час помішують, а потім закривають ванну або чан кришкою і залишають його у спокої до зсідання, яке триває від 25 до 40 хв.

Згусток обробляють на спеціальних сирних стічних столах довжиною 2,5...3 м, шириною 0,8 м з кришкою і бортами висотою 0,15 м. Стіл розділяють дошками на секції, кожна з них вміщує до 100 кг маси.

Кількість відділень (секцій) стола залежить від кількості переробленого молока. Довжина кожного відділення 60...80 см. По боках стола для кращого стікання сироватки зроблені жолобки, ширина яких 1 см, глибина 0,5 см. Готовий згусток швидко викладають сирними ковшами на серп'янку шарами не більш як 3 см завтовшки.

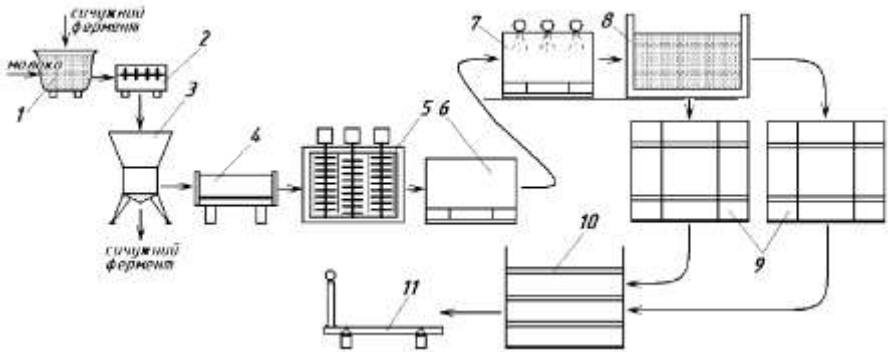


Рисунок 3 – Загальна схема технологічної лінії виробництва бринзи:

1 - ванна сироробна; 2 - формувальний пристрій; 3 – сиророб; 4 – стіл; 5 – прес; 6 - шафа для дозрівання сиру; 7 - душ (охолодження водою); 8 - басейн для соління, 9 - бочки для дозрівання; 10 – стележ; 11 - ваги.

Коли всю масу буде викладено на стіл, її розрізають перший раз. Згусток ріжуть тупим кухонним ножом спочатку вздовж, а потім уперек. Розрізи роблять через кожні 3 см. Після першого розрізування беруть за кінці серп'янку і струшують сирну масу на середину.

Кінці серп'янки зав'язують нахрест і так залишають на 5...10 хв. для стікання сироватки. Далі розв'язують серп'янку і розрізують сирну масу вдруге в такому ж порядку, як і перший раз. Після другого розрізування сирну масу знову зав'язують по діагоналі у вузол і одержаний квадратний згусток кладуть так, щоб боки його були паралельні бортам стола. На сирну масу кладуть пресувальний щит без тиску на нього. Через 10...15 хв. щит знімають і розрізують масу втретє, потім знову зав'язують у серп'янку, зверху кладуть щит, а на нього вантаж з розрахунку 0,5...1,0 кг на кожний кілограм сиру. Під пресом сирна маса перебуває протягом 50...60 хв.

Перед четвертим пресуванням сирну масу обрізують тільки по краях смужками 5...6 см завширшки. Відрізані смужки подрібнюють і кладуть у заглиблення, яке утворилося від вузла серп'янки. Пресувальну тканину туго натягують на сирну масу, складають кінці тканини конвертом, притискують масу пресувальним щитом і кладуть на нього подвійний вантаж. Через 1,5...2,0 години виділення сироватки майже припиняється. Це означає, що пресування закінчене.

Чим свіжіше і жирніше молоко, тим більше разів треба розрізати і пресувати масу. При виробництві бринзи 40%-ї жирності можна обмежитися двома розрізуваннями, скоротивши інтервал між ними до 5...8 хв. Обробку сирної маси бринзи також скорочують при виготовленні її з молока підвищеної кислотності. Якість бринзи значною мірою залежить від обробки сирної маси на столі, тому цій операції приділяють найбільше уваги. Готовий пласт бринзи має чотирикутну форму, рівний по всій масі, з округлими краями і товщиною 10...12 см.

Відпресований пласт ріжуть на шматки розміром 13×13 см. Маса шматка свіжої бринзи 1,3...1,5 кг, а після соління і витримання – 1 кг.

Нарізану бринзу нещільно розкладають на столі, ставлять між нею дошки для підпресування протягом 15...20 хв. і надання більш правильної квадратної форми. Одночасно шматки охолоджують водою температурою не вище 12 °С з розрахунку 1...2 л води на кілограм маси.

Свіжу бринзу солять спочатку в розсолі 20...22%-ї концентрації при температурі 10...12 °С протягом 24 годин. Потім її виймають із розсолу і солять сухою сіллю у спеціальних щільних ящиках або бочках і залишають на одну добу.

Після соління бринзу зважують, визначають її вихід і щільно вкладають у бочки місткістю 50 і 100 кг, висотою 48 см і діаметром дна 38...40 см, які перед тим старанно миють і пропарюють, щоб запобігти витіканню розсолу.

Бочку зважують разом з кришкою. Дно її посипають сіллю і укладають бринзу рівними рядами доверху. У стандартну бочку вміщується 7 рядів бринзи, в кожному ряду по 5 цілих і 2 різаних по діагоналі шматків.

Кожний ряд бринзи посипають сіллю. Заповнену бочку залишають не закупореною на 1...2 дні. За цей час бринза осяде. Тоді бочку доповнюють новими кусками бринзи, закупорюють і зважують. Через отвір у кришці бринзу заливають процідженим розсолем 18...20%-ї концентрації. Закривають отвір і зберігають бринзу при температурі не вище 10 °С. Через кожні 1...2 дні бочки доливають розсолем. При тривалому зберіганні розсіл щомісяця міняють, поступово знижуючи його концентрацію до 15...17%. Вихід бринзи коливається від 10 до 15%.

### 3.2 Оцінка якості бринзи

Бринзу, виготовлену з пастеризованого молока, можна реалізувати через 2 тижні, а з сирого молока – не раніш як через 30 днів. До реалізації не допускається бринза з прогірклим, різко вираженим гірким, затхлим, салистим смаком і запахом, а також із сторонніми домішками.

Таблиця 1 – Фізико-хімічні показники бринзи

Сировина для виготовлення бринзи	Жиру в сухому залишку не менше, %	Вологи не більше, %	Солі, %
Овече молоко	40	52	4...8
Коров'яче молоко	50	53	3,5...4,5

### 3.3 Обладнання для виготовлення розсільної бринзи

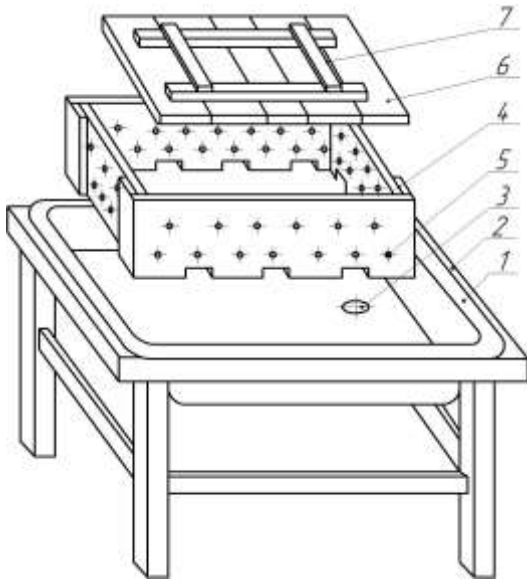
На малих підприємствах для обробки і формування бринзи використовують піддон-кринту (рисунок 4).

Піддон 1, який має отвір 3 для зливання рідини, розташовують на столі без стільниці 2. У стінках рамки 4 є отвори 5 для витікання сироватки у процесі відпресовування.

Кришка 6 з ручками 7 входить у рамку з деяким зазором. На кришку встановлюють гніт (часто це ємність, яку поетапно заповнюють водою у процесі стікання сироватки).

Обладнання для виробництва сиру і сирних виробів можна розділити на обладнання для одержання і обробки згустку та обладнання для охолодження, перетирання і перемішування сирної маси.

У лінійх малої і середньої потужності з виробництва м'якого си-



ру найпростішим обладнанням є комплект сирних ванн, який складається з ванни ВК-2,5 місткістю 1,5 м<sup>3</sup> і ванни самопресування ВР-2,5 місткістю 0,7 м<sup>3</sup>.

На рисунку 5 показана ванна для кальє ВК-2,5, ВКН-2,5 (кальє – желеподібний згусток, який виникає при осадженні молока закваскою або сичуговим ферментом), тобто ванна для сквашування молока.

Рисунок 4 – Піддон-кринта для відпресовування розсільної бринзи

1 - піддон; 2 - стіл; 3 - отвір для зливання рідини; 4 - рамка; 5- отвори для витікання сироватки; 6 - кришка; 7 – ручки.

Ванна ВК-2,5 складається з робочого корпуса напівциліндричної форми з теплообмінною сорочкою, патрубків холодної і гарячої води, шиберного крана для зливання продукту і чотирьох ніжок для установки на підлозі цеху.

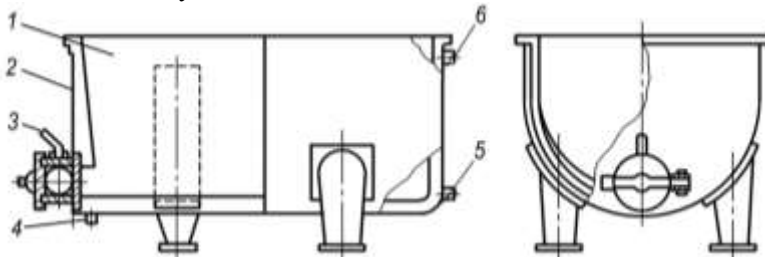


Рисунок 5 – Ванна для сквашування молока при виробництві сиру:

1 - корпус; 2 - теплообмінна сорочка; 3 - шиберний кран; 4 - зливальний патрубок; 5 - патрубок наповнення; 6 - верхній патрубок.

Після заповнення ванни молоком і його заквашування у сорочку подають гарячу воду і підтримують необхідну температуру сквашування продукту. Потім гаряча вода зливається і для охолодження згустку (кальє) у сорочку подається холодна вода.

Ванна самопресування ВР-2,5 (рисунок 6) складається з візка з колесами і решіт. Резервуар візка виконаний з харчового алюмінію. Візок встановлюється під краном ванни для кальє і через цей кран готовим згустком наповняють мішки і укладають їх на решітки у ванну самопресування. Сироватка відділяється під дією власної маси продукту, що знаходиться у мішках.

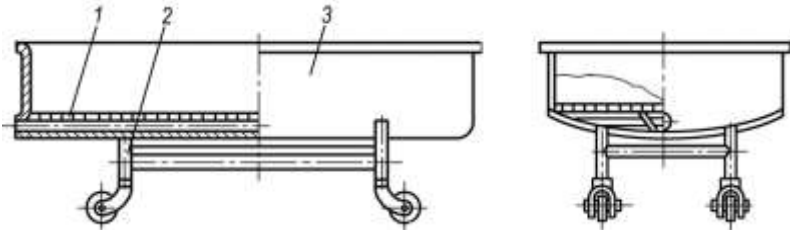


Рисунок 6 – Ванна самопресування ВР-2,5:

1 - решітка; 2 - візок; 3 - корпус ванни.

На даний час промисловість випускає сирні ванни невеликої місткості (1,0...1,5 м<sup>3</sup>). Вони комплектуються прес-візками, конструкція яких практично близька до конструкції ванни самопресування ВР-2,5. Подібні прес-візки мають натискну раму, що переміщається за допомогою гвинта з рукояткою і віджимає надлишок сироватки з мішків (рисунок 7).

Спеціальні сироробні ванни призначені для підігрівання молока до температури сквашування, утворення згустку і механічної обробки згустку ножами мішалки. Принципово усі сироробні ванни за конструкцією ідентичні. Вони являють собою горизонтальну відкриту ванну з закругленими стінками, що вставлена в металевий корпус. Простір між ванною і корпусом являє собою теплообмінну сорочку, куди подаються пара і вода. Ванну заповнюють молоком і доводять його температуру до температури сквашування. Потім здійснюють згортання молока сичуговим ферментом.

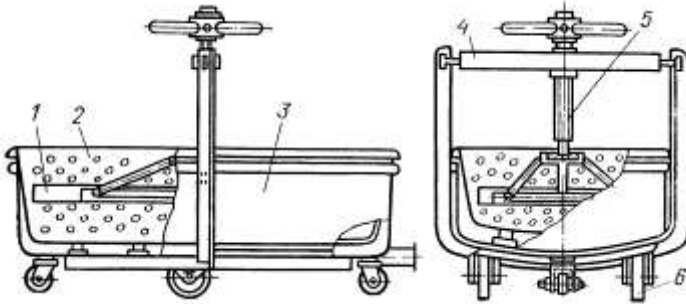


Рисунок 7 – Ванна-візок для пресування сиру:

1 - натискна плита-решітка; 2 - внутрішня ванна; 3 - ванна;  
4 - перекладаина; 5 - гвинт; 6 - колесо.



Рисунок 8 – Фото ванн для одержання згустку і підпресовування сиру

По закінченні процесу сквашування сировий згусток обробляють мішалками. Потім сирове зерно із сироваткою смугами подається у відокремлювачі сироватки, преси або бринзороби.

До апаратів, що найширше використовуються на підприємствах молочної промисловості, можна віднести сироробні ванни А1-ОСА-1, А1-ОСА-5, В2-ОСВ-5, В2-ОСВ-10, ванни закордонного виробництва. Вони мають принципово однакову будову і відрізняються тільки конструктивним виконанням окремих елементів.

Ванна для виготовлення сиру Д7-ОСА-1 (рисунок 9) призначена для виготовлення сирного зерна і складається з двостінної ванни 3, яка має запірний клапан 9 для спуску зерна з сироваткою, двох колон 4 і 8, мостової конструкції 7, місильно-ріжучого інструменту 2 і його привода. Ванна має домкрат 1 для змінення нахилу ванни і сито для відбору сироватки, а також мірну лінійку 5.

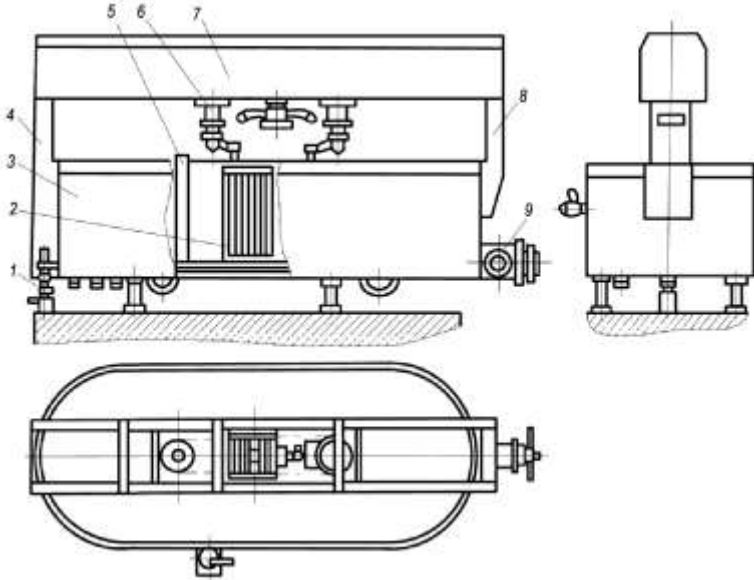


Рисунок 9 – Схема ванни для виготовлення сирного зерна:

- 1 - домкрат; 2 - місильно-ріжучий інструмент; 3 - ванна; 4 і 8 - колони;  
5 - мірна лінійка; 6 - привод; 7 - траверса; 9 - запірний клапан.

Місильно-ріжучий інструмент представляє собою ножову раму з вертикальними ножами, що обертаються. Привод 6 інструменту переміщується всередині моста привареними напрямними.



Увесь привод монтується на коритоподібній платформі, що повністю виключає можливість попадання забруднень із привода у ванну.

Привод механізмів ванни складається з горизонтально розташованого чотиришвидкісного двигуна, безступінчастого варіатора швидкості, черв'ячного редуктора та ланцюгової передачі.

У сучасних конструкціях ванн для безступеневого регулювання числа обертів мішалки використовують електродвигуни постійного струму.

Мішалка являє собою чотирикутну раму, на якій закріплені пластини – ножі. Завдяки спеціальній установці ножів мішалка при обертанні в один бік працює як ріжучий механізм, в інший – як вимішувальний. Під час різання ножі встановлені лезом перпендикулярно до площини різання, а при вимішуванні повертаються на кут приблизно  $15^\circ$  до площини обертання.

При наповненні ванни молоком вмикають різально-вимішувальний механізм у режимі вимішування. У теплообмінну сорочку подають пару, молоко підігрівається до температури внесення закваски і ферменту.

Відтак молоко залишають без подальшого механічного впливу до одержання згустку заданої густини, після чого вмикають мішалку в режимі різання і розрізають згусток.

Після відбирання частини сироватки згусток підігрівають до температури другого нагрівання. Мішалки працюють у режимі вимішування. Після завершення постановки зерна його перекачують насосом разом із сироваткою у формувальні апарати.

Сироробні ванни мають ряд позитивних і негативних сторін. Широке їх використання на підприємствах України обумовлено простотою ведення технологічного процесу і можливістю його візуального контролю.

Недоліком ванн є складність експлуатації привода. Використання привода, який встановлений на каретці, створює небезпеку потрапляння у продукт мастильних матеріалів, оскільки закрити поверхню ванни під час зворотно-поступального руху каретки практично неможливо. Відкрита поверхня ванни також спричиняє значні втрати теплоти в навколишнє середовище і погіршує санітарно-гігієнічні умови виробництва.



Рисунок 10 – Фото ванн для виготовлення сирного зерна

### 3.4 Визначення теоретичного виходу бринзи

Вихід бринзи визначають за кількістю молока, витраченого на виготовлення одиниці продукції

$$K_m = 0,032 \cdot C_1 - 0,298, \quad (1)$$

де  $K_m$  - кількість бринзи отримана з 1 кг молока, кг, або у відсотках за формулою

$$K_e = \frac{100(C_1 - C_2)}{C_3}, \quad (2)$$

де  $K_e$  - вихід сиру, %;  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  - вміст сухої речовини відповідно в молоці, сироватці і бринзі, %.

Для розрахунків приймаємо, що сировина (молоко, суміш) містить  $C_1 = 12,5$  % сухої речовини, а бринза –  $C_3 = 60$  %.

Кількість сухих речовин у сироватці  $C_2$ , % визначають за формулою

$$C_2 = \frac{6Ж + А}{5} + 1,48, \quad (3)$$

де  $Ж$  - жир сироватки (приймаємо 0,3%), %;

$А$  - щільність сироватки в градусах ареометра (приймаємо 21°).

### Приклад розрахунку

Сировина (молоко, суміш) містить 12,0% сухої речовини, бринза 57%.  
Кількість сухих речовин у сироватці

$$C_2 = \frac{6 \cdot 0,35 + 22}{5} + 1,48 = 6,3\%$$

Вихід бринзи  $K_m = 0,032 \cdot 12,0 - 0,298 = 0,086$  кг,

$$K_g = \frac{100(12,0 - 6,3)}{57} = 10,0\%$$

### 4 Оснащення робочого місця лабораторної роботи

Для експериментальних досліджень застосовується комплект лабораторного обладнання з виготовлення бринзи, який складається з блоку для сквашування молока і блоку для обробки згустку.

На рисунку 11 показано обладнання для підігріву, сквашування і зсідання молока.

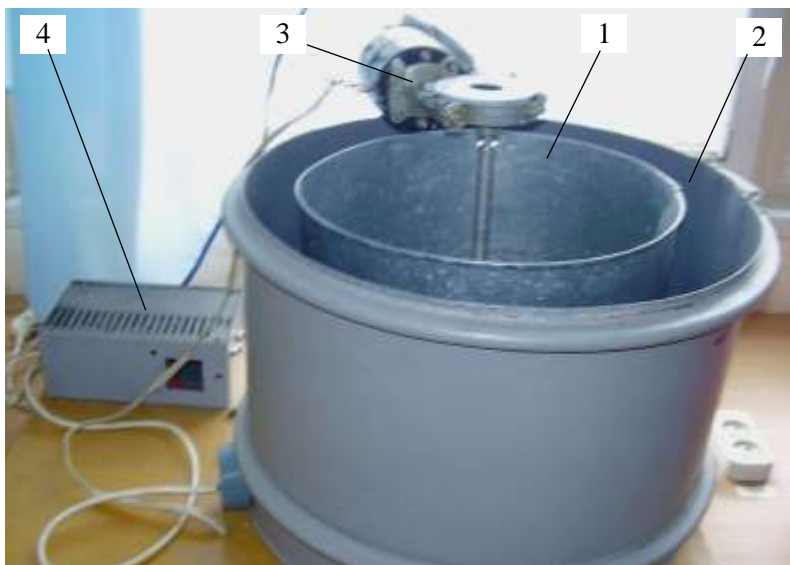


Рисунок 11 – Пристрій для сквашування молока:

- 1 - внутрішня ємність; 2 - зовнішня ємність; 3 - привод мішалки;
- 4 - електронний блок.

Пристрій являє собою дві ємності 1 і 2, які утворюють водяну баню. Підігрів молока здійснюється за допомогою вмонтованого в дно більшої ємності електричного нагрівача (ТЕНу), інтенсивність теплообміну регулюється лопатевою мішалкою з приводом 3, частота обертання якої регулюється електронним блоком 4.

До блоку обробки згустку відноситься комплект „Бринзороб-1“, призначений для процесу пресування сирної маси і полегшення механічної (ручної) праці людей при виробництві розсільної бринзи з молока свійських тварин за різними технологіями. Використовується на підприємствах сирної промисловості малої потужності. Дана машина періодичної дії, переносна, компактна, а це задовольняє усім умовам виробництва бринзи.

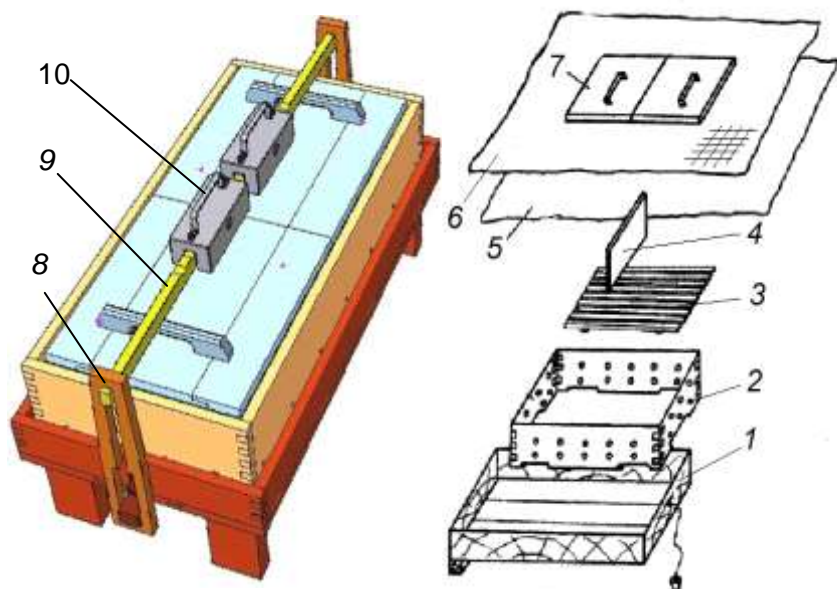


Рисунок 12 – Загальний вигляд і складові частини устаткування "Бринзороб -1":

- 1 - стічний стіл (кринта); 2 - рамка (сировиробник); 3 - знімна решітка;
- 4 - розподільна дошка; 5 - поліетиленова плівка; 6 - серп'янка; 7 - кришка;
- 8 - стійка; 9 - рейка (важіль); 10 - вантаж.

Виготовляється розсільна бринза експрес методом у виробничих умовах за прийнятою технологією з послідовним виконанням певних технологічних процесів обробки вихідної сировини.

При використанні комплекту встановлюють горизонтальний стічний стіл 1 (рисунок 12), закривають пробкою стічний отвір, складають у середину рамку 2, решітку 3, поліетилен 5 і серп'янку 6 і наливають сирний згусток, загортають серп'янку та накривають кришкою 7.

На рисунку 13 наведений порядок монтажу комплекту „Бринзороб“:

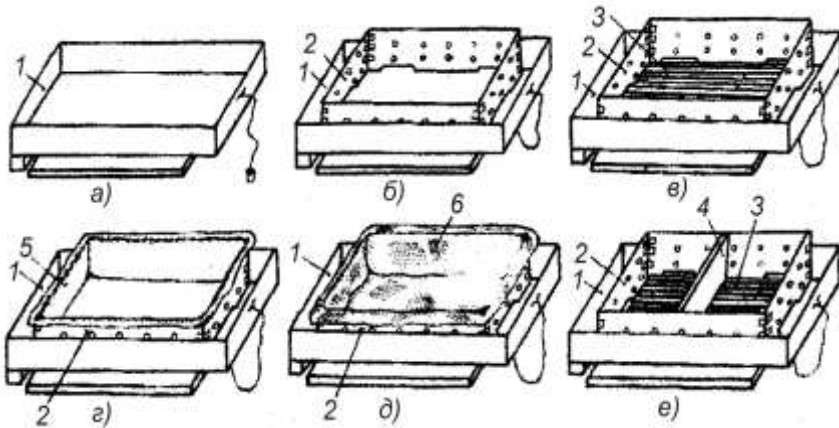


Рисунок 13 – Порядок монтажу комплекту „Бринзороб“:

- а) встановлення кринти; б) встановлення рамки; в) встановлення решітки;
- г) вкладання поліетиленової плівки; д) розстилання серп'янки;
- е) встановлення розподільної дошки.

На ручки кришки 7 встановлюють рейки 9 з вантажами 10, опираючи кінці рейок в отворах стійок 8.

Вантажі мають змогу переміщатися уздовж рейок, що приводить до змінення величини тиску на сирну масу при відпресуванні сироватки. Степінь тиску контролюється за допомогою шкали, нанесеної на рейках.

Окрім наведеного обладнання на робочому місці знаходяться: 1) Сепаратор відцентровий молочний „Мотор-січ СЦМ-80“; 2) Ваги лабораторні; 3) Мірні ємності для молока; 4) Годинник; 5) Термометр; 6) Рукавички гумові; 7) Марля.

## **5 Порядок виконання лабораторної роботи**

### **5.1 Утворення сирного згустку**

Для виконання експерименту потрібно 6 літрів незбираного молока.

5.1.1 Провести фільтрацію молока через марлю, складену в 2-3 шари. Використану марлю необхідно випрати, прокип'ятити і просушити (технологічний час виконання операції 40...60 с).

5.1.2 Сепарувати профільтроване молоко на сепараторі вершковідділювачі „Мотор-січ СЦМ-80“ при температурі 35...40 °С (технологічний час підігрівання молока складає 20...25 хв., час сепарування 5...6 хв.). При сепаруванні виміряти час сепарування та вихід вершків та відвійок.

5.1.3 Залити молочні відвійки в ємність для сквашування молока і підігріти до температури, при якій зсідається молоко (в теплу пору року 30 °С, а в холодну 32 °С). Виміряти час підігрівання.

5.1.4 Увімкнути мішалку пристрою для сквашування, встановити частоту обертання 20 об/хв. і внести сичужний фермент (з розрахунку 2 г на 100 л молока). Безперервно перемішувати молоко до утворення згустку. Заміряти час утворення згустку.

### **5.2 Обробка сирного згустку на установці „Бринзороб-1“**

5.2.1 Перед початком роботи складові частини устаткування „Бринзороб-1“ вимити корінцевою щіткою гарячим (50 °С) 1%-ним содовим розчином і промити 2...3 рази чистою водою, щоб видалити залишки соди, потім пропарити кип'ятком і охолодити до 30...32 °С.

Поліетиленову плівку вимити теплим (30°С) 1%-ним содовим розчином, потім промити 2...3 рази чистою водою і просушити.

Серп'янку перед початком роботи випрати в гарячій (50 °С) воді, пропарити протягом 20 хв. і охолодити до температури 30...32°С.

5.2.2 Згусток з внутрішньої ємності пристрою для сквашування завантажити у рамку (сировиробник) бринзороба та заміряти його масу. Для видалення сироватки згусток навантажити вантажем масою 1,5 кг. Заміряти час видалення сироватки.

5.2.3 Розрізати згусток на 6 рівних частин та знову навантажити вантажем масою 2,0 кг. Заміряти час видалення сироватки та вихід бринзи. Вихід бринзи коливається від 10 до 15%.

5.2.4 Бринзу замочити у 12% соляному розчині (120 г солі на 1 л води) та витримати 2,0...2,5 години.

5.2.5 Визначити масу бринзи зважуванням.

5.3 Визначення вмісту вологи в бринзі

5.3.1 У сухий алюмінієвий стаканчик покласти кружок пергаменту, що закривав би дно стаканчика і на 0,5 см нижню частину його стінок, 5...8 г збезводненого парафіну, а потім зважити.

5.3.2 У стаканчик з пергаментом і парафіном зважити 5 г бринзи.

5.3.3 Утримуючи стаканчик щипцями, обережно (особливо спочатку) нагріти, підтримуючи рівномірне кипіння. Кінець випару води визначають по легкому побурінню маси, коли вона перестане потріскувати і спінюватися. По закінченні висушування стаканчик остудити.

5.3.4 Охолоджений стаканчик зважити і, користуючись формулою, розрахувати вміст вологи  $W\%$  у бринзі

$$W = \frac{(a - \epsilon) \cdot 100}{a - c}, \quad (4)$$

де  $a$  - маса стаканчика з парафіном, пергаментом і навіскою бринзи до нагрівання, г;  $\epsilon$  - маса стаканчика з парафіном, пергаментом і навіскою бринзи після видалення вологи, г;  $c$  - маса стаканчика з парафіном і пергаментом, г.

5.3.5 Визначити відсоток сухої речовини в бринзі як різницю відсотку загальної маси (100 %) і відсоткового вмісту вологи.

$$B_c = 100 - W. \quad (5)$$

5.3.6 Визначити теоретичний вихід бринзи за формулами 1 - 3 за пунктом 3.4 даної роботи і відхилення від фактичного виходу бринзи за формулою:

$$\Delta = \frac{K_{m\Gamma} - K_{m\phi}}{K_{m\phi}} \cdot 100\% \quad (6)$$

5.3.7 Провести аналіз отриманих даних і обґрунтувати розходження між теоретичними та фактичними результатами. Навести шляхи підвищення виходу бринзи.

## **6 Вимоги безпеки**

Під час проведення роботи слід додержуватись правил загальної інструкції з охорони праці, наведених у розділі „Загальні вимоги безпеки“. Під час підігріву молока та вимішування згустку не рекомендується торкатися поверхонь пристрою для сквашування..

## **7 Контрольні питання**

- 1 Перерахуйте основні технологічні операції виробництва бринзи.
- 2 Перерахуйте обладнання лінії виробництва розсільної бринзи.
- 3 Принцип дії і будова ванн для самопресування.
- 4 Перерахуйте основні частини обладнання „Бринзороб-1“.
- 5 Дайте характеристику сировини для виробництва бринзи.
- 6 Наведіть методику визначення виходу бринзи.
- 7 Поясніть принцип дії і будову сироробної ванни *Д7-ОСА-1*.
- 8 Проаналізуйте шляхи підвищення виходу бринзи.
- 9 Перерахуйте етапи обробки згустку і його соління.
- 10 Вкажіть на переваги і недоліки сироробних ванн.

## **8 Тестові завдання**

### **1) Укажіть середню жирність бринзи?**

1. 40...50 %;
2. 15...20 %;
3. 1,5...3,0 %.

### **2) До якої температури потрібно підігріти молоко перед його сквашуванням?**

1. 30...32 °С;
2. 40...42 °С;
3. 50...52 °С.

### **3) Яку кількість сичужного ферменту вносять при заквашуванні молока при приготуванні бринзи?**

1. 2 кг/100 кг;
2. 2г/100 кг;
3. 0,2г/100 г

### **4) Яка норма солі допустима для бринзи, виготовленої з коров'ячого молока?**

1. 3,5...4,5 %;
2. 0,25...0,45 %;
3. 0,025...0,045 %.

### **5) Укажіть строк зберігання бринзи в розсолі**

1. 2 дні;
2. 2 тижні;
3. 2 місяці.



**6) Відпресований пласт бринзи ріжуть на шматки розміром...**

1.  $5 \times 5$  см;                      2.  $13 \times 13$  см;                      12  $\times$  24 см.

**7) Укажіть частоту обертання мішалки лабораторного пристрою для сквашування молока**

1. 2 об/хв.;                      2. 20 об/хв.;                      3. 200 об/хв.

**8) Вкажіть основний недолік сироробних ванн**

1. складність експлуатації привода;      2. невелика ємність;  
3. велика енергоемність.

**9) Вкажіть режим первинного посолу бринзи**

1. в розсолі 20...22% при 10...12 °С протягом 24 годин;  
2. в розсолі 20...22% при 25...30 °С протягом 24 годин;  
3. в розсолі 2,0...2,2% при 5...6 °С протягом 24 годин.

**10) Укажіть нормативні фізико-хімічні показники бринзи з овечого молока**

1. жирність не менше 40 %, сухі речовини 52 %, солі 4...8 %;  
1. жирність не менше 20 %, сухі речовини 22 %, солі 1...2 %;  
1. жирність не менше 10 %, сухі речовини 12 %, солі 0,4...0,8 %;

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Гвоздев О.В., Ялпачик Ф.Ю., Рогач Ю.П., Сердюк М.М. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу: Навч. посібник. К.: Вища освіта, 2006. 479 с.

2. Гвоздев О.В. Технологічне обладнання для переробки продукції тваринництва: Навч. посібник. Суми: Довкілля, 2004. 420 с.

3. Бредихин С.А., Космодемьянский Ю.В., Юрин В.Н. Технологии и техника переработки молока. М.: Колос, 2001. 400 с.

4. Галат Б.Ф., Машкин Н.И., Козача Л.Г. Справочник по технологии молока. К.: Урожай, 1990. 192 с.

5. Єресько Г.О., Шинкарик М.М., Ворощук В.Я. Технологічне обладнання молочної виробництва. К.: Фірма «ІНКІОС», 2007. 344 с.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

### АПАРАТИ ДЛЯ ПЛАВЛЕННЯ СИРНОЇ МАСИ

**Мета роботи:** отримання, розширення і поглиблення знань по призначенню, принципам дії, будові, роботі та розрахунках апаратів для плавлення сирної маси, які застосовують при виробництві плавленого сиру.

Час виконання роботи 2 години.

#### 1 Порядок виконання роботи

- провести моніторинг літературних джерел за темою роботи;
- розглянути принцип дії та будову натурних зразків, лабораторної установки, що представляють обладнання для плавлення сирної маси при виробництві плавленого сиру;
  - провести налагодження, регулювання і підготовку до роботи лабораторної установки для плавлення сирної маси;
  - виконати експериментальні дослідження процесу плавлення сирної маси, використовуючи лабораторну установку;
  - виконати розрахунок плавителя сиру періодичної дії;
  - зробити аналіз результатів експерименту, сформулювати висновки за результатами роботи, оформити звіт з роботи і захистити його.

#### 2 Завдання для самопідготовки

У процесі підготовки до заняття студент повинен:

- **вивчити і повторити:**
  - 1) технологію виробництва плавлених сирів;
  - 2) призначення, принцип дії і будову основних марок обладнання для плавлення сирної маси при виробництві плавлених видів сирів;
- **знати:** сутність механізму плавлення сирної маси;
- **вміти:** проводити підготовку до роботи натурних зразків обладнання, лабораторну установку, користуватися приладами, проводити визначення основних параметрів плавителя сиру періодичної дії згідно з варіантом завдання, проводити аналіз результатів експерименту.

### 3. Теоретичні відомості

#### 3.1 Асортимент плавлених сирів

Постійно зростаючі обсяги виробництва плавлених сирів обумовлені високою енергетичною цінністю їх, стійкістю при зберіганні і транспортуванні. Найбагатші білками і жиром плавлені сири виробляються переважно з натуральних зрілих сичужних сирів (видові і консервні плавлені сири). У них міститься 20...23% білка, 22...27% жиру, енергетична цінність сирів становить близько 300...320 ккал на 100 г.

Плавлені сири, що виробляються на основі нежирного сиру (міський, ковбасні копчені сири, тощо) містять 23...24% білка, 13...19% жиру і близько 2% лактози, енергетична цінність сирів цієї групи складає 220...270 ккал на 100 г.

Плавлені сири містять усі необхідні для організму людини мікроелементи: цинк, мідь, марганець, йод, кобальт. Цінним джерелом збагачення плавлених сирів мікроелементами є молочна сироватка, яка використовується у свіжому, згущеному і сухому вигляді. У свіжій сироватці в середньому міститься заліза 674 мкг/кг, цинку 3108, міді та кобальту 7,6 та 0085 мкг/кг.

З вітамінів у плавлених сирах найбільшою мірою представлені вітаміни В<sub>2</sub> і А. У 100 г плавлених сирів типу радянського, російського кількість цих вітамінів становить 15...20 % від добової потреби дорослої людини. Плавлені сири можна збагачувати вітамінами шляхом уведення у розплавлену сирну масу синтетичних вітамінів і наповнювачів: вітамінізованих жирів, фруктів, овочів, соків та ін.

Плавлені сири залежно від форми упаковки, консистенції, смакових особливостей, способу обробки та призначення поділяють на шість груп:

- до першої групи – сири плавлені ломтеві – відносяться Радянський, Російський, Чеддер, Голландський, Костромський, Латвійський, Міський, гострий з перцем, зі спеціями, особливий, столовий, Осінь, Балтійський, Балтійський з тмином, до пива, Нептун з копченими м'ясопродуктами, з томатним соусом, Особливий з перцем, з томатом, з гірчицею, з аджикою, з тмином;

- до другої групи – сири плавлені ковбасні – відносяться Ковбасний копчений, Ковбасний копчений з перцем, Ковбасний мисливський, Ковбасний мисливський зі спеціями, Туристський, Туристський з перцем, з тмином;

- до третьої групи – сири плавлені пастоподібні – відносяться Углицький вершковий, Невський вершковий, Янтар, Корал, Дружба, Хвиля, Літо, Рокфор, кисломолочний, з цибулею, з петрушкою, Цибулька, Перчинка, Пінгвін, Чиполіно, Паштетний, Кавказький;

- до четвертої групи – сири плавлені солодкі – відносяться Шоколадний, Кавовий, Фруктовий, Медовий, М'ятний, Казка, З горіхами, Світлячок, Ласунчик, Попелюшка, Цитрусовий;

- до п'ятої групи – сири плавлені консервні – відносяться Стерилізований, Пастеризований, Пастеризований з шинкою, у порошок;

- до шостої групи – сири плавлені до обіду – відносять сири з грибами для супу, для овочевих страв, для макаронних страв, з білими грибами.



Рисунок 1 – Деякі торгові марки плавлених сирів

### 3.2 Технологічний процес виробництва плавленого сиру

Плавлений сир представляє собою продукт, який виробляється з різних сирів, масла та інших молочних продуктів зі спеціями або без них шляхом теплової обробки з додаванням спеціальних солей - плавителів.

Технологічний процес включає наступні операції:

1) Підбір сировини; 2) Попередня підготовка; 3) Подрібнення сировини; 4) Складання суміші; 5) Плавлення; 6) Фасування і упакування; 7) Охолодження; 8) Зберігання.

*Підбір сировини* здійснюється у залежності від виду готового продукту, користуючись маркою вихідної сировини. Кращі результати отримують при переробці сирів середнього ступеня зрілості з показником рН від 5,3 до 5,7. При відсутності сировини необхідної зрілості підбирають молоді і перестиглі сири з таким розрахунком, щоб суміш їх за ступенем зрілості відповідала вищевказаним показникам. Підбір сировини за ступенем зрілості можна проводити на підставі органолептичних показників і дати виробництва сирів.

*Попередня обробка.* Сири за допомогою ножів очищають від парафіну, кірки, сир від плісняви і слизу, масло від штафа (поверхневої вади) і нарізають на невеликі шматки (50...70 мм) для подрібнення та складають у лотки для інгредієнтів. Рідкі наповнювачі, якщо такі необхідні за рецептурою, фільтрують, спеції дезінфікують, обробляючи окропом.

*Подрібнення сировини.* Подрібнення інгредієнтів проводиться до досягнення шматочками сиру розміру 3...8 мм, цей процес можна здійснювати на м'ясорубці або вовчку. Кожен вид сировини подрібнюють роздільно і завантажують в окремі лоточки.

*Складання суміші.* Для складання суміші користуються формулами матеріального балансу з розрахунком отримання готової продукції необхідної жирності і вологості. Спочатку визначають зразкове співвідношення компонентів суміші сичужних жирних сирів, нежирного сиру та ін., потім за даними хімічного аналізу сировини розраховують кількість сухих речовин та вміст жиру у кожному виді сировини, визначаючи в підсумку, яку кількість жиру і сухих речовин необхідно відняти або додати.

*Підбір солей плавителів.* Смак і консистенція плавленого сиру, стійкість його при зберіганні залежать від якості сировини, а також від фізико-хімічних властивостей і якості застосовуваних солей - плавителів. Загальна кількість солей, що уводяться при плавленні, не повинна перевищувати 3%, фосфорнокислих солей - 2%. Солі - плавители застосовують у вигляді водних розчинів.

*Плавлення підготовленої сирної маси* здійснюють у плавителі сиру. Порядок закладки сировини залежить від виду плавленого сиру. Так, для сирів 45...60 % жирності можна рекомендувати наступний порядок закладки компонентів: у плавитель вносять усі компоненти суміші крім вершкового масла, масу підігрівають до 65...70 °С. Після цього вносять масло і плавлять до готовності.

Для сирів 30...40 % жирності, щоб уникнути пригару на дно плавителя поміщають частину масла, потім жирні сичужні сири, нежирний сир і сухе молоко. В останню чергу в плавитель вносять солі - плавители, воду, масу підплавляють і вносять решту масла.

Сирну суміш плавлять при температурі 75...90 °С з витримкою при даній температурі 15...20 хв., що сприяє отриманню однорідної сирної маси без включення нерозплавлених частинок сиру. Закінчення процесу плавлення визначають за станом маси, яка стає однорідною і досить текучою, а також не має нерозплавлених частинок сиру. Погане набрякання маси є ознакою нестачі солей - плавителів або неправильного режиму плавлення.

Для збереження плавлених сирів від пліснявіння доцільно використовувати сорбінову кислоту, яка є фунгіцидною речовиною. Сорбінову кислоту вносять у кінці плавлення (з розрахунку 0,1% до загальної маси компонентів), заздалегідь розмішавши її у невеликій кількості води температурою 25...30 °С, яка враховується при розрахунку рецептури.

Для захисту плавлених сирів, особливо пастоподібних, від можливості спучування рекомендується використовувати низин. Низин - антибіотик, що утворюється деякими штамми *Str. lactis*. За хімічним складом низин – поліпептид.

У плавлений сир препарат низин вносять з розрахунку 1,5 г на 10 кг готового продукту (150 од/г). Розраховану кількість препарату низину вносять у сухому вигляді безпосередньо в суміш перед плавленням або з сухими компонентами (вершками, молоком, сироваткою), попередньо ретельно перемішавши.

*Фасування розплавленої сирної маси.* Розплавлену сирну масу в гарячому стані направляють на фасування. Фасування може здійснюватися у пластикові стаканчики вагою 200...250 грам на автоматі розфасовки.

*Охолодження.* Після фасування плавлені сири відразу піддають охолодженню. Способи охолодження можуть бути різними:

- в середньотемпературних холодильних камерах;
- в спеціальних приміщеннях на стелажах або візках при температурі повітря не вище 10 ° С.

Тривалість охолодження 6...12 годин.

*Умови зберігання і транспортування сиру.* Температура охолодження сиру, при якій його можна упакувати в ящики, повинна бути не вища за 15 ° С. Упакований сир зберігають на складах, торговельних базах і холодильниках при температурі від 0 до мінус 4 °С і відносній вологості повітря відповідно 85...90% і 80...85%.

Сир, відібраний для переробки (рисунок 1), подають у машину 1 для зняття парафіну або захисної плівки, а потім на стелаж для розморожування сиру 2, після чого зачищають корковий шар і пошкоджені місця, видаляють маркування.

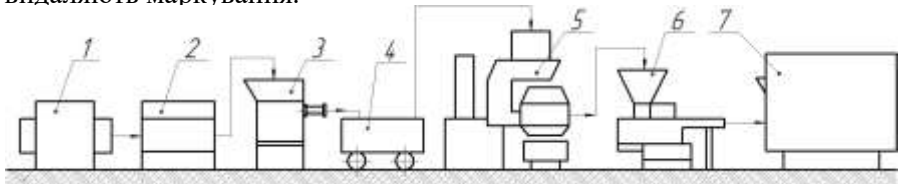


Рисунок 1 – Апаратурна схема виробництва плавленого сиру:

- 1 - машина для зняття парафіну; 2 - стелаж для розморожування сиру; 3 - вовчок; 4 - пересувна ємність; 5 - плавитель сиру; 6 - фасувальне обладнання; 7- камера охолодження.

Зачищений сир направляють у вовчок 3, звідки подрібнений сир потрапляє до проміжної пересувної ємності 4. Масло і вершки пластичні зачищають з поверхні від штафу, розрізують на шматки і також направляють у проміжну ємність 4, з якої усі компоненти подають в апарат для плавлення 5.

Приготований розчин солі - плавителя теж подають у апарат для плавлення 5. Розплавлену масу на машині 6 фасують у банки, які потім направляють у камеру охолодження 7.

### **3.3 Огляд обладнання для плавлення сиру**

Апарати для плавлення сирної маси поділяють на апарати періодичної та безперервної дії.

Одночасно з плавленням у робочій камері апарата можуть реалізовуватись такі операції як подрібнення, перемішування, охолодження.

За формою робочої камери плавителі поділяються на два типи: котлові і циліндричні.

Котлові плавителі сиру, в свою чергу, поділяють за кількістю котлів на одно- та двокотлові.

У якості теплоносія використовують воду, пару, а також комбіновані види обігріву. Теплоносій подається у теплову сорочку або комбіновано (безпосередньо в продукт і в сорочку).

Робочий орган перемішувача котла може бути лопатевим, якірним, стрічковим, комбінованим з вертикальним і горизонтальним положенням приводного вала.

Плавлення може здійснюватися під вакуумом або без нього.

Апарат Б6-ОПЕ-400 для плавлення сирної маси (рисунок 2) складається з наступних основних частин: станини, двох котлів, кришки котла, мішалок, комунікацій з фільтрами для очищення пари, вакуум-насосної установки та електрообладнання.

Основою апарата є лита станина, на якій змонтовані усі вузли. В середині станини розташовані електродвигун з приводом для підйому і опускання котлів і електродвигун з приводом перемішувача.



Котел являє собою циліндричну чашу з еліптичним дном, що має парову сорочку, теплоізоляцію і зовнішній металевий кожух. Пара або гаряча вода підводяться у сорочку через опорні цапфи, розташовані в середній частині котла і слугують одночасно осями, навколо яких котел повертається при вивантаженні. Для вивантаження без перекидання котла в нижній його частині є зливний отвір, що закривається шиберною заслінкою.

Кришка котла еліптичної форми з'єднується з котлом запірним кільцем. Електродвигун 2 через клинопасову передачу і черв'ячну пару забезпечує підйом і опускання котлів. Досягається це зміною напрямку обертання вала електродвигуна.

Для очищення пари, яка подається безпосередньо в сирну масу, на паропроводі встановлені три різних за конструкцією фільтри. У корпусі першого з них встановлена дрібна сітка, другого – січастий циліндр, заповнений активованим вугіллям, третього – циклон.

Привод мішалки апарата здійснюється від трьохшвидкісного елек-

тродвигуна через пружну втулочно-пальцеву муфту типу МУВП, клинопасову і зубчасту передачі.

На кінці вихідного вала апарата за допомогою різьбового з'єднання укріпленій перемішувачий пристрій зварної конструкції зі смуг нержавіючої сталі.

Привод забезпечує три значення частоти обертання мішалки 86, 115 та 173 об/хв.

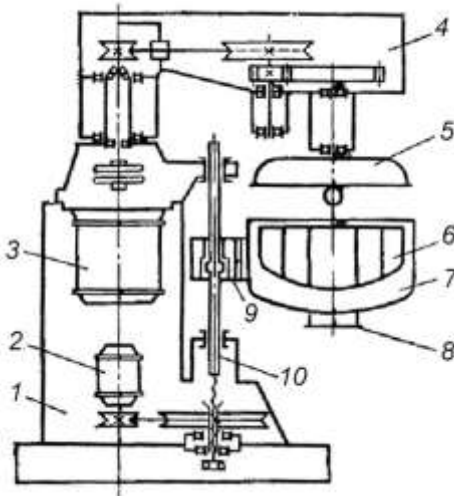


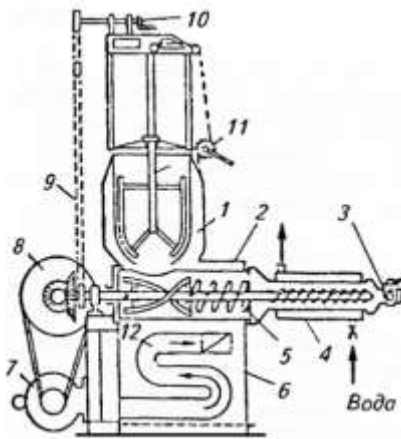
Рисунок 2 – Апарат Б6-ОПЕ-400 для плавлення сирної маси:

1 - станина, 2, 3 - електродвигуни; 4 - поворотний кронштейн, 5 - кришка котла; 6 - перемішувачий пристрій; 7 - котел; 8 - зливний отвір; 9 - тримач; 10 - порожнистий шток.

Подрібнену сирну масу завантажують у котел, герметично закривають його кришкою, вмикають перемішувач і в теплообмінну сорочку (при необхідності і в котел) подають пару під тиском 300 кПа. Сирна маса нагрівається до 85...90 °С і плавиться при перемішуванні протягом 15...18 хв. Після закінчення процесу з котла виливають розплавлену сирну масу, другий котел заповнюють вихідним продуктом і до нього повертається кришка з мішалкою. Процес плавлення повторюється.

Для видалення гострих запахів плавлення може здійснюватися під вакуумом 53...66 кПа. Управління апаратом і його системами здійснюється комплектом приладів.

Продуктивність двокотлового апарата для плавлення сирної маси складає близько 400 кг/год.



Апарат безперервної дії для плавлення сирної маси (рисунк 3) є більш продуктивним обладнанням у порівнянні з двокотловим апаратом типу Б6-ОПЕ-400.

Він складається з вертикального і горизонтального котлів. Обидва котли мають теплообмінні сорочки, в які подаються гаряча вода або пара.

Рисунок 3 – Апарат безперервної дії для плавлення сирної маси:

1 - вертикальний котел; 2 - горизонтальний котел, 3 - триходовий кран; 4 - камера з охолоджуючою сорочкою; 5 - мішалка з шнеком; 6 - станина; 7 - електродвигун; 8 - редуктор; 9 - ланцюгова передача; 10 - кінцева зубчаста передача; 11 - підйомний механізм. 12 - нагрівач.

У вертикальному котлі розміщена мішалка якірного типу, обертання якої передається від електродвигуна 7 через клинопасову передачу 8, редуктор, ланцюгову 9 і кінчну 10 зубчасту передачі.

Горизонтальний котел оснащений стрічковою мішалкою, поєднаною з шнеком, яка приводиться у дію від того ж самого електродвигуна через клинопасову передачу, редуктор і конічну зубчасту передачу.

Перетерта сирна маса безперервно надходить в котел, перемішується і за рахунок контакту з його гарячими стінками плавиться. Потім вона потрапляє в інший котел, де процес плавлення триває.

Продукт перемішується мішалкою і за допомогою шнека подається в камеру з охолоджуючою сорочкою. Проходячи через камеру, сирна маса охолоджується і виводиться з апарата через триходовий кран на фасування.

Апарат для плавлення сирної маси з двома ємностями (рисунок 4) складається з кришки, привода мішалки, станини з механізмом підйому чаші 7, фільтрів 1 очистки пари, вакуум-насоса 3 і електрошафи 4.

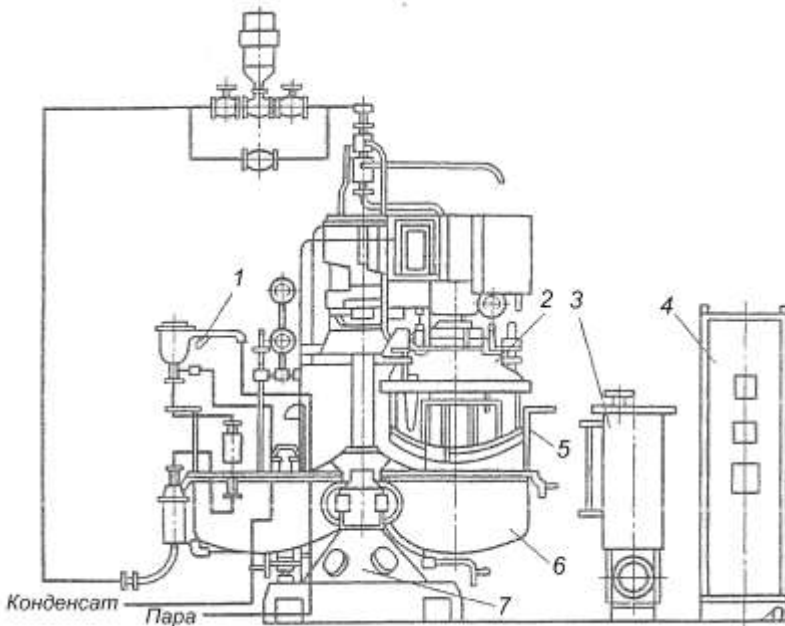


Рисунок 4 – Апарат для плавлення сирної маси з двома ємностями:

- 1 - фільтр очищення пари;
- 2 - кришка ємності;
- 3 - вакуум-насос;
- 4 - шафа електрообладнання;
- 5 - мішалка;
- 6 - робоча ємність;
- 7 - станина.

Ємності, в яких проводиться плавлення сиру, мають еліптичні днища і виготовлені з нержавіючої сталі.

У верхній частині ємності розміщений фланець для з'єднання з кришкою за допомогою запірного кільця.

Ємності мають парову сорочку, до якої пара та вода підводяться через опорні цапфи.

Кришка ємності також має еліптичну форму. На ній розміщені патрубки із соплами для підведення пари або води, а також патрубки для вирівнювання тиску в котлі та патрубків для під'єднання робочої ємності (котла) до вакуумної лінії. Рух мішалки здійснюється від трьохшвидкісного електродвигуна через клинопасову і зубчасту передачі.

Апарат для плавлення сирної маси з поворотною кришкою, що піднімається, показаний на рисунку 5. Дві ємності змонтовані нерухомо на станині 13 разом з приводом і механізмом управління.

Ємності виготовлені з нержавіючої сталі, мають з'ємну кришку 9, що закріплена на штангах 8, на яких закріплені рейки. Через втулки в центрі кришки проходить вал мішалки 6, якому надає рух електродвигун 1 через клинопасову передачу і редуктор, розміщений на поворотному кронштейні 4.

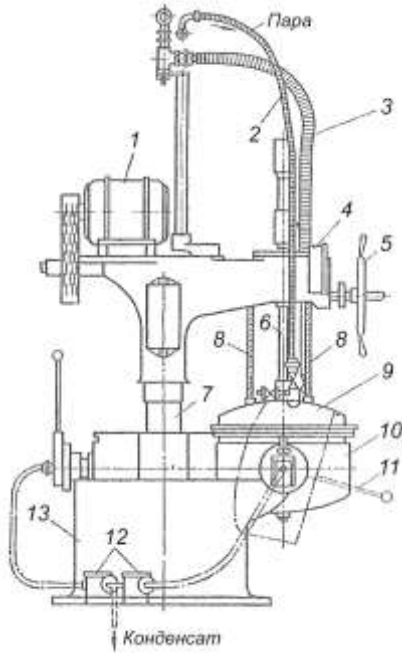


Рисунок 5 – Апарат для плавлення сирної маси з підйомною поворотною кришкою:

1 - електродвигун; 2 - трубопровід пари; 3 - вакуумна лінія; 4 - кронштейн; 5 - штурвал; 6 - вал мішалки; 7 - стійка; 8 - штанги; 9 - кришка; 10 - робоча ємність; 11 - важіль; 12 - конденсатовідвідник; 13 - станина.

Сирна маса завантажується у ємність, кришка 9 опускається і поворотом штурвала 5 щільно закривається.

Пара подається трубопроводом 2 в парову сорочку через пустотілу цапфу і безпосередньо в ємність. Потім вмикають електродвигун, що надає мішалці обертowego руху. Сир нагрівається до 85 °С при інтенсивному перемішуванні.

Конденсат з парової сорочки відводиться через конденсатовідвідник 12, цикл завершується зупинкою електродвигуна.

**Плавитель ІПКС-070** (рисунок 6) призначений для змішування компонентів та плавлення сирної маси.

Плавитель складається з внутрішнього корпусу 1, закритого фланцем 8, замкненого в зовнішню сорочку підігріву 2, утворену кожухом 3.

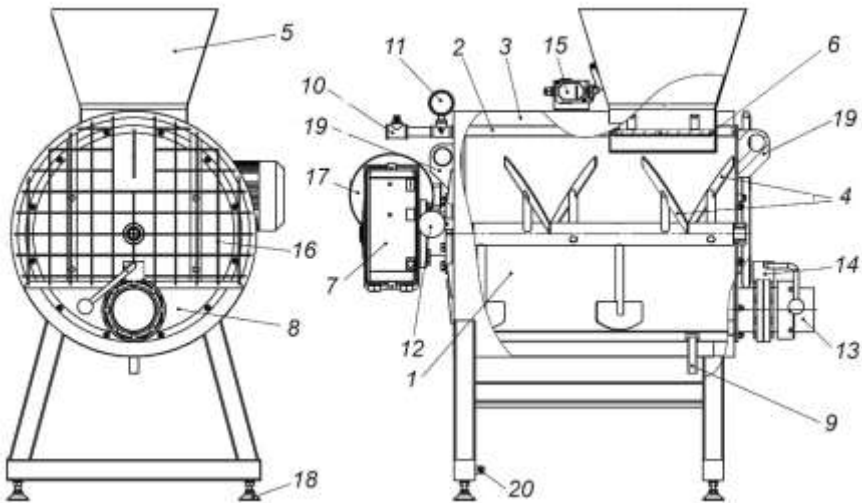


Рисунок 6 – Плавитель сирної маси ІПКС-070:

1 - корпус внутрішній; 2 - сорочка підігріву; 3 - кожух захисний; 4 - мішалка; 5 - воронка завантажувальна; 6 - кришка; 7 - магнітний пускач; 8 - фланець; 9 - патрубок зливу конденсату; 10 - вентиль подачі пари; 11 - манометр; 12 - біметалевий термометр; 13 - злив; 14 - затвор дисковий; 15 - вимикач кінцевий; 16 - захисна огорожа; 17 - мотор-редуктор; 18 - гвинтові опори; 19 - вантажопідйомна петля; 20 - болт заземлення.

Перемішування продукту здійснюється лопатевою мішалкою 4 з різними типами лопатей. Контроль температури продукту здійснюється біметалевим термометром 5.

Температуру продукту регулюють подачею пари за допомогою вентиля 10. Внутрішній корпус заповнюється вихідними компонентами через отвір, який закривається кришкою 6.



У сорочку подається пара під тиском, який не перевищує 0,1 МПа. Тиск контролюється манометром 12. Після закінчення процесу приготування суміші повертають ручку затвора дискового 14 і готовий продукт вивантажується через злив 13.

Рисунок 7 – Фото ШКС-070

Агрегат, у якому поєднано дві операції (подрібнення і плавлення), представлений на рисунку 8.

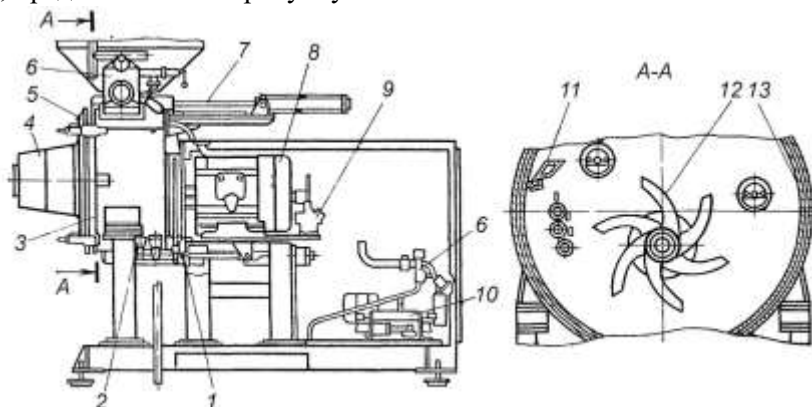


Рисунок 8 – Агрегат для подрібнення сиру і плавлення сирної маси:  
 1 - розвантажувальний шибер; 2 - зворотні клапани; 3 - барабан; 4 - електропривод мішалки; 5 - кришка; 6 - вакуумна система; 7 - завантажувальний шибер; 8 - двошвидкісний електродвигун; 9 - гальмо; 10 - дозатор води; 11 - мішалка; 12 - ножі; 13 - сорочка для води.

Агрегат являє собою закритий барабан 3 з розміщеною всередині мішалкою 11, електродвигуном 4, який змонтовано на кришці 5. Ємність має завантажувальний 7 і розвантажувальний 1 шибери, а також сорочку 13 для охолоджувальної води.

На подовженому валу двошвидкісного електродвигуна встановлені три дволопатевого серповидних ножі 12, що служать для попереднього тонкого подрібнення сиру, а також для створення циркуляційних потоків сирної маси в ємності.

Сирна маса з бокових поверхонь ємності і кришки при розплавленні та охолодженні знімається лопатями мішалки.

Для нагріву продукту використовуються пара і невелика кількість води, яка подається безпосередньо в продукт.

На даний час парк обладнання для виготовлення плавлених сирів поповнюється новими зразками як вітчизняного, так і імпортного виробництва. Ці апарати можуть використовуватись при виробництві різних сумішей, дитячого харчування, напівфабрикатів та інших продуктів, що мають пастоподібну або напіврідку консистенцію.

Агрегат для плавлення сирної маси ІК-ОПВ має наступний комплект поставки: плавитель, установка для підготовки пари, завантажувач, електрошафа, установка вакуумування, ємність завантажувальна і бак (на візках).

Агрегат виконує такі технологічні операції:

- 1) Дозування сировини в завантажувальну ємність на візку;
- 2) Автоматизоване завантаження сировини в котел апарата;
- 3) Змішування вихідної сировини;
- 4) Плавлення сировини шляхом прямого і непрямого нагріву;
- 5) Вивантаження готового продукту в бак на візку.

Плавитель має один котел, чаша якого має можливість переміщення у вертикальному напрямку і в горизонтальній площині – з робочої позиції у позицію завантаження і назад.

Привод підйому котла електромеханічний гвинтовий, забезпечує автоматизовані режими завантаження котла, плавлення сировини і витримувannya її при заданій температурі, звукову сигналізацію готовності продукту, друк параметрів технологічного процесу на світлочутливий папір, систему блокувань, що забезпечують безпечне обслуговування апарата.



В окремих випадках, при великих обсягах виробництва плавлених сирів доцільно застосовувати комбіновані агрегати, в яких подрібнення, плавлення і охолодження сирної маси виконують в одному апараті.

Рисунок 9 – Агрегат ІК-ОПВ

Установка СИ-120 складається з чаші з геометричним об'ємом 120 літрів, має одностінну сорочку для нагрівання і охолодження водою. У верхній частині сорочки розташований штуцер для подачі пари або відводу охолоджуючої води, у нижній частині сорочки – штуцер для подачі охолоджуючої води і відводу конденсату.

Для прямої подачі пари в продукт у днище чаші встановлені клапани, об'єднані колектором. У стінку чаші вбудований термометр для контролю температури продукту. У нижній частині чаші знаходиться розвантажувальний клапан з пневматичним керуванням.

Кришка чаші забезпечує герметичність робочого об'єму, має завантажувальний патрубок з дисковим затвором.





Рисунок 10 – Установа СИ-120

Плавитель сирної маси ПСМ складається з посудини з теплообмінною сорочкою для нагрівання і охолодження парою-водою, мотор-редукторів, мішалки та подрібнювального пристрою із трьома ножами.

Кришка посудини відкривається (закривається) за допомогою пневмоциліндра, який під час роботи фіксується за допомогою гвинтових фіксаторів.

Спорожнювання ємності відбувається пневматично або вручну. Подача інгредієнтів може здійснюватися вручну, або процес може бути автоматизований. (На замовлення клієнта виготовляється спеціальний клапан для подачі інгредієнтів у процесі плавлення).

Керування комп'ютеризоване – контролер з сенсорним екраном дозволяє задавати автоматичний або ручний режим управління технологічними процесами.

На кришці встановлена система підключення вакууму і привод верхньої мішалки, яка призначена для зняття налиплого продукту зі стінок чаші під час роботи.

Нижня мішалка служить для перемішування і подрібнення продукту. Її привод забезпечує плавне зміння частоти обертання у діапазоні 600...3000 об/хв. Система керування і автоматики виконана на базі промислового контролера.

У комп'ютер закладаються програми з різними параметрами (температура продукту, нагрівання, охолодження, вакуум, час до наступної операції, обертання мішалки, ножів та ін.), за якими можна стежити безпосередньо на екрані комп'ютера.



Рисунок 11 – Плавитель сирної маси ПСМ

Котел 30-200л має загальний об'єм бункера 250 л, (корисна ємність 200 л) виконаний з високоякісної нержавіючої сталі 1.4 301, крім мотор-редуктора, ущільнення вала, кінцевого вимикача і шкребкочисника стінок котла.

Основний корпус із двома знімними кришками для перевірок і техобслуговування, бункер котла для попереднього подрібнювання, змішування і плавки з термоізолюючою сорочкою опирається на шість опорних ніг на гумових основах з регулюванням висоти,  $D = 100$  мм.

Машина має центральне підключення до мережі стисненого повітря трубопроводом з редуктором.

Вигнута кругла відкидна кришка із силіконовим ущільненням відкривається пневматично. Керування проводиться за допомогою магнітних вентилів, задіяний кінцевий вимикач для позицій кришки „Відкрите“ і „Закрите“.

Система попереднього подрібнювання призначена для подрібнювання, змішування, гомогенізації, має три двох пелюсткові ножі, розташовані один до одного під кутом 90°.

Частотно-регульований мотор з датчиком перегріву, вал двигуна з нержавіючої сталі мінімум  $P = 4,4$  кВт,  $n = 500$  об/хв., ступінь захисту IP 55, максимум  $P = 24,9$  кВт,  $n = 2960$  об/хв.



Рисунок 12 – Котел для плавлення сирної маси типу 30-200л

#### 4 Оснащення робочого місця лабораторної роботи

Лабораторна установка для плавлення сирної маси складається з двох ємностей, внутрішньої 1 і зовнішньої 2, на дні якої міститься електронагрівач (ТЕН). На кронштейні 3, закріпленому на зовнішній ємності, встановлений електродвигун постійного струму 4 і під'єднаний до нього черв'ячний редуктор 5, на подовженому валу якого розташована гвинтова лопать мішалки 6.

Сировина, згідно з рецептурою, завантажується у внутрішню робочу ємність 1, яка встановлена в зовнішню ємність 2. У простір між стінками ємностей заливається вода, яка нагрівається за допомогою ТЕНу до температури 90...95 °С. З початком процесу плавлення сирної маси вмикається електродвигун мішалки, яка доводить сировинну суміш до потрібної рівномірної консистенції.

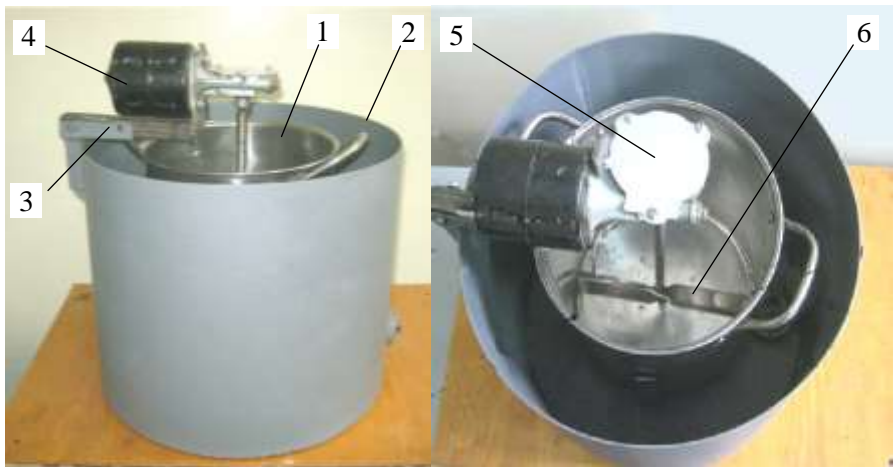


Рисунок 13 – Лабораторна установка для дослідження процесу плавлення сиру:

1 - робоча ємність; 2 - зовнішня ємність; 3 - кронштейн;  
4 - електродвигун; 5 - редуктор; 6 - мішалка.

Крім лабораторної установки робоче місце оснащується вагами, м'ясорубкою (або терткою), мірними ємностями, термометром.

## 5 Порядок виконання лабораторної роботи

5.1 Погодити з викладачем розмір порції плавленого сиру, яку потрібно приготувати під час проведення даної роботи;

5.2 Розрахувати потрібну кількість інгредієнтів для виготовлення потрібної порції сиру. Для порції 100 г необхідно витратити 149 г сировини: 44,7 г твердого сичужного сиру; 59 г кисломолочного сиру; 26, 3 г - молока; 15,4 г крупи манної; 1 г солі-плавителя; 2 г вершкового масла;

5.3 Подрібнити твердий сичужний сир і приготувати сирну суміш для виготовлення потрібної порції плавленого сиру \*\*;

\*\*Кисломолочний сир і манку розтирають з сіллю-плавителем (харчовою содою) до отримання шматочків діаметром 3 мм і залишають для дозрівання мінімум на 30 хв. при температурі не нижче 20 °С, оскільки при температурі, що не перевищує дану позначку, крупні молекули кисломолочного сиру не руйнуються і в готовому продукті можуть виникнути неоднорідні включення світлого кольору.

5.4 Під час дозрівання суміші залити воду в міжстінний простір лабораторної установки і підігріти її до температури 75...80 °С.

5.5 У дозрілу суміш долити молоко і завантажити в попередньо нагріту робочу ємність;

5.6 Увімкнути мішалку і плавити 3...5 хв. до однорідності при температурі 80...95 °С та частоті обертання мішалки 60 об/хв.

5.7 Додати подрібнений твердий сичужний сир та масло і плавити ще 2...3 хвилини.

5.8 Вивантажити готовий продукт у тару і охолодити.

5.9 Зважити готовий продукт і порівняти фактичну його масу з очікуваною – теоретичною;

5.10 Провести органолептичну оцінку одержаного сирного продукту за наступними показниками: 1) зовнішній вигляд; 2) колір; 3) аромат; 4) консистенція; 5) смак. Оцінити кожен наведений показник за бальною системою;

5.11 Сформулювати висновки по роботі;

5.12 Оформити звіт з роботи і захистити його у викладача.

## **6 Вимоги безпеки**

Під час проведення роботи додержуватись правил загальної інструкції з охорони праці, наведених у розділі „Загальні вимоги безпеки“.

## **7 Контрольні питання**

- 1 Схема технологічної лінії з виробництва плавленого сиру.
- 2 Класифікація машин і обладнання для здійснення процесу плавлення сирної маси.
- 3 Плавители періодичної дії, принцип дії та особливості будови.
- 4 Плавители безперервної дії, будова та принцип дії.
- 5 Які переваги мають плавители безперервної дії?
- 6 Основні джерела нагріву сирної маси в плавителях.
- 7 Які операції суміщають комбіновані плавильні агрегати?

## **8 Тестові завдання**

**1) На скільки груп залежно від форми упаковки, консистенції, смакових особливостей, способу обробки та призначення поділяють асортимент плавлених сирів?**

1. чотири;
2. п'ять;
3. шість.

**2) На якого розміру шматки нарізають сировину при її попередній підготовці?**

1. 25...30 мкм;
2. 50...70 мм;
3. 100...150 мм.

**3) На яких пристроях звичайно подрібнюють сирні компоненти під час операції по подрібненню сировини?**

1. вовчку;
2. кутеру;
3. гомогенізаторі.

**4) Загальна кількість солей, що уводяться при плавленні, не повинна перевищувати**

1. 2...3 %;
2. 0,2...0,3 %;
3. 10...15 %.

**5) У якому діапазоні температури звичайно підігрівують сирну масу при її плавленні?**

1. 50...70 °С;
2. 70...95 °С;
3. 95...125 °С.

**6) Для збереження плавлених сирів від пліснявіння доцільно використовувати...**

1. ...аскорбінову кислоту;
2. ...сорбінову кислоту;
3. ...ацетилсаліцилову кислоту.

**7) Одночасно з плавленням у робочій камері апарата можуть реалізовуватись такі операції як...**

1. ...подрібнення, перемішування, фасування;
2. ...подрібнення, перемішування, охолодження;
3. ... подрібнення, перемішування, формування.

**8) Упакований сир зберігають на складах, торговельних базах і холодильниках при температурі...**

- 1....від 0 до мінус 4 °С та відносній вологості 85...90% і 80...85%;
- 2....від 0 до плюс 4 °С та відносній вологості 85...90% і 80...85%.
- 3....від 10 до 16 °С та відносній вологості 85...90% і 80...85%.

**9) Мішалка якого типу застосовується для перемішування продукту в плавителі сирної маси ШКС-070?**

1. рамна мішалка;
2. лопатева мішалка;
3. пневматичний барботажний пристрій.

**10) За якими показниками проводиться органолептична оцінка продукту, одержаного в даній роботі?**

1. зовнішній вигляд; колір; аромат; консистенція; смак.
2. зовнішній вигляд; колір; аромат; щільність; смак.
3. зовнішній вигляд; колір; кислотність; консистенція; смак.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Бредихин С.А., Космодемьянский Ю.В, Юрин В.Н. Технология и техника переработки молока. М.: Колос, 2003. 400 с.

2. Шингарева Т.И., Раманаускас Р.И. Производство сыра. Минск: ИВЦ Минфина, 2008. 440 с.

3. Курочкин А.А. Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства. М.: Колос. 2001. 440 с.

4. Крусъ Г.Н., Тиняков В.Г., Фофанов Ю.В. Технология молока и оборудование предприятий молочной промышленности. М.: Агропромиздат, 1986. 280 с.

5. Голубев И.Г. Машины и оборудование для переработки молока: Каталог. М.: ФГНУ „Росинформагротех“, 2006. 348 с.

6. Баркан С.М., Кулешова М.Ф. Плавленые сыры. М.: Типография ВНИИПП, 1966. 283 с.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

## ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА НАПІВФАБРИКАТІВ У ТІСТІ

**Мета роботи:** отримання, розширення і поглиблення знань по технології, призначенню, принципам дії, будові, роботі обладнання для виробництва напівфабрикатів у тісті (пельменів, вареників).

Час виконання роботи 2 години.

### 1 Порядок виконання роботи

- провести моніторинг літературних джерел за темою даної лабораторної роботи, ознайомитись з теоретичними відомостями по роботі;

- розглянути принцип дії та будову натурних зразків технологічного обладнання, що використовується для формування виробів при виробництві пельменів і вареників;

- провести налагодження, регулювання і підготовку до роботи установки для виготовлення пельменів;

- виконати експериментальні дослідження процесу виготовлення пельменів (вареників);

- зробити аналіз результатів експерименту, сформулювати висновки за результатами роботи, оформити звіт з роботи і захистити його.

### 2 Завдання для самопідготовки

У процесі підготовки до заняття студент повинен:

**- вивчити і повторити:**

1) загальний технологічний процес виробництва заморожених напівфабрикатів у тісті;

2) призначення, принцип дії і будову основних марок обладнання для формування пельменів, вареників та ін.;

**- знати:** механізм формування м'ясних напівфабрикатів у тісті;

**- вміти:** проводити підготовку до роботи технологічне обладнання, користуватися вимірювальними приладами, проводити аналіз результатів експерименту.



### 3. Теоретичні відомості

#### 3.1 Асортимент заморожених напівфабрикатів

Сучасне виробництво напівфабрикатів у тісті налічує понад 200 виробів: пельмені, вареники (до 18 видів по конфігурації: півсфера, псевдозащип, півмісяць, рибка, черепашка, сфера, квадратні, у вигляді сонечка з вагою від 2 г до 30 грам), чебуреки, хінкалі, манти, піріжки із дріжджового тіста, самса, біляші з листового тіста, весняні рулончики, ravioli і т.п.

Найбільш поширеними видами морожених напівфабрикатів у тісті являються пельмені і вареники (рисунок 1).

Пельмені відносяться до січених напівфабрикатів, які випускається промисловістю тільки в замороженому вигляді.

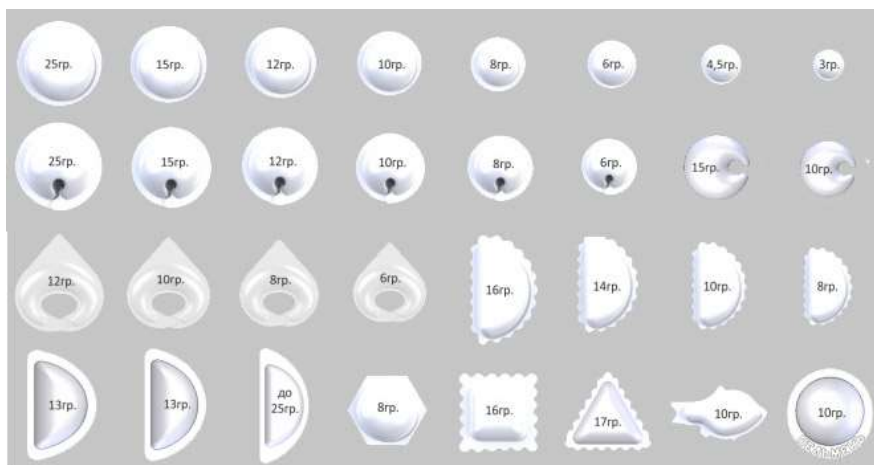


Рисунок 1 – Різні форми пельменів і вареників

### 3.2 Технологія виготовлення пельменів

Для виробництва пельменів застосовують яловичину, свинину, м'ясо птиці, субпродукти, жир, яйця і яйцепродукти, борошно пшеничне, концентрат соєвого білка, капусту, картоплю, цибулю, кухарську сіль і спеції. Фарш і тісто готують окремо

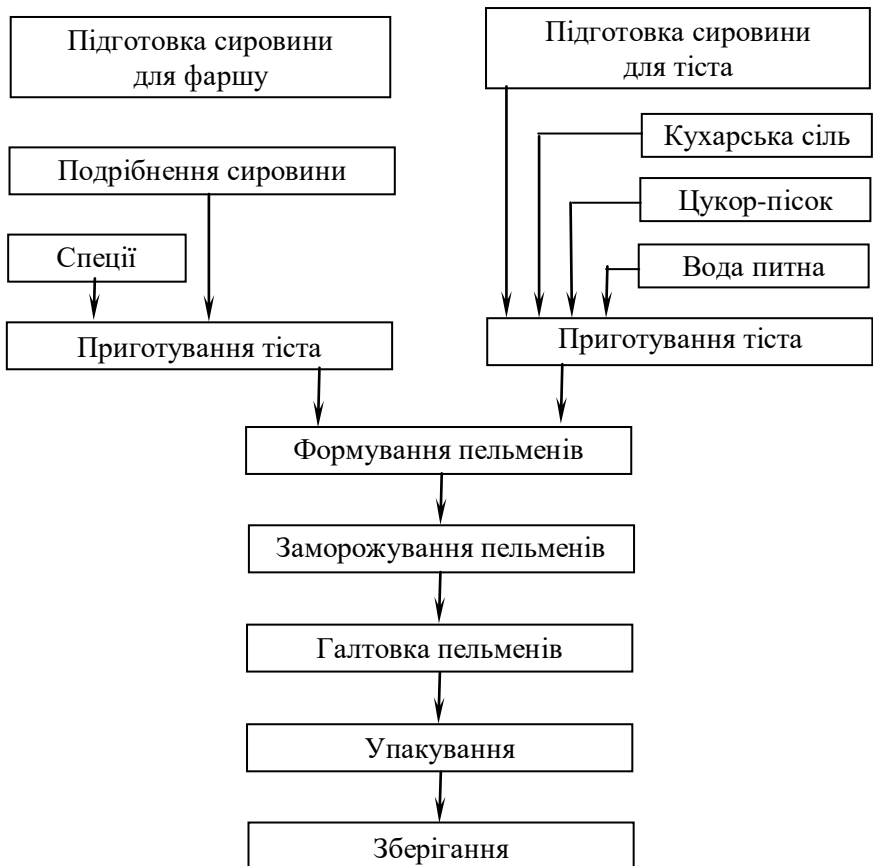


Рисунок 2 – Технологічна схема виробництва пельменів

При підготовці м'ясної сировини для виробництва пельменів обвалку і жилровку виконують за інструкціями, яких дотримуються у ковбасному виробництві.

Субпродукти (м'ясна обрізь, серце, м'ясо з голів, легені, рубець, свинячий шлунок, м'ясо стравоходу і калтика) теж піддають розбиранню та жиловці.

Під час жиловки із субпродуктів видаляють синці, залози, залишки шкіри, грубу сполучну тканину, кровonosні судини, лімфатичні вузли, дрібні кісточки і хрящі. Жиловане м'ясо і субпродукти для виготовлення пельменів використовують без попереднього засолу та витримання.

Перед готуванням тіста підготовляють вихідні компоненти. Борошно, отримане безпосередньо після помелу, витримують для дозрівання при температурі 20...25 °C і відносній вологості повітря 75...85 % не менше одного тижня. Попередньо готують суміші із хлібопекарського і макаронного борошна відповідно до рецептур пельменів. З метою запобігання попадання металевих домішок борошно просівають і пропускають через магнітні фільтри.

Пельменне тісто повинне бути однорідним, еластичним, добре склеюватися у швах при штампуванні, не розварюватися у воді, у вареному виді не прилипати до зубів і ясен, мати високу пластичність і містити від 39 до 42 % води. Для його одержання просіяне борошно температурою 18...20 °C завантажують у тістомісильну машину, додають відповідно до рецептури воду, сіль, меланж. Температура води для тіста повинна бути в межах 32...35 °C.

Тісто готують на агрегатах періодичної і безупинної дії. У першому випадку його перед формуванням пельменів витримують з метою підвищення пластичності протягом 40...60 хв. В агрегатах безупинної дії витримка тіста здійснюється у процесі перемішування перед формуванням пельменів.

Фарш для пельменів готують з остиглого, охолодженого або ж замороженого м'яса. Після жиловки його подрібнюють на вовчку через решітку, діаметр отворів якої 3...4 мм. Цибулю також подрібнюють на вовчку, але діаметр отворів решітки повинен бути 2 мм. Капусту подрібнюють на кутері.

Фарш складають відповідно до рецептур на фаршезмішувальних агрегатах періодичної або безперервної дії. Воду температурою не вище 10 °С додають у кількості 18...20 % маси м'ясної сировини.

При складанні фаршу на агрегатах безперервної дії попередньо регулюють масову і об'ємну дози компонентів (подрібнене яловиче, свиняче, бараняче або кінське м'ясо, м'ясо яловичих і свинячих голів, стравоходу, легені, м'ясо птиці механічної обвалки, варені фляки, шлунки, лук, спеції, сіль, воду) відповідно до рецептури. Видачу доз перевіряють 2- 3 рази в зміну. Фарш перемішують до одержання однорідної маси.

При складанні фаршу на агрегатах періодичної дії подрібнену м'ясну сировину перемішують, додаючи послідовно воду, цибулю, сіль та спеції до утворення однорідної маси.

Приготований фарш подається у пельменний автомат за допомогою різних завантажувальних пристроїв.

Формують пельмені з підготовленого тіста і фаршу на пельменних автоматах. По конструкції і компоновці автомати достатньо різноманітні, але за принципами дії мають багато спільних рішень.

Відформовані пельмені необхідно негайно направляти на заморожування. Пельмені заморожують на лотках, встановлених на полицях візків або на рамках, які поміщають у морозильні камери з природнім або штучним рухом повітря, а також у спеціальних швидко-морозильних апаратах, в основному, тунельного типу у потоці холодного повітря до температури в центрі фаршу мінус 10 °С и нижче. Для збереження смакових якостей і скорочення природніх втрат маси при заморожуванні пельмені слід заморожувати як можна швидко.

Тривалість заморожування пельменів залежить від температури, швидкості руху повітря, а також технічних засобів, що застосовуються.

При повільному і несвоечасному заморожуванні знижується якість пельменів і сильно збільшуються втрати (до 15...18%, тоді як при швидкому заморожуванні втрати складають 3...5%).

Тривалість процесу заморожування в камерних морозильниках близько 2 год. при температурі мінус 18...–23° С, у тунельних морозилках при –30° С і швидкості руху повітря 5 м/с пельмені заморожуються протягом 40 хв.

Пельмені, заморожені на лотках, знімаються з них на оббивальній машині за допомогою спеціальних плужків.

Заморожені пельмені піддають галтуванню, тобто обробці в перфорованому барабані, який обертається, щоб надати їм гладку відшліфовану поверхню і відокремити борошно, що залишилося від підсиання, та тістову крихту.

Заморожені пельмені упаковують у картонні коробки ємністю 350 і 500 г вручну або на спеціальних автоматах. Для мережі громадського харчування пельмені упаковують у паперові чи поліетиленові мішки, у коробки з гофрованого картону масою нетто не більш 10 кг.

Пельмені зберігають на підприємствах-виготовлювачах в упакованому виді при температурі не вищій за мінус 10 °С не більш ніж 1 місяця від дня виготовлення. При відвантаженні продукції зі сховища пельмені повинні мати температуру не вище – 10 °С.

### **3.3 Технологічна лінія для виготовлення пельменів**

На рисунку 3 показана поточно-механізована лінія для виробництва пельменів, створена на основі швидкоморозильного апарата Я10-ОАС. Використання його здійснюється в агрегуванні з модернізованим автоматом П6-ФПВ. У комплект устаткування входять тістомісильна машина ТМ-53 продуктивністю 900 кг/год., конвеєр подачі тіста, фаршмішалка Л ФМЦ-335 продуктивністю 3100 кг/год. з гідравлічним підйомником візків з фаршем, фаршевий насос А1-ФНК продуктивністю 9000 кг/год. з трубопроводом подачі фаршу і замірною арматурою, пельменний автомат П6-ФПВ продуктивністю 300...600 кг/год., стелажі і столи технологічні, візкі для тіста і фаршу та транспортування готової продукції, настільні ваги, швидкоморозильний апарат Я10-ОАС продуктивністю 300 кг/год.

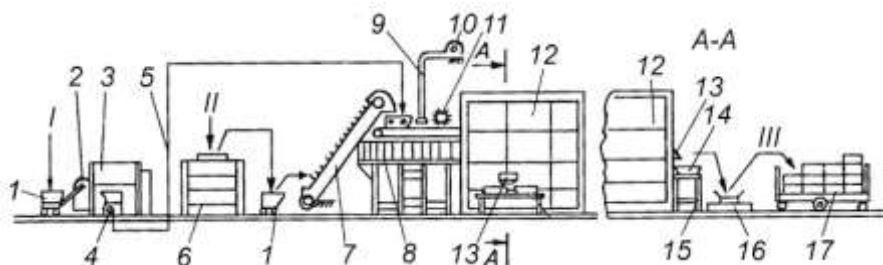


Рисунок 3 – Схема поточної лінії для виробництва пельменів:

*I* - компоненти фаршу; *II* - компоненти тіста; *III* - готова продукція.

1 - візки технологічні; 2 - гідравлічний підйомник; 3 - фаршмішалка; 4 - фаршевий насос; 5 - фаршепровід; 6 - тістомісильна машина; 7 - конвеєр завантаження тіста; 8 - пельменний автомат; 9- пристрій для обдуву фаршетістового джгута; 10- вентилятор; 11- барабан штампування пельменів; 12 - швидкозаморозувальний апарат; 13 - вікно вивантаження заморожених пельменів; 14 - ємності для приймання пельменів; 15 - приймальний стіл; 16 - тара для продукту; 17 - візок.

Тривалість охолодження продукту на підморожувальному конвеєрі складає 6...12 хв., загальна тривалість процесу від 15 до 40 хв.

Такий комплект устаткування дозволяє механізувати завантаження фаршмішалки, тістомісильної машини і пельменного автомата, механізувати та автоматизувати процеси заморожування і галтовки пельменів.

### 3.4 Технологічне обладнання для виробництва пельменів

Серед обладнання вітчизняного виробництва найпоширенішими є автомати для виробництва пельменів на малих і середніх підприємствах марок СУБ-2-67, СУБ-3-67, П6-ФПВ, ЯЗ-ФПО та варенично-пельменна машина ВПМ. Усі вказані машини використовують подібний принцип дії і відрізняються тільки конструктивними особливостями.

Принципова схема барабанного пельменного автомата представлена на рисунку 4.

Автомат має здвоєний бункер і витискачі для тіста і фаршу, а також формуючий пристрій та стрічковий конвеєр із приводом.

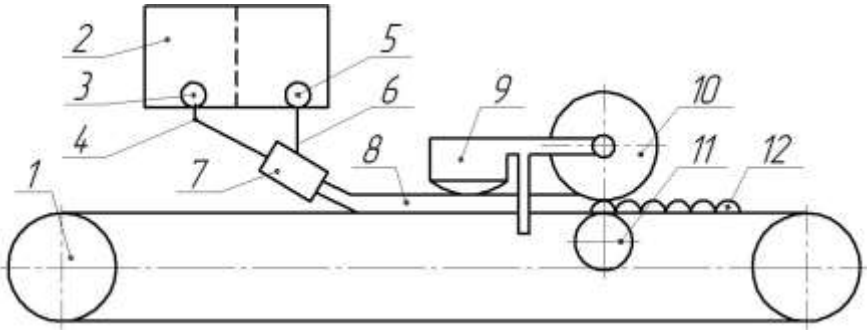


Рисунок 4 – Схема роботи пельменних автоматів:

1 - стрічковий конвеєр; 2 - подвійний бункер для тіста і фаршу; 3 і 5 - витискачі для тіста і фаршу; 4 і 6 - подавальні трубки для тіста і фаршу; 7 - формувальний пристрій; 8 - овальна трубка з тіста з фаршем; 9 - мучний бункер з ворошителем; 10 - штампувальний барабан; 11 - підтримуючий ролик; 12 - сформовані пельмені.

У якості витискача тіста служить гвинтовий шнек, а витискача фаршу – гвинтовий шнек і ротаційний насос.

Формуючий пристрій являє собою балон із двома трубками, що підводять тісто і фарш, причому трубка для фаршу проходить через балон наскрізь і на виході між нею і циліндричною стійкою балона утворюється овальна щілина. Тістова трубка проходить через цю щілину і заповнюється фаршем.

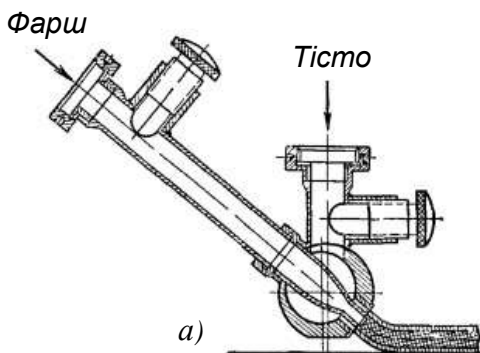


Рисунок 5 – Формувальний пристрій а) і штампувальний барабан б).

Пельмені утворюються за допомогою штампувальних барабанів. Готові пельмені видаляються з робочої зони конвеєром зі сталеву або прогумованою стрічкою.

**Автомат пельменний СУБ- 2-67** (рисунок 7) призначений для готування пельменів з тіста й м'ясного фаршу.

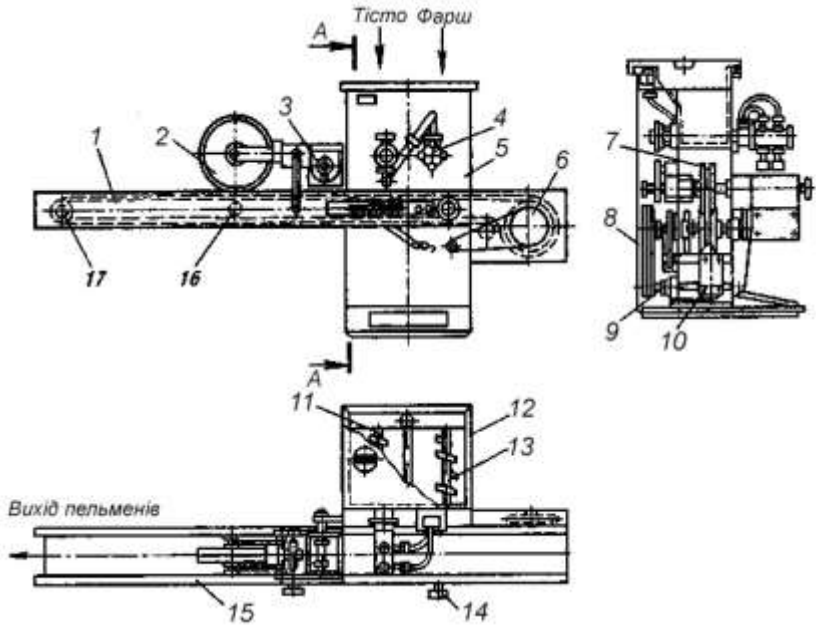


Рисунок 6 – Автомат пельменний СУБ- 2-67

1 - конвеєр; 2 - барабан; 3 - борошняний бункер; 4 - ротаційний насос; 5 - станина; 6 - приводний барабан; 7 - варіатор; 8 - кожух; 9 - електродвигун; 10- магнітний пускач; 11,13 - шнеки; 12 - здвоєний бункер; 14 - маховичок; 15 - рама; 16 - опорний ролик; 17 - натяжний ролик.

Автомат діє безупинно, при ручному завантаженні тіста і фаршу в бункер відбувається автоматичне та безвідхідне штампування пельменів.

При рухові конвеєрної стрічки барабани обертаються і, прокочуючись по начиненим фаршем тестовим трубкам, штамнують пельмені, які на підкладній дошці утворюють чотири ряди. Гнізда барабана мають розділові і клейові кромки.



При натисканні штампів на тістову трубку, заповнену фаршем, остання відтискується гніздами, звільняючи місце склеювання та поділу пельменів. При подальшому натиску штампів пельмені складаються. Розділова кромка продавлює тісто наскрізь і утворює проміжки між пельменями. При нормальному технологічному процесі виходять міцно склеєні пельмені, відстань між якими дорівнює 3...5 мм.

Перед штампувальними барабанами встановлений борошняний бункер з ворухителем. Він має отвори, через які на тістові трубки з фаршем, що проходять під ним, сиплеться борошно. Це запобігає прилипанню пельменів до гнізд барабанів. Борошно, що попадає на тістові трубки, розрівнюється двома гумовими шкребками, укріпленими на бункері. Кількість борошна регулюється шиберами. Борошно і шматочки тіста, які налипають на барабани, очищаються щіткою. Автоматом управляють за допомогою пульта керування.

Практично таку ж конструкцію має автомат СУБ-67-3, який відрізняється від СУБ-67-2 трьома штампувальними барабанами.

Розглянемо його кінематичну схему (рисунок 7).

Усі конструктивні елементи автомата приводяться у рух від одного електродвигуна 1 (асинхронного трифазного з короткозамкненим ротором) потужністю 4,5 кВт і частотою обертання 1450 об/хв. Обертальний рух від двигуна на вал 4 передається за допомогою клинопасової передачі 2. На валу 4 закріплені дві ведучих зірочки ланцюгових передач і ведучий шків клинопасового варіатора швидкості 5.

Перша ведуча зірочка через ланцюгову передачу 6 приводить у рух проміжний вал 10, від якого через ексцентрик 16 і тягу 17 передаються коливання на струшувач бункера для борошна.

Друга ведуча зірочка через ланцюгову передачу 6 обертає шнек подачі тіста 8 у відповідному бункері. Шнек фаршевого бункера з'єднаний з приводним валом 4 клинопасовим варіатором 5 і ланцюговою передачею 7. Регулюють швидкість варіатора переміщенням дисків веденого шківа гвинтовим пристроєм, що приводиться від маховичка, встановленого на передній панелі корпусу автомата.

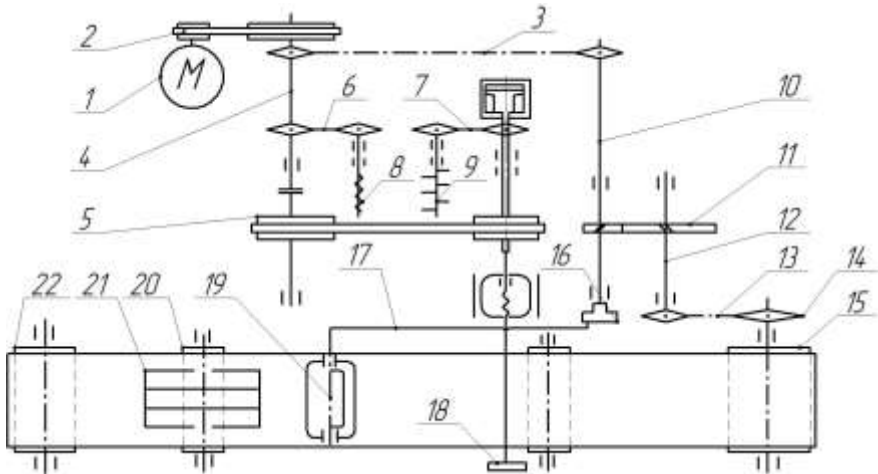


Рисунок 7 – Кінематична схема пельменного автомата СУБ-67-3

1 - електродвигун; 2 - клинопасова передача; 3, 6, 7, 13 - ланцюгові передачі; 4 - приводний вал; 5 - варіатор швидкості; 8 і 9 - шнеки подачі тіста і фаршу; 10, 12 - проміжні вали; 11 - зубчаста передача; 14 - вал ведучого барабана; 15 - ведучий барабан; 16 - ексцентрик; 17 - тяга; 18 - маховик регулювання варіатора; 19 - струшувач; 20 - опорний ролик; 21 - штампувальні барабани; 22 - натяжний ролик.

Ведучий барабан 15 конвеєра приводиться в обертання ланцюговими передачами 3 і 13 через проміжні вали 10 і 12 та зубчасту передачу 11. Частота обертання шнека подачі тіста 3,5 об/с (що складає 210 об/хв.), шнека подачі фаршу 1,1 м/с (66 об/хв.), швидкість стрічки транспортера 5,16 м/хв.

**Варенично-пельменна машина ВПМ** (рисунок 9) складається з двох основних частин - завантажувальної секції і транспортера з штампувальним барабаном. Завантажувальна секція виконана у вигляді тумби, у верхній частині якої розміщено два бункери: для тіста і фаршу. У бункерах змонтовані шнеки, які приводяться в обертання зірочками і ланцюговою передачею. Транспортер складається з рами, на якій змонтовано три ролики: ведучий, підтримуючий і ведений.

Над підтримуючим роликом встановлений штампувальний барабан, який за допомогою важеля з ексцентриком може підніматися або опускатися на рухому стрічку транспортера.



Рисунок 8 – Варенично-пельменна машина ВПМ модифікована

На лицьовій панелі завантажувальної секції машини вмонтовується тістопровід, роторний насос фаршу з фаршепроводом і формуючою насадкою. Насадка виконана так, що сплюснута трубка фаршепровода входить в овальний отвір тістопровода, при цьому між ними залишається овальна щілина шириною близько 2 мм. Таким чином, тісто, обтікаючи фаршепровід, формується в трубку овального перетину, яка одразу ж наповнюється фаршем. Далі тістова трубка з фаршем лягає на підкладні листи і рухається по стрічці транспортера до штампувального барабана.

Кінематична схема машини представлена на рисунку 9.

Завантажувальна секція машини виконана у виді тумби, у верхній частині якої розміщено два бункери: лівий – для тіста і правий – для фаршу. У лівому бункері змонтований конусоподібний шнек 17 з постійним кроком витків, діаметр яких поступово збільшується у напрямку до тістопроводу, куди нагнітається тісто.

У правому бункері встановлений циліндричний шнек 16 з постійним кроком витків. Шнек призначений для нагнітання фаршу в прийомну камеру ротаційного насоса. Ротор насоса одержує обертальний рух від шнека за допомогою овалного телескопічного з'єднання.

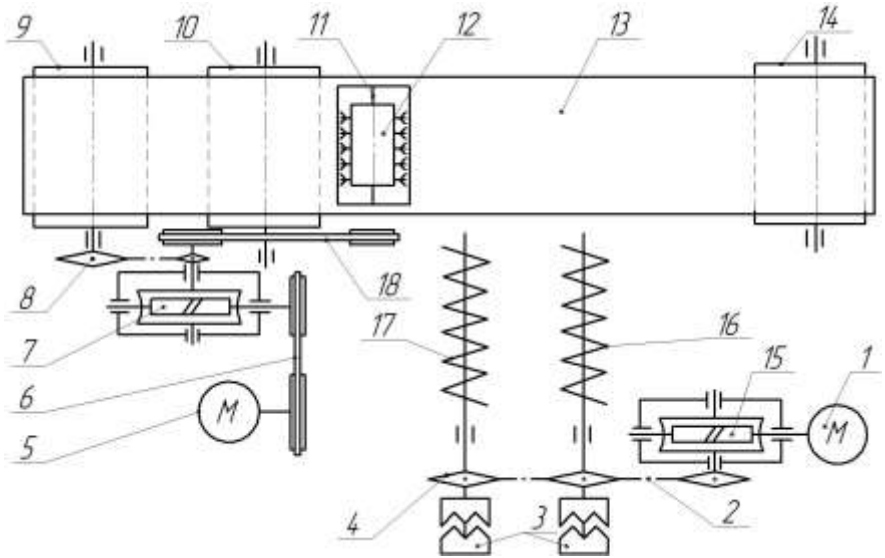


Рисунок 9 – Кінематична схема варенично-пельменної машини ВІМ

1 - електродвигун привода шнеків живильників; 2 - передача ланцюгова; 3 - муфти кулачкові; 4 - зірочки приводні; 5 - електродвигун привода транспортера; 6 - варіатор; 7 - редуктор черв'ячний; 8 - передача ланцюгова; 9, 10, 14 - ведучий, підтримуючий і ведений ролики; 11 - бункер для борошна; 12 - щітка; 13 - стрічка транспортера; 15 - редуктор черв'ячний; 16 - шнек для фаршу; 17 - шнек для тіста; 18 - передача клинопасова.

Шнеки приводяться в обертання зірочками 4 ланцюгової передачі 2, яка одержує обертальний рух від приводної станції з електродвигуном 1 і черв'ячним редуктором 15. Приводні вали шнеків оснащені кулачковими муфтами 3, що дозволяють автономно включати шнеки в роботу. Важелі вмикання муфт винесені на лицьову панель завантажувальної секції і розміщені в зручному для обслуговування місці.

Транспортер складається з рами, на якій змонтовано три ролики – ведучий 9, підтримуючий 10 і ведений 14. На ролики натягнута нескінченна прогумована стрічка 13. Над підтримуючим роликом встановлений штампувальний барабан, який за допомогою важеля з ексцентриком може підніматися або опускатися на стрічку транспортера, що рухається.

Поруч із штампувальним барабаном на рамі транспортера встановлений бункер 11 для борошна, усередині якого обертається кругла волосяна щітка 12. Щітка приводиться в обертання клинопасовою передачею 18 від привода транспортера. У днище бункера вставлена плетена сітка, що закривається заслінкою. Через сітку під час роботи машини просипається борошно на тістову трубку, що рухається. Для розрівнювання і зняття надлишку борошна з тістової трубки використовується гумова шторка, прикріплена до бункера. У момент, коли не проводиться штампування вареників або пельменів, сітка бункера перекривається заслінкою, у результаті чого припиняється подача борошна.

Транспортер приводиться у рух від електродвигуна 5, безступінчастим варіатором швидкості 6, а також черв'ячною 7 і ланцюговою 8 передачами. Безступінчастий варіатор швидкості забезпечує синхронність руху стрічки транспортера і тістової трубки з фаршем.

Транспортер установлений так, що завантажувальна секція машини розміщується у правій його частині. Це забезпечує можливість установки привода транспортера усередині завантажувальної секції машини. Зовнішні стінки завантажувальної секції і рами транспортера облицьовані декоративними щитками. На лицьовій панелі транспортера встановлені маховик варіатора швидкості, пускова апаратура електродвигуна привода шнеків і електродвигуна привода транспортера.

Пельменний настільний автомат *П6-НПА* (рисунок 10, а) є машиною безперервної дії, у якій за ручного завантажування тіста та фаршу в бункер здійснюється автоматичне та безвідходне штампування пельменів.

Автомат складається із станини з приводом, станини конвеєра, штампувального пристрою, пристрою для посипання борошном, формувальної головки і роликів для підтримування.

Станина являє собою зварний вузол, який складається з двох вертикальних стінок і вварених між ними обичайок, спарених бункерів для тіста і фаршу. Зверху бункери закриваються кришкою, зблокованою з пусковою апаратурою за допомогою мікроперемикача. До задньої стінки станини кріпиться корпус підшипників з валиками для обертання тістового та фаршевого шнеків, до передньої стінки приварено приймач тіста й фаршу.

Привод складається із двигуна, розташованого під бункерами, чотирьох пар шестерень і вала, який передає рух на приводний ролик стрічки конвеєра. Привод захищений кожухом.

Станина конвеєра складається із зварної рами, приводного та натяжного роликів і стрічки для транспортування лотків.

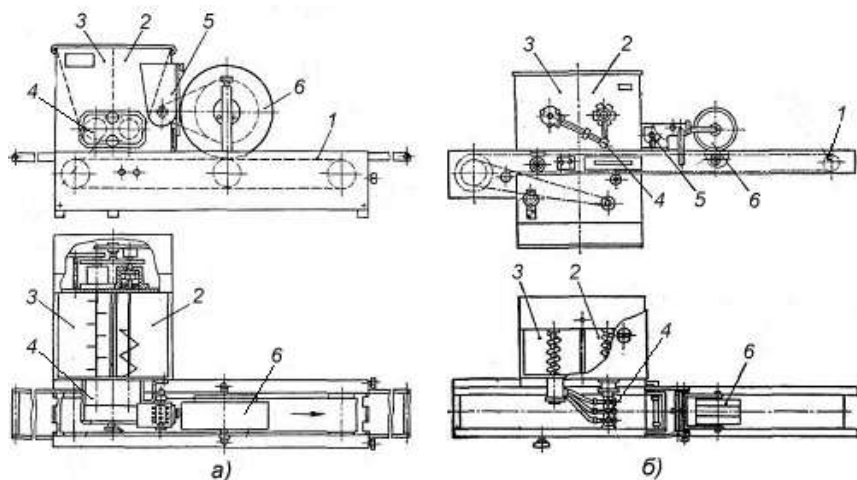


Рисунок 10 – Пельменні автомати: а) П6-НПА і б) П6-ФПВ (РПВ):

1 - транспортер; 2 - бункер для тіста; 3 - бункер для фаршу; 4 - формувальна головка; 5 - бункер для борошна; 6 - штампувальний барабан.

Регулювання та натяг стрічки здійснюються за допомогою двох гвинтів. Станина конвеєра кріпиться до станини з приводом за допомогою чотирьох болтів. Штампувальний пристрій складається з двох стійок, закріплених на станині конвеєра, підпружиненого штампувального барабана та опорного ролика.

Натискання барабана на лотки, необхідне для штампування пельменів, здійснюється двома пружинами і двома регулювальними гвинтами. Спеціальна гайка фіксує валик штампувального барабана.

Формувальна головка складається із зварених між собою камер для тіста і фаршу і фаршевої трубки овальної форми. Формувальна головка кріпиться двома гвинтами до приймального.

Для зручності обслуговування автомата під час роботи на стаціонарній конвеєрі з обох боків встановлено підтримувальні ролики.

Заповнення бункерів тістом і фаршем, а також укладання на стрічку порожніх лотків і зняття заповнених пельменями виконується вручну.

Показаний на рисунку 10, б) стаціонарний автомат **П6-ФПВ** має таку ж компоновку, як і автомат П6-НПА і відрізняється від нього лише конструктивними особливостями.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика пельменних автоматів

Найменування показника	Значення показника для автомата:		
	СУБ-2-67	П6-ФПВ	ВПМ
Продуктивність, кг/год.	400	400...600	120
Маса пельменя, г	$12 \pm 1,2$	$12 \pm 1,2$	10...25
Товщина тістової оболонки, мм	2	2	1,5...2,0
Установлена потужність, кВт	3,0	3,0	1,0
Габаритні розміри, мм	2800×930× ×1240	3000×1100× ×1320	2100×800× ×1240
Маса автомата, кг	450	830	160

З аналізу конструкцій автоматів СУБ-2-67, СУБ-3-67, П6-ФПВ і машини ВПМ можна зробити висновок, що принципових відмінностей у конструкції між ними немає. Вони відрізняються тільки розмірами, продуктивністю, кількістю барабанів. Наприклад у автомата СУБ-2-67 – два штампувальних барабана, у СУБ-3-67, П6-ФПВ – три. (Автомат СУБ-6 має шість, а В2-ФПК – дванадцять барабанів).

На даний час виробництво морожених напівфабрикатів в тістовій оболонці на малих підприємствах базується, в основному, на імпортному обладнанні. Більшість видів цього обладнання є технічно досконалим, універсальним, економічним і швидко переналагоджуваним. Головний недолік – це недостатність докладної технічної документації з даними по будові і конструктивних особливостях.

На рисунку 11 показаний комплекс устаткування *АП-250*, призначений для формування пельменних виробів з тіста з начинкою у вигляді м'ясного фаршу.

Комплекс складається з автоматичного пристрою з формування пельменів з насосом подачі фаршу (шнекового типу, виробництво NEMO), транспортера для відводу готової продукції і пристрою подачі тіста. Пельменний апарат є машиною напівавтоматичної дії і включає у себе електрошафу з автоматикою та пульт керування, який дозволяє операторові регулювати окремо частоту швидкості формувальних барабанів і частоту швидкості подавального насоса для збільшення або зменшення швидкості подачі фаршу, вмикання і вимикання апарата, аварійне відключення.

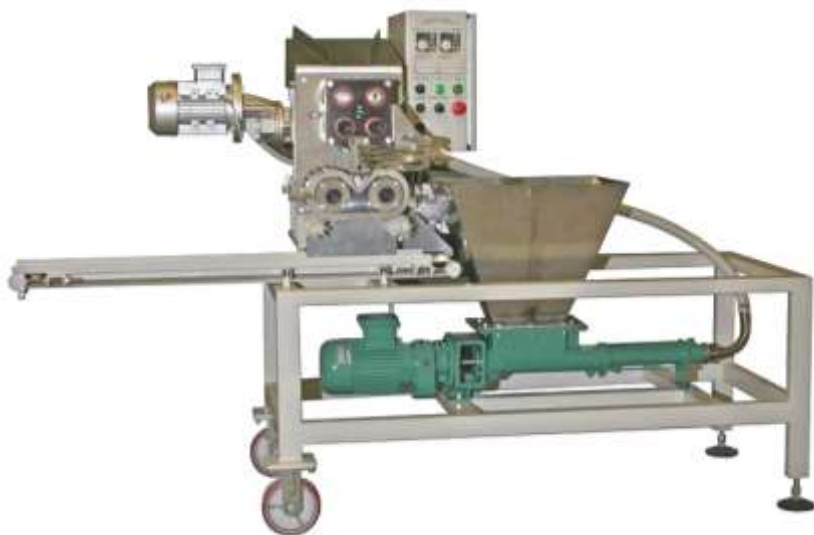


Рисунок 11 – Комплекс для формування пельменних виробів АП-250



Кінематичний вузол включає у себе мотор-редуктор привода валків, мотор-редуктор привода формувальних барабанів, привод транспортера.

Підготовлене тісто подається оператором у прийомний бункер вузла тістоподачі, де пара валків подає тісто на робочий шнек, під дією якого воно проходить через філь'єру, здобуваючи форму смуги прямокутного перетину (30×95 мм). Ця смуга подається безпосередньо в розкочувальні валки пельменного автомата. Швидкість подачі тесту автоматично регулюється за допомогою датчика.

Розкатані дві тістові стрічки подаються на формувальні барабани. М'ясний фарш з накопичувальної воронки фаршнасоса поліамідними трубками подається у дозатор між формувальними барабанами та розкатаними тістовими стрічками. При обертанні в матрицях формувальних барабанів відбувається ліплення готового пельменя, який від формувального барабана відділяється штовхачем і падає на транспортер.

Пельменний автомат **АП400(600)Pro** призначений для виготовлення з тіста виробів типу пельмені й вареники з різними видами вареничних начинки і м'ясних фаршів. Форма й конфігурація виробу виконується за індивідуальним замовленням.



Автомат комплектується із трьох модулів - автомата виготовлення пельменів, пристрою розкатки тіста та фаршевого насоса. Модулі монтують на колісних опорах, що дозволяє їх легко та швидко переміщати. Застосовуються змінні барабани для формування різних видів пельменів.

Рисунок 12 – Автомат пельменний АП400(600)Pro

Для переходу на іншу форму виробу досить переміняти тільки формувальні барабани.

Залежно від складу пельменних (або вареничних) начинок автомат може бути укомплектований різними насосами (шестеренним або гвинтовим);

Конструкція машини дозволяє використовувати недріжджове тісто, з м'яких сортів пшениці.

Пристрій розкатки тіста дозволяє використовувати при завантаженні тісто шматком будь-якої форми – не потрібне виготовлення заготовок тіста, що веде до мінімальних відходів тіста і можливості його вторинного використання.

#### Технічна характеристика автомата АП400(600)Pro

Продуктивність, кг/год.	до 600(1000)
Кількість рядів формування	2...5 (3...7)
Точність формування, %	±10
Маса виробу, г	3...25
Установлена потужність, кВт	5,0
Живлення	3 ф., 380В, 50 Гц
Габаритні розміри (Д×Ш×В), не більш, мм	3150×1650×1800
Маса, не більш, кг	400 / 480

Пельменні автомати *серії JGL* (Китай) користуються підвищеною популярністю через простоту в експлуатації, використання сучасних технологій, надійності і оптимального співвідношення ціна/якість.

Автоматичні формувальні машини можуть змінювати як товщину тіста, так і кількості начинки. Машини зручні в роботі і прості в обслуговуванні. Пельменні апарати виготовляють пельмені, вареники практично з будь-якою начинкою (м'ясною, овочевою, сирною, грибною, фруктовою і т.д.). Апарати застосовуються для виготовлення пельменів у пельменних цехах, малих підприємствах, фабриках-кухнях і т.п.



Рисунок 13 – Пельменні автомати серії *JGL*

Таблиця 2 – Техніко-технічна характеристика автоматів серії *JGL*

Модель	JGL 120-5B	JGL 135	HLT-630
Продуктивність, шт/год.	7200	8100	7000...8000
Вага пельменя, гр.	15...20	12...17	5...7, 10...12, 18...20
Споживана потужність, кВт	1,1	1,1	1,5
Габаритні розміри, мм	990×470× ×1150	990×470× ×1150	500×1010× ×1515
Маса, кг	160	160	240

Відмінною рисою автоматів *HLT 700 XL* і *HLT-700* від АНКО (Тайвань) є їх багатофункціональність. На одній базі апарата по виготовленню напівфабрикатів можна виробити до 200 видів виробів з тіста з начинкою.

Це пельмені і вареники (різної форми), хінкалі, манти, чебуреки, піріжки, біляші, бурятські пози (буузи), самса, м'ясні палички, равіолі (круглі, квадратні, прямокутні), пельмешки для дітей у вигляді ведмедика, черепашки, мавпи, рибки, літер алфавіту та ін.

Вагу виробу можна настроїти від 2 до 200 грам. Співвідношення тіста і начинки може бути змінене від 70% / 30% до 30% / 70%. Можуть бути використані різні начинки від жирних пельменних фаршів до різних вареничних начинок з додаванням капусти або картоплі, при цьому цільні кускові включення можуть досягати розміру до 10 мм.

Настроювання машини і переналагодження з продукту на про-

дукт відбувається протягом 5...10 хвилин, при цьому кількість браку є мінімальною.

Використання інструмента для складання і розбирання формувальника зведене до мінімуму. У результаті апарат повністю легко розбирається протягом кількох хвилин для миття та гігієнічної обробки.

Переваги, особливо універсальність і простота у використанні, роблять автомати для виготовлення пельменів і вареників ANKO практично ідеальними як для невеликих пельменних підприємств, так і для середніх цехів.



Рисунок 14 – Автомат пельменний *HLT 700 XL*

#### 4 Оснащення робочого місця лабораторної роботи

Лабораторна установка для формування пельменів (рисунок 16) розроблена на базі настільного пельменного автомата *П6-НП2-А*

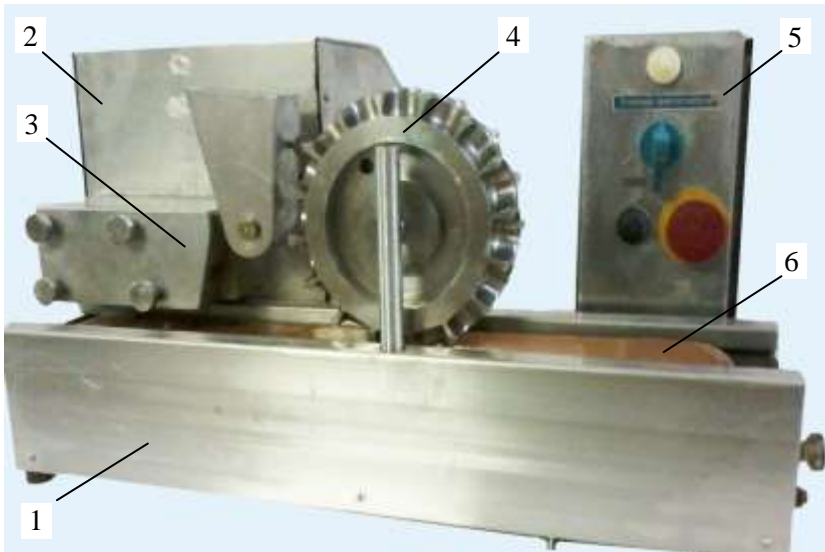


Рисунок 15 – Лабораторна установка для формування пельменів:

1 - рама; 2 - подвійний бункер для тіста і фаршу; 3 - формувальний вузол; 4 - штампувальний барабан; 5 - блок керування; 6 - транспортер.

Будова установки практично ідентична конструкції пельменного автомата П6-НПА, схема якого показана на рисунку 10.

Установка складається з двох основних частин: приводної секції і стрічкового конвеєра. У верхній частині приводної секції розташований подвійний бункер для тіста і фаршу, в яких змонтовані живлячі шнеки, що подають тісто і фарш у формуючу насадку для створення тістової трубки з фаршем. Формувальна насадка, штампувальний пристрій, конвеєр повторюють конструкцію автомата П6-НПА.

Крім лабораторної установки робоче місце лабораторної роботи оснащується вимірювальним комплектом (V-A-W) марки К-505, тахометром, цифровими вагами 0...5 кг, секундоміром, штангенциркулем і вимірювальною лінійкою, ємностями для фаршу і тіста.

## 5 Порядок виконання лабораторної роботи

5.1 Ознайомитись з теоретичними відомостями про будову і принцип дії лабораторної установки для формування пельменів.

5.2 Розібрати машину, уявити конструкцію вузлів і деталей: форму і розташування подвійного бункера тіста і фаршу, конструкцію шнеків, їх кріплення, будову формувального пристрою і штампувального барабана.

5.3 Скласти кінематичну схему машини і виконати ескіз штампувального барабана.

5.5 Зібрати установку, підключити вимірювальний комплект К-505, виміряти потужність, потрібну на холостому ході, частоту обертання електродвигуна, подавальних шнеків.

5.7 Наповнити завантажувальний бункер тістом і фаршем.

5.8 Увімкнути машину, відмічаючи час її роботи за секундоміром. Заміряти потужність двигуна при роботі під навантаженням.

5.9 Після закінчення процесу формування вимкнути машину, відмітивши час за секундоміром.

5.10 Підрахувати кількість відформованих пельменів, визначити масу одного. Оцінити якість пельменів (за правильністю форми, міцності з'єднання, тощо).

5.11 Розібрати робочу зону машини, частини, які контактували з продуктом, ретельно промити гарячою водою, протерти і просушити.

5.12 Записати результати проведених дослідів у журнал спостережень (таблиця 1).

Таблиця 1 – Журнал спостережень лабораторної роботи

Показник	Значення
1 Потужність електродвигуна, Вт на холостому ході; під навантаженням; корисна.	
2 Частота обертання, об/хв.: електродвигуна; барабана конвеєра; штамп. барабана.	
3 Час робочого циклу машини, с	
4 Кількість виробів, шт.: відформованих, неповноцінних, відсоток відходів, %	
5 Дійсна продуктивність: штучна, шт./с, масова, кг/с	
6 Питома витрата електроенергії, Вт·с/кг	

## 6 Вимоги безпеки

Під час проведення роботи слід дотримуватись правил загальної інструкції з охорони праці, наведених у розділі „Загальні вимоги безпеки“. Точки підключення вимірювального комплексу К-505 до електродвигуна повинні бути надійно ізольовані.

## 7 Контрольні питання

1. Назвіть асортимент заморожених напівфабрикатів.
2. Основні операції технологічного процесу виготовлення заморожених напівфабрикатів.
3. Основне обладнання для виробництва заморожених напівфабрикатів у тістовій оболонці, його характеристики.
4. Технічні вимоги до виробництва пельменів і вареників.
5. Автомати пельменні серії СУБ, будова та принцип дії, основні характеристики.
6. Варенично-пельменна машина ВПМ, принцип дії, будова, кінематична схема.
7. Автомати пельменні П6-ФПВ П і П6-ФПВ, будова та принцип дії.
8. Пельменні апарати серії АП, будова, переваги і недоліки.
9. Порівняльна характеристика автоматів серії *JGL*.
10. Відмінні риси автоматів *HLT 700 XL* і *HLT-700* фірми ANKO.

## 8 Тестові завдання

**1) Які наведені продукти не відносяться до заморожених напівфабрикатів у тістовій оболонці?**

1. равіоли;
2. рамштекс;
3. хінкалі.

**2) Яке обладнання у потоковій лінії по виробництву заморожених пельменів позначається як Я10-ОАС?**

1. тістомісильна машина;
2. фаршмішалка;
3. морозильний апарат.

**3) На яких пристроях звичайно подрібнюють компоненти фаршу під час операції по подрібненню сировини?**

1. вовчку;
2. колоїдному млині;
3. гомогенізаторі.

**4) При якій температурі в морозильній камері звичайно заморожують пельмені?**

1.  $-18...-23^{\circ}\text{C}$ ;
2.  $+1,8...+2,3^{\circ}\text{C}$ ;
3.  $-1,8...-2,3^{\circ}\text{C}$ .

**5) При якій температурі рекомендують зберігати заморожені пельмені?**

1. не вище 0 °С;      2. не вище 10 °С;      3. не вище – 10 °С.

**6) Для змінення частоти обертання подавальних шнеків і транспортера машини СУБ-67-3 застосовують...**

1. ...ланцюговий варіатор;      2. ...клинопасовий варіатор;  
3. ...електродвигун постійного струму.

**7) Який з наведених пельменних автоматів СУБ-2-67, П6-ФПВ і ВПМ має найменшу продуктивність?**

1. П6-ФПВ;      2. СУБ-2-67;      3. ВПМ.

**8) Скільки рядів формування забезпечує конструкція автомата АП400Pro?**

1. 1...3;      2. 2...5;      3. 3...6.

**9) Скільки електродвигунів застосовують для привода варенично-пельменної машини ВПМ?**

1. один;      2. два;      3. три.

**10) До скількох видів продукції можна виробляти на автоматі *HLT 700 XL*?**

1. до 10;      2. до 20;      3. до 200.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Рогов И.А., Забашта А.Г., Ибрагимов Р.М., Забашта Л.Л. Производство мясных полуфабрикатов и быстрозамороженных блюд. М.: Колос, 1997. 335 с.

2. Бредихин С.А., Бредихина О.В., Космодемьянский Ю.В., Никифоров Л.Л. Технологическое оборудование мясокомбинатов. М.: Колос, 2000. 392 с.

3. Шаршунов В.А., Кирик И.М. Технологическое оборудование мясоперерабатывающих предприятий. Минск: Мисанта, 2012. 696 с.

4. Голубев И.Г., Горин В.М., Парфентьева А.И. Оборудование для переработки мяса. Каталог. М.: ФГНУ „Росинформагротех“, 2005. 220 с.

5. Елхина В.Д. Оборудование предприятий общественного питания. Т.1: Механическое оборудование. М.: Экономика, 1987. 447 с.



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

### ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

**Мета роботи:** закріплення лекційного матеріалу за темою роботи, вивчення технології, будови і принципу роботи обладнання для виробництва м'ясних напівфабрикатів.

Час виконання роботи 2 години.

#### 1 Порядок виконання роботи

- повторити і закріпити теоретичний матеріал з технології виробництва м'ясних напівфабрикатів;
- розглянути принцип дії та будову діючого обладнання підприємств для виготовлення м'ясних січених напівфабрикатів;
- ознайомитись з натурними зразками обладнання для виробництва м'ясних напівфабрикатів, уявити основні питання їх налагоджування і експлуатаційні і технологічні регулювання;
- скласти машинно-апаратурні схеми основних видів потокових ліній з виробництва м'ясних напівфабрикатів;
- зробити порівняльний аналіз різних видів обладнання;
- провести експериментальну частину роботи, обробити результати дослідів, сформулювати висновки, оформити звіт з роботи.

#### 2 Завдання для самопідготовки

У процесі підготовки до заняття студент повинен:

- **вивчити і повторити:** класифікацію, призначення, принцип дії, будову та конструктивні особливості технологічного обладнання для виробництва м'ясних напівфабрикатів;
- **знати:** правила експлуатації машин і обладнання, які використовуються при виробництві м'ясних напівфабрикатів;
- **вміти:** проводити налаштування технологічного обладнання, користуватися довідковою і спеціальною літературою, проводити аналіз, сформулювати висновки за результатами роботи.

## 3 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Загальні відомості про січені м'ясні напівфабрикати

Січені (або рубані) напівфабрикати – це вироби, виготовлені з м'ясного фаршу, який готують з яловичого, свинячого і баранячого котлетного м'яса, що складається зі шматків м'язової тканини неоднакової маси і форми, що залишилися при зачищенні великих шматків і порційних напівфабрикатів з м'якоті ший, пащини і покромки яловичини (які залишилися від туш II категорії), а також із ший баранини і телятини. З урахуванням рекомендацій за раціональним використанням сировини розроблені рецептури котлет з додаванням субпродуктів, кров'яних продуктів і іншої додаткової сировини.

Крім м'ясної сировини при їх виробництві використовують меланж, яєчний порошок, пшеничний хліб, соєві і молочні білкові препарати, плазму крові, цибулю і городину (капусту, картоплю, моркву), а також сухарне борошно та спеції.

Основний асортимент м'ясних січених напівфабрикатів наведено на рисунках 1 і 2.



Рисунок 1 – Асортимент січених напівфабрикатів

Напівфабрикати з одного рубаного м'яса виробляють рідко за технологічних причин, зокрема за незадовільну структуру фаршу, а також з економічних міркувань.

Інші компоненти, які застосовують для виготовлення рубаних напівфабрикатів, звичайно дешевші за м'ясо, що знижує собівартість кінцевого продукту. Такі добавки, як хліб, картопля, ячні продукти, білки стабілізують структуру фаршу і поліпшують консистенцію готових виробів.

Котлети, біфштекси, шніцелі, ромштекс, фарш виробляють в охолодженому і замороженому виді. У рубаних напівфабрикатів, які випускають тільки в замороженому виді, відносяться фрикадельки, кнелі, крокети та ін..

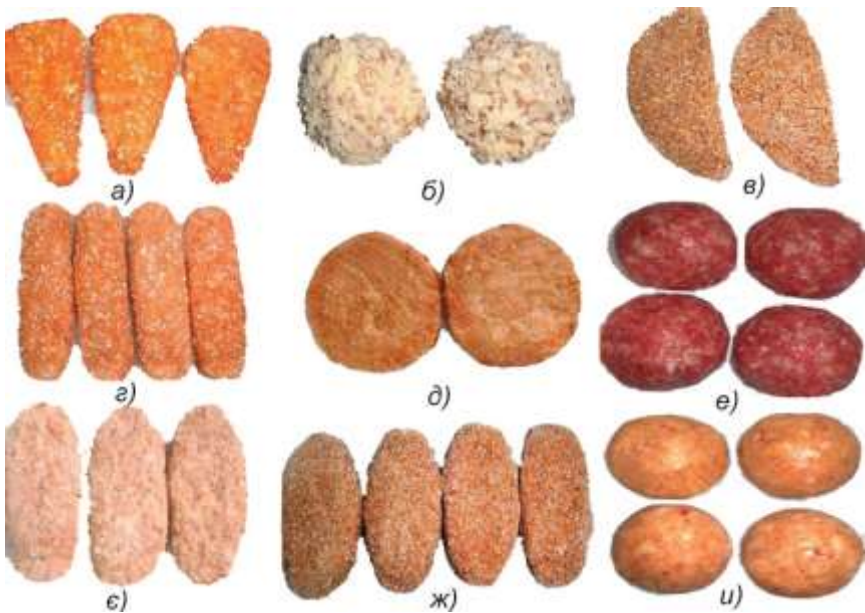


Рисунок 2 – Фото деяких видів січених м'ясних напівфабрикатів:

- а) нагетси з м'яса птиці;
- б) кульки з м'яса птиці;
- в) котлети Київські;
- г) палички з м'яса птиці;
- д) котлети Янтарні;
- е) фрикадельки домашні;
- є) зрази „По-флотськи“;
- ж) шніцель Луговий;
- и) тефтельки.

У рецептах рубаних напівфабрикатів регламентують масову частку вологи, жиру, кухарської солі, хліба (якщо він передбачений рецептурою), а також масу однієї порції.

Деякі рублені напівфабрикати панірують, тобто змочують у льезоні (збите куряче яйце) і обвалюють у дрібно подрібненій сухарній (панірувальній) масі

Кожний вид січених напівфабрикатів повинен відповідати відповідним органолептичним і фізико-хімічним показникам. Для котлет, ромштекса і биточків характерна опукло-приплющена форма, для шніцелів – довгаста, для фаршу та біфштексів – прямокутна (у вигляді брикетів), для фрикадельок – куляста або подовжено-куляста.

На розрізі рубані напівфабрикати повинні мати вигляд добре перемішаного фаршу.

Процес виготовлення напівфабрикатів включає наступні операції: обвалювання і жилування, подрібнення м'яса на вовчку з діаметром отворів вихідної решітки 2...3 мм, подрібнення замоченого хліба, змішування складових частин фаршу у відповідності з рецептурою, формування, панірування, додаткове формування напівфабрикатів, пакування у ящики та їх пломбування (рисунок 3).

Підвищений вміст у котлетному м'ясі сполучної тканини і складність її будови обумовлюють необхідність його подрібнення. При подрібненні сполучної тканини руйнується її структура, що сприяє зменшенню видалення вологи з м'язової тканини.

Крім того, при подрібненні м'язової тканини різко збільшується поверхня утворюючих її білкових систем, а, значить, підвищується вологоутримуюча здатність при додаванні до м'ясного фаршу води або молока, особливо в присутності повареної солі, що підвищує соковитість готових виробів.

Вироби, які приготвлені з натурального м'ясного фаршу (без додавання хліба), мають пористо-губчасту структуру, добре розжовуються, але відрізняються зайвою щільністю і „гумовістю“.

Тому для підвищення соковитості і ніжності виробів з січеного м'яса до нього додають черствий хліб, що має крихку консистенцію, добре поглинає вологу і рівномірно розподіляється у фарші.



Рисунок 3 – Технологічна схема виробництва січених напівфабрикатів

При виготовленні сировини для січених виробів м'ясо, шпик, жир-сирець, цибулю і замочений хліб подрібнюють на м'ясорубці або вовчку.

Меланж розморожують і проціджують, панірувальну суміш просівають, сіль використовують у сухому вигляді або ж розчиняють і фільтрують. Шпиг для біфштексів подрібнюють на шпигорізках або вручну.

М'ясний фарш являє собою однорідну масу без кісток, хрящів, сухожилів, грубої сполучної тканини, кров'яних згустків і плівок. Фарш змішують і перемішують у фаршезмішувачах періодичної або безперервної дії.

Перемішування фаршу продовжується 4...6 хв. Щоб знизити температуру готового фаршу, частину необхідної за рецептурою води замінюють харчовим льодом.

Для формування котлет і біфштексів використовують автомати. Готові напівфабрикати мають круглу, кругло-приплюснену форму, без розірваних і ламаних країв. Поверхня біфштекса рівна, не панірована; котлет - покрита панірувальними сухарями.

Смак і запах рублених напівфабрикатів у сирому виді повинні бути властивими доброякісній сировині, у смаженому – властивими смаженому продукту. Поверхня панірованих напівфабрикатів повинна бути рівномірно посипана панірувальними сухарями.

Частину січених напівфабрикатів виробляють у замороженому стані (фрикадельки, крокети м'ясні, палички м'ясні та ін.). Їх формують на автоматах, заморозують у швидкоморозильних апаратах при температурі мінус 15...23 °С і фасують у картонні коробочки масою 300, 350 і 500 г.

### **3.2 Обладнання для виробництва січених напівфабрикатів**

Лінія **К6-ФЛІК-200** (рисунок 4) призначена для готування м'ясних січених напівфабрикатів або рибних котлет масою 50 і 75 г з укладанням їх на лотки.

На лінії виконують наступні операції: подрібнювання м'ясної і жирової сировини, готування хлібної маси (для котлет), підготовка соєвих білкових препаратів, готування фаршу, формування і двостороннє панірування рублених напівфабрикатів, укладення їх на лотки по 40 шт.

До складу лінії входять вовчок МП-2-160 для подрібнення м'яса, жиру, капусти, картоплі, соєвих білкових препаратів, насадка МП-2-160Н для транспортування подрібненої сировини в мішалку, вовчок МП-82 для подрібнювання хліба, ванна ВХ-370 для хлібної маси, фаршмішалка К6-ФММ-150, накопичувач із ротаційним насосом КФ-НФ-200, фаршепровід, котлетний автомат К6-ФАК-50/75.

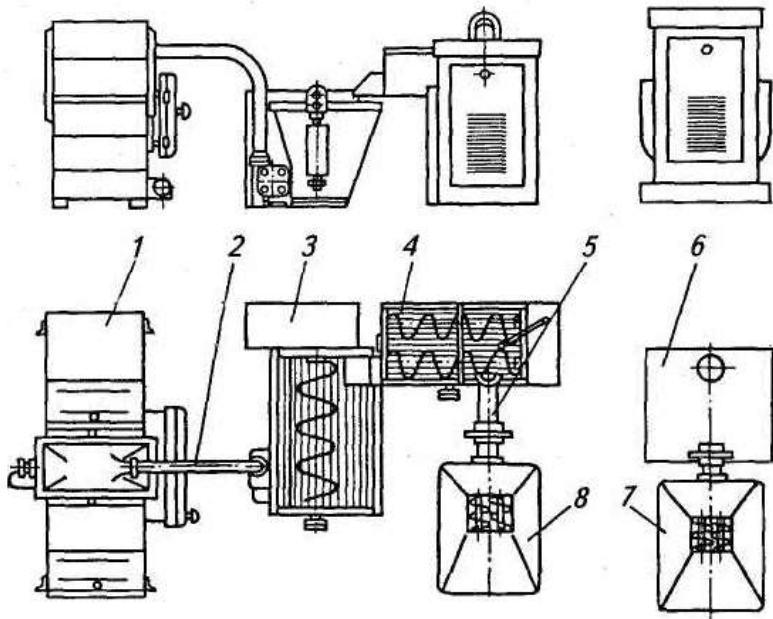


Рисунок 4 – Лінія К6-ФЛК-200 для готування котлет:

1 - котлетний автомат К6-ФАК-50/75; 2 - фаршепровід; 3 - накопичувач з ротаційним насосом К6-ФНФ-200; 4 - фаршмішалка К6-ФММ-150; 5 - насадка МП-2-160Н; 6 - ванна для хлібної маси ВХ-370; 7 - вовчок МП-2-160, 8- вовчок МП-82.

При роботі лінії накопичувач із ротаційним насосом і котлетний автомат працюють безупинно, вовчки і фаршмішалка – періодично. За один цикл тривалістю 6 хв. готується 100 кг фаршу.

При пуску лінії у роботу вмикають вовчок і завантажують у його прийомний бункер спочатку цибулю, жир та інші компоненти, які передбачені рецептурою (капусту, картоплю, соєві білкові препарати), а вже потім м'ясо.

Подрібнена маса надходить через насадку вовчка у фаршмішалку, куди додають сіль, перець і хлібну масу.

Готовий фарш вивантажують за допомогою робочих шнеків фаршмішалки в накопичувач з ротаційним насосом (по 100 кг через кожні 6 хв.), звідки по фаршпроводу транспортують у дозувально-формувальний пристрій котлетного автомата. Вручну знімають лотки й укладають їх у транспортні ящики або касети, які направляють на охолодження або заморожування. Лінію обслуговують п'ять осіб.

#### Технічна характеристика лінії напівфабрикатів

Продуктивність, шт/год.	20000
Установлена потужність, кВт	36
Діаметр котлети, мм	65
Зовнішні розміри лотків, мм	568x376x30
Припустима похибка дозування, %	5
Займана площа, м <sup>2</sup>	11,5
Маса, кг	2900

Автомат котлетний **АК2М-40** (рисунок 5) призначений для дозування фаршу і формування котлет, шніцелів, тефтельок, биточків, ромштексів та ін. на підприємствах невеликої потужності.

Завантажувальний циліндр має шестилопатовий гвинт, який натискає на фарш, який перебуває у циліндрі, а також щільно та рівномірно заповнює формуючі кишені столу, що обертається.

Завантажувальний циліндр автомата та шестилопатовий гвинт для зручності промивання і очищення робочої частини машини виготовляють знімними. У днищі завантажувального циліндра розташований овальний отвір. Через нього фарш із циліндра надходить у формуючі кишені столу.

На опорну плиту, розташовану на валику стола, опираються нижні торцеві зрізи поршнів при проходженні під циліндром. Положення опорної плити змінюють шляхом обертання рукоятки, що діє на регулятор і зміщує за віссю валик з опорною плитою. У такий спосіб регулюють об'єм кишень столу і, отже, масу дози.



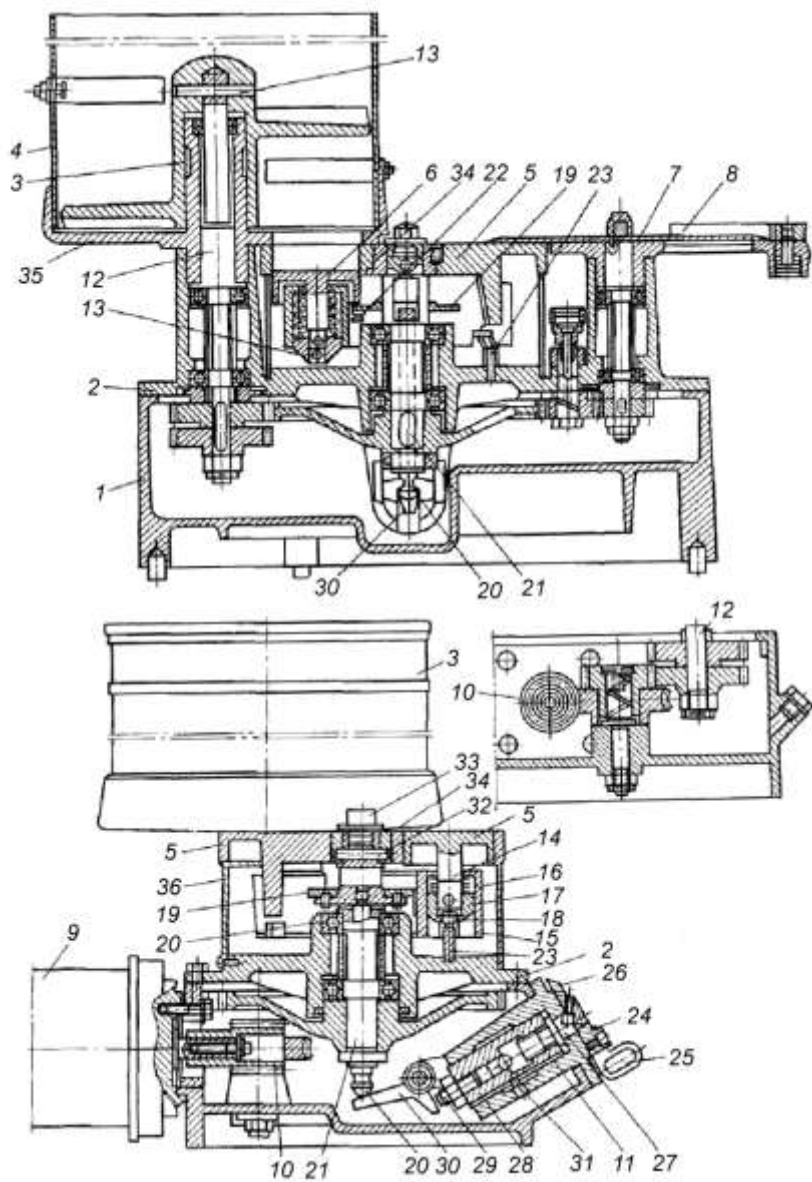


Рисунок 5 – Автомат для формування січених напівфабрикатів АК2М-40:

### Продовження рисунка 5

1 - корпус; 2 - кришка; 3 - кулька; 4 - приводний вал; 5 - днище бункера; 6 - живильник; 7 - бункер фаршу; 8 - шпилька; 9 - поршень; 10 - змінна втулка; 11 - гвинт з контргайкою; 12 - стіл з п'ятьма гніздами і поршнями; 13 - регулятор ходу поршня; 14 - напрямна, зміщає поршень по осі; 15 - дисковий ніж; 16 - шкребок для зняття залишків фаршу з дискового ножа; 17 - порожнинний вал формувального стола; 18 - вал формувального стола; 19 - двохплечий важіль; 20 - черв'як; 21 - шайба кріплення формувального столу на валу; 22 - шпонка; 23 - шток поршня; 24 - пружина поршня; 25 - кришка поршня; 26 - корпус поршня; 27 - показчик регулятора; 28 - диск регулятора маси фаршу; 29 - рукоятка диска; 30 - стержень гвинта регулятора; 31 - корпус регулятора маси фаршу; 32 - гвинт у шпонковій канавці; 33 - гайка штока; 34 - хвостовик штока; 35 - електродвигун; 36 - щит зони роботи поршнів.

Диск призначається для знімання котлет зі стола і їх передачі на подальшу обробку.



Рисунок 6 – Фото автомата АК2М-40

Зазор між нижньою поверхнею диска і верхньою поверхнею робочого стола дорівнює 0,2 мм.

Для очищення диска передбачений шкребок, який скидає частки фаршу. Він повинен щільно прилягати до верхньої поверхні диска. Штоки поршнів мають шарніри, які під час обертання стола котяться по кулачку і залежно від конфігурації його розгортки забезпечують поршням зворотно-поступальний рух.

При підході до завантажувального циліндра поршень опускається у крайнє нижнє положення, а після проходження завантажувального циліндра разом з відформованою котлетою піднімається до рівня верхньої площини стола. Завантажений у циліндр м'ясний фарш нагнітається шестипатевим гвинтом у формувальні отвори стола, після чого відформовані напівфабрикати поршнями виштовхуються на його поверхню, де їх підхоплює конвеєрний диск і скидає у посипані сухарним борошном лотки.

#### Технічна характеристика автомата котлетного АК2М-40

Продуктивність, шт/год.	4000
Місткість завантажувального циліндра, л	20
Маса котлети, г	50, 75 і 100
Установлена потужність, кВт	0,55
Габаритні розміри, мм	685x585x665
Маса автомата, кг	90

Подібну конструкцію і принцип дії мають формувальні автомати, показані на рисунку 7.



Рисунок 7 – Котлетні автомати В2-ФКЕ і АФК-1

Автомат **ЯЗ-ФКС**, показаний на рисунку 8, призначений для механізації процесу формування м'ясних рубаних напівфабрикатів (котлет) і їх панірування у цехах напівфабрикатів підприємств м'ясної промисловості середньої потужності.

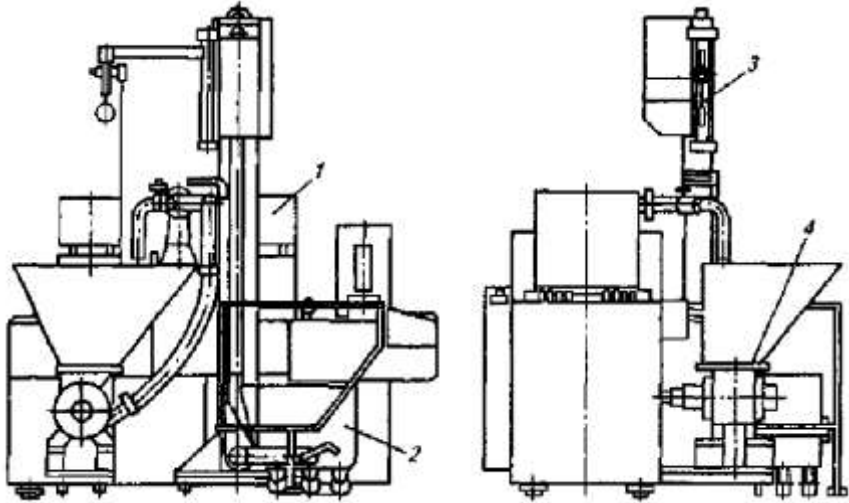


Рисунок 8 - Автомат ЯЗ-ФКС:

1 - автомат, 2- візок, 3- підйомник, 4 – насос.

#### Технічна характеристика автомата ЯЗ-ФКС

Продуктивність, кг/год.:

- автомата	4000
- фаршевого насоса	6000
Маса котлет, г	50 і 100
Установлена потужність, кВт	13,0
Частота обертання формувального барабана, с <sup>-1</sup>	0,21
Швидкість руху конвеєра, м/с	0,14
Габаритні розміри, мм	2760x2600x3200
Маса, кг	2500

Автомат складається з рами, пристрою для формування котлет, двох сушарниць для нанесення панірувального борошна, конвеєра з рольгангом для переміщення заповнених лотків, ексцентриково-лопатевого фаршевого насоса для подачі фаршу в прийомний бункер формувального пристрою, приводів конвеєра, формувального пристрою, фаршевого насоса, візків ЯФЦ-1У для транспортування фаршу від місця готування до бункера завантаження. Автомат працює в автоматичному режимі.

Автомати марки **К-ФАК-50/75** застосовують на підприємствах середньої потужності; вони призначені для дозування, формування, двостороннього панірування і укладання на лотки рубаних напівфабрикатів (рисунок 9). Саме цей автомат входить до складу безперервно-поточної лінії К6-ФЛ1К-200 виробництва рубаних напівфабрикатів.

Автомат складається зі станини 1, на якій встановлений дозувально-формувальний пристрій 7, два пристрої для панірування напівфабрикатів 5 і 8, магазин з пустими лотками 3, конвеєр для подавання лотків 2 і приводний механізм, який складається з електродвигуна 9, муфти 10, черв'ячного редуктора 11 і ряду ланцюгових і клинопасових передач.

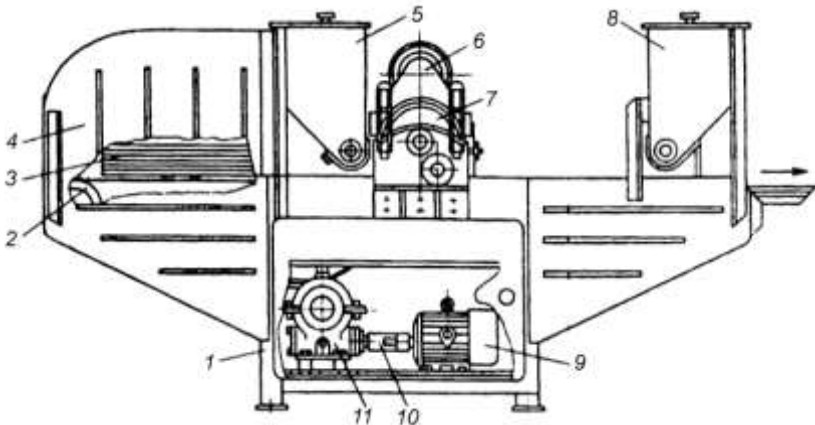


Рисунок 9 – Котлетний автомат К6-ФАК-50/75:

1 - корпус; 2 - конвеєр для лотків; 3 - лотки; 4 - магазин для лотків;  
 5, 8 - панірувальні пристрої; 6 - живильник; 7 - формувальний механізм;  
 9- електродвигун; 10- муфта; 11- редуктор черв'ячний.

Дозувально-формувальний пристрій складається з пустотілого барабана з п'ятьма просвердленими по діаметру отворами і десятьма поршнями, попарно з'єднаними між собою, а також штоків і копіїв.

Автомат працює у такий спосіб. Фарш насосом по трубопроводу нагнітається у бункер дозувально-формувального пристрою, припасований до верхньої циліндричної поверхні барабана, і заповнює циліндричні отвори в ньому. При повороті барабана на  $180^\circ$  фарш витісняється з отворів поршнями, які приводяться у рух від взаємодії штоків з копіями.

Відформовані напівфабрикати автоматично укладаються на лотки. Лотки для напівфабрикатів завантажуються у магазин, звідки автоматично забираються пальцем транспортера і переміщуються під барабан. Перед формуванням напівфабрикатів лоток посипається панірувальним борошном, яке завантажується у спеціальний бункер. При подальшому русі на нього укладаються напівфабрикати в ряд по 5 шт., потім їх посипають панірувальним борошном. Лоток, заповнений напівфабрикатами, знімають, цикл повторюється.

Обгінний механізм забезпечує укладання напівфабрикатів на лоток, виключаючи при цьому розміщення їх на стику двох лотків.

Продуктивність автомата К6-ФАК-50/75 складає 20000 шт. напівфабрикатів у годину.

Для дозування і формування фрикадельок призначений автомат **ФФП** (рисунок 10).

Автомат складається зі станини, привода, бункера для фаршу з розташованим у ньому шнеком, формувального барабана з гніздами і розташованим над ним розтрубом, ексцентриково-лопатевого насоса, призначеного для нагнітання фаршу в розтруб, стрічкового транспортера для подачі лотків, віброножа для відділення фрикадельок від барабана.

Фарш із бункера шнеком подається в ексцентриково-лопатевий насос, який нагнітає його в розтруб, припасований до циліндричної поверхні барабана у верхній її частині, і заповнює гнізда.

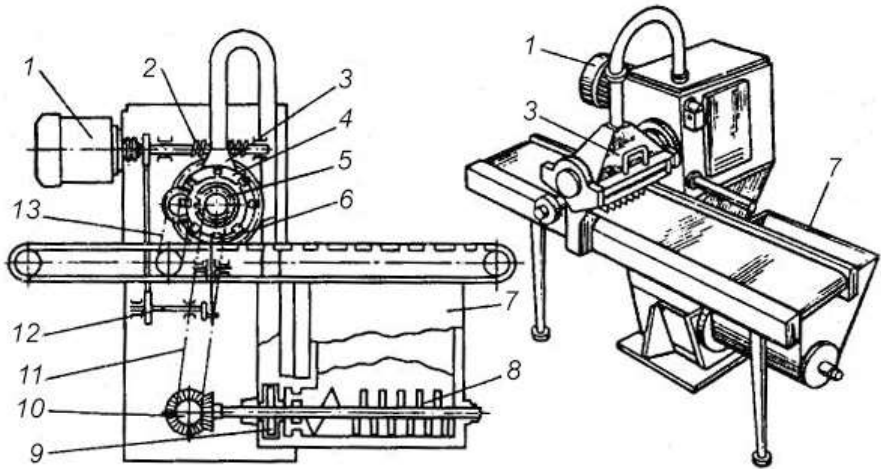


Рисунок 10 – Автомат для виготовлення фрикадельок ФФП:

1 - електродвигун; 2 - черв'ячна передача; 3 - бункер; 4 - барабан;  
 5 - зубчаста передача; 6 - відрізний ніж; 7 - завантажувальний бункер;  
 8 - живильник; 9 - ексцентриково-лопатевий насос; 10 - конічна передача;  
 11 - ланцюгова передача; 12 - привод ножа; 13 - привод конвеєра.

Кармани формуючого барабана, знаходячись у верхньому положенні і проходячи під живильником, заповнюються фаршем. У нижньому положенні барабана поршні виштовхують фрикадельки із гнізд на лоток, у якому вони передаються на заморожування. Продуктивність автомата 900 кг/год.

Крім описаних вище машин для формування січених напівфабрикатів існують також машини з плоскими формуючими пластинами для виробництва напівфабрикатів.

За рахунок зміни формувальної пластини і поршнів їх легко переналадити на випуск різноманітного асортименту продуктів, представленому на рисунку 11.

Технологічна схема котлетного автомата із плоскою формувальною пластиною та укладанням котлет на лотки показана на рисунку 12.

Формувальний вузол складається із пластини 4, у якій в один ряд пророблені отвори за формою готового виробу. Видавлювання виробу проводиться поршнем 11.

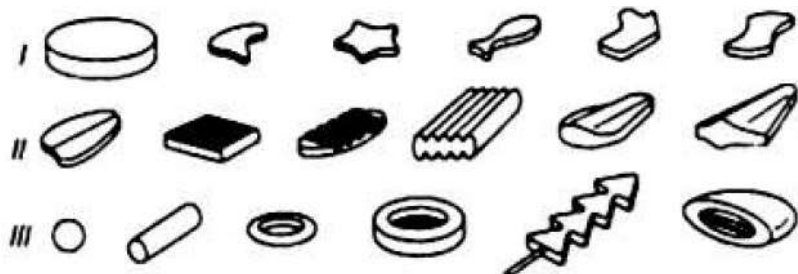


Рисунок 11 – Види продуктів, що виробляються на машинах з формувальною пластиною:

I - плоскі; II – об'ємні; III - спеціальної форми

Фарш в отвір пластини при заповненні надходить із приймача 5, куди він нагнітається пристроєм 7 з живильника 6. Надлишок фаршу пропускним клапаном 9 по рециркуляційній трубі 8 вертається у живильник.

Порожні лотки завантажують у магазин 13, звідки конвеєром 14 вони переміщуються у зону завантаження 15.

Лотки покриваються шаром панірування з механізму 12, а з механізму 3 панірують сформовані вироби.

Завантажені лотки надходять у магазини 2, де підйомник 1 формує їх у стопку.

Масу виробу регулюють тиском у приймачі 5. Рівень тиску контролюється запобіжним клапаном 10 і електромагнітним пропускним клапаном 9. Для змінення розмірів або форми виробу замінюють пластину і поршень. Тиск фаршу в приймачі складає 0,5...0,6 МПа. Продуктивність машини до 1250 шт/год.

На даний час існують десятки марок автоматичного і напівавтоматичного технологічного обладнання з виготовлення (формування) січених м'ясних напівфабрикатів, але практично всі вони базуються на принципах дії, описаних вище і відрізняються тільки конструктивними особливостями.



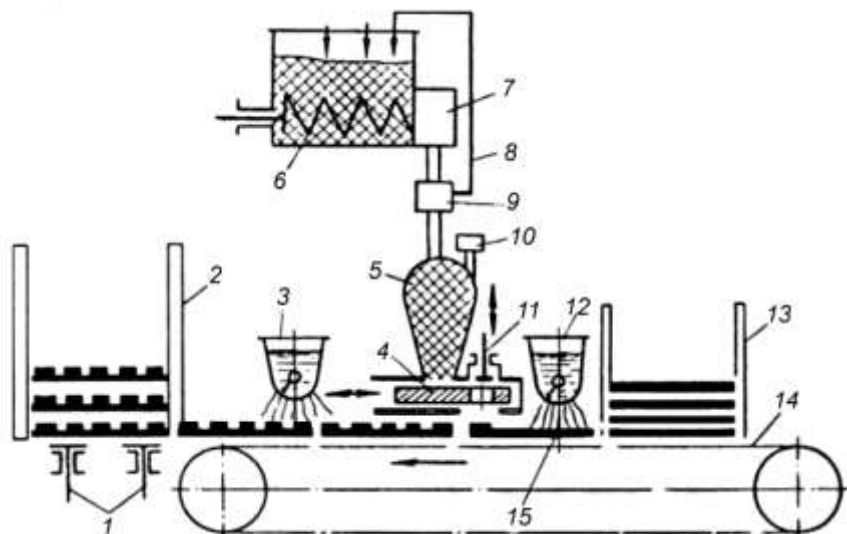


Рисунок 12 – Технологічна схема котлетного автомата з плоскою формувальною пластиною:

1 - підійомник лотків; 2 - магазин завантажених лотків; 3, 12 - панірувальні механізми; 4 - формувальна пластина; 5 - приймач фаршу; 6 - живильник; 7 - витіснювач; 8 - рециркуляційна труба; 9 - пропускний клапан; 10 - запобіжний клапан; 11 - поршень; 13 - магазин порожніх лотків; 14 - транспортер; 15 - лоток у зоні завантаження.

#### 4 Оснащення робочого місця лабораторної роботи

У якості основного обладнання для проведення експериментальної частини роботи використовується експериментальна установка, створена на базі формувальної машина МФК-2240 (рисунок 13).

Машина складається з корпусу 3, електродвигуна 18, черв'ячного редуктора 1, кришки стола із завантажувальним бункером 6, шнека 7, формувального стола 11, бункера для панірувальних сухарів 9 і прийомного лотка 16.

Робочим органом машини є формувальний стіл 11, виготовлений у вигляді диска із трьома круглими отворами-гніздами 13.

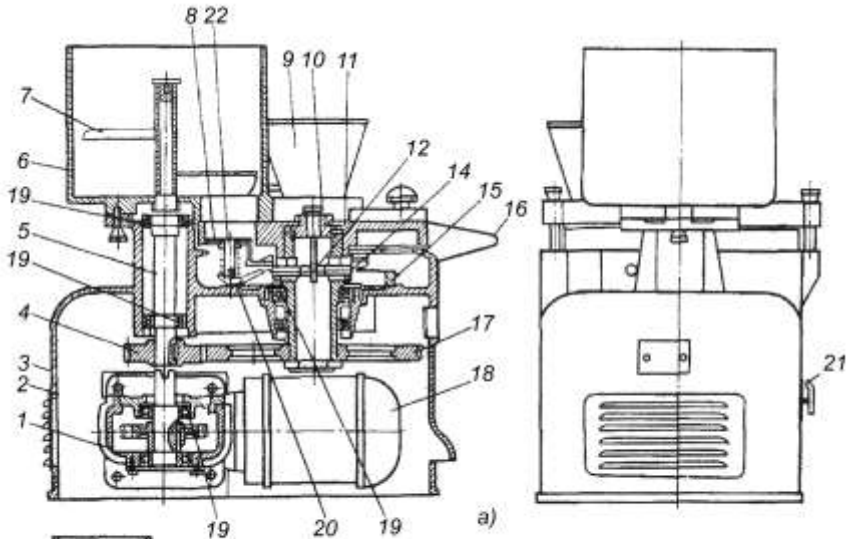


Рисунок 13 – Автомат котлетний МФК-2240

а) загальний вид; б) кінематична схема

1 - черв'ячний редуктор; 2 - щиток; 3 - корпус;  
 4, 17 - зубчаста пара; 5 - вал; 6 - бункер для  
 котлетної маси; 7 - шнек; 8 - поршні;  
 9 - бункер для сухарів; 10- регулювальний  
 гвинт; 11 - формувальний стіл; 12 - тяга;  
 13 - отвори в столі; 14 - планка; 15 - копію-  
 вальний пристрій; 16 - приймальний лоток;  
 18 - електродвигун; 19 - підшипники;  
 20 - наконечники штовхачів; 21 - вимикач;  
 22- штовхачі.

Стіл закріплений на вертикальному порожнинному валу 5, усе-  
 редині якого встановлена тяга механізму регулювання маси виробу,  
 що формується. Над столом розташовуються два завантажувальні  
 пристрої-циліндричний бункер для фаршу і конічний бункер для пані-  
 рувальних сухарів. Бункер для фаршу встановлений на кришці форму-  
 вального стола. Усередині бункера розміщений шнек-живильник, що  
 нагнітає фарш із бункера в гнізда формувального стола.

Шнек приводиться у рух вертикальним валом, консоль якого розташована всередині бункера.

До складу розвантажувального обладнання входять скидач і приймальний лоток, площа якого встановлена на рівні формувального стола. У гніздах стола розташовані робочі інструменти машини – поршні, які при обертанні стола роблять зворотно-поступальний рух.

Робочі органи машини приводяться у дію від електродвигуна через черв'ячний редуктор і зубчасті передачі.

Поршням, розташованим у гніздах формувального стола, зворотно-поступальний рух надається торцевим копіром, на робочий профіль якого опираються штовхачі поршнів. При обертанні стола штовхачі своїми наконечниками ковзають по копірові, а поршні піднімаються або опускаються у гніздах відповідно до профілю копіра.

На рисунку 14 наведена циклограма руху поршня за один оберт формувального стола. У процесі переміщення штовхача поршня по копірові поршень займає наступні робочі положення:

- 1 - поршень у положенні врівень з поверхнею формувального стола;
- 2 - опускання поршня на глибину 1,5...2 мм з наступним вистоюванням у цій позиції;
- 3 - опускання поршня до упору в регульовальну планку з вистоюванням у цьому положенні;
- 4 - підйом поршня у позицію 1.

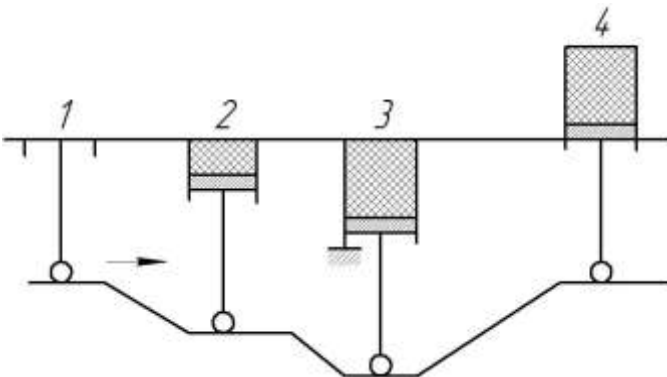


Рисунок 14 – Циклограма руху поршня

Машина має механізм регулювання маси виробу. Регулювання досягається шляхом зміни положення поршня у гнізді формувального стола.

Для цього призначені регулювальний гвинт, планка й шайба, що служить упором при русі поршня униз.

Після вмикання електродвигуна машини формувальний стіл з поршнями і шнек-живильник приводяться в обертання. У процесі обертання стола кожний поршень за один оберт опускається двічі: перший раз, коли гніздо з поршнем перебуває під бункером з панірувальними сухарями, і другий раз, коли поршень розташовується під бункером з фаршем.

Під час першого опускання на поршень насипаються сухарі, а при другому простір над поршнем заповнюється фаршем. При подальшому русі формувального стола кромки гнізд і вікна бункера відрізають порцію фаршу, ущільнюють її та заповнюють весь об'єм гнізда.

Наступний рух формувального стола викликає переміщення штовхача поршня на ділянці підйому по копіру, у результаті чого поршень із відформованим виробом піднімається на один рівень із поверхнею стола.



Тут на відформований виріб натискає скидач, зіштовхуючи виріб з поверхні поршня на розвантажувальний лоток. Після цього оператор за допомогою спеціальної лопатки знімає відформований виріб з розвантажувального лотка і укладає його нелакованою стороною на посипаний панірувальними сухарями лист.

Рисунок 15 – Фото автомата МФК 2240

Робоче місце лабораторної роботи оснащується вимірювальним комплектом (V-A-W) марки К-505, тахометром, цифровими вагами 0...5 кг, секундоміром, штангенциркулем і вимірювальною лінійкою, ємностями для котлетної маси (імітатора) та панірувальних сухарів.

## **5 Порядок виконання лабораторної роботи**

5.1 Ознайомитись з теоретичними відомостями про будову і принцип дії формувальної машини МФК-2240.

5.2 Частково розібрати машину і уяснити конструкцію окремих вузлів і деталей, а саме: форму і розташування завантажувального бункера і бункера для сухарів, лопатей, їх кріплення, скидача і формувального стола.\*

\* при вивченні звернути увагу на механізм привода поршнів, форму копіра, механізм регулювання маси котлет, кінематику машини, та ін.

5.3 Заміряти висоту і діаметр гнізда в дозувальному столі, максимальний хід поршня.

5.4 Скласти кінематичну схему машини і виконати ескіз профілю копіру з зазначенням розмірів.

5.5 Зібрати автомат, підключити вимірювальний комплект К-505, виміряти потужність двигуна на холостому ході, частоту обертання електродвигуна, формувального столу, лопатей бункера.

5.6 Задатися (за узгодженням з викладачем) масою виробу (імітатора) і глибиною занурення поршня у гніздо столу.

5.7 Наповнити завантажувальний бункер продуктом, а бункер для сухарів – панірувальним борошном.

5.8 Відрегулювати глибину занурення поршня. Увімкнути машину, відмічаючи час її роботи за секундоміром. Заміряти потужність електродвигуна при роботі під навантаженням.

5.9 Після закінчення процесу формування вимкнути машину, відмітивши час за секундоміром.

5.10 Підрахувати кількість відформованих котлет, визначити масу однієї і загальну їх масу. Оцінити якість одержаних котлет (за відхиленням від правильною форми).

5.11 Розібрати робочу зону машини, вивантажити залишки продукту в ємність. Всі частини машини, які контактували з продуктом, ретельно промити гарячою водою, протерти і просушити.

5.12 Записати результати проведених дослідів у журнал спостережень (таблиця 1)

Таблиця 1 – Журнал спостережень лабораторної роботи

Показник	Дані	
	дослідні	розрах.
1 Параметри завантажувального бункера: - діаметр, м - висота, м - об'єм, м <sup>3</sup>		
2 Розмір гнізда формувального стола: - діаметр, м - висота максимальна, м - об'єм при заданій глибині, м <sup>3</sup>		
3 Число формувальних гнізд, шт.		
4 Частота обертання, об/хв.: - електродвигуна стола - вала привода лопатей		
5 Відстань від осі стола до осі гнізда, м		
6 Час роботи машини, с		
7 Кількість виробів, шт.: - відформованих - неповноцінних - відсоток відходів, %		
8 Дійсна продуктивність: - штучна, шт./с - масова, кг/с		
9 Потужність електродвигуна, Вт - на холостому ході - під навантаженням - корисна		
10 Питома витрата електроенергії, Вт·с/кг		

## 6 Вимоги безпеки

Під час проведення роботи слід дотримуватись правил загальної інструкції з охорони праці, наведених у розділі „Загальні вимоги безпеки“. Точки підключення вимірювального комплексу К-505 до електродвигуна повинні бути надійно ізольовані.

## 7 Контрольні питання

1 Загальна класифікація м'ясних напівфабрикатів, характерні особливості січених (рублених) напівфабрикатів.

2 Основна номенклатура січених м'ясних напівфабрикатів, рецептура окремих їх видів.

3 Склад типової технологічної лінії для виготовлення січених напівфабрикатів, характеристика основного обладнання.

4 Автомат котлетний АК2М-40, принцип дії, будова, регулювання.

5 Основні принципи формування рецептурної маси січених напівфабрикатів. Приклади пристроїв для їх реалізації.

6 Формувальна машина МФК-2240, будова, принцип дії, налаштування і робота.

7 Регулювання машини МФК-2240 на задану масу і розміри сформованих виробів.

## 8 Тестове завдання

**1) Який з наведених видів напівфабрикатів не відноситься до січених?**

1. ескалоп;                      2. ромштекс;                      3. шніцель.

**2) З якою метою у рецептурі січених напівфабрикатів використовують хліб, картоплю, яєчні продукти?**

1. для стабілізації структури фаршу і консистенції виробів;  
2. для збільшення термінів зберігання готових виробів;  
3. для здешевлення готового продукту.

**3) Яка з названих машин не входить до лінії К6-ФЛІК-200?**

1. фаршмішалка К6-ФММ-150;                      2. вовчок МП-2-160;  
3. пастеризатор А1-ОКЛ-10.

**4) Укажіть продуктивність технологічної лінії К6-ФЛІК-200**

1. 20000 шт/год.;                      2. 20 т/год.;                      3. 20000 кг/год..

**5) Скільки лопатей має завантажувальний гвинт котлетного автомата АК2М-40?**

1. три                                      2. чотири;                              3. шість.

**6) Який пристрій забезпечує формування продукту в котлетному автоматі К6-ФАК-50/75:**

1. диск;                                      2. барабан;                              3. конус.

**7) Продуктивність автомата ЯЗ-ФКС складає...**

1. ...4000 шт/год.;                      2. ...4000 кг/год.;                      3. ...4000 шт/хв.

**8) Скільки панірувальних пристроїв має котлетний автомат марки К6-ФАК-50/75?**

1. один;                                      2. два;                                      3. три.

**9) Який пристрій встановлений у бункері для фаршу автомата котлетного МФК-2240?**

1. шнек-живильник;                      2. поршневий дозатор;  
3. стрічковий дозатор.

**10) Який рух виконують поршні в автоматі МФК-2240?**

1. складний просторовий;                      2. зворотно-поступальний;  
3. обертальний.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Рогов И.А., Забашта А.Г., Ибрагимов Р.М., Забашта Л.Л. Производство мясных полуфабрикатов и быстрозамороженных блюд. М.: Колос, 1997. 335 с.

2. Бредихин С.А., Бредихина О.В., Космодемьянский Ю.В., Никифоров Л.Л. Технологическое оборудование мясокомбинатов. М.: Колос, 2000. 392 с.

3. Шаршунов В.А., Кирик И.М. Технологическое оборудование мясоперерабатывающих предприятий. Минск: Мисанта, 2012. 696 с.

5. Елхина В.Д. Оборудование предприятий общественного питания. Т.1: Механическое оборудование. М.: Экономика, 1987. 447 с.

6. Ботов М.И., Елохина В.Д., Стрельцова А.Н. Лабораторные работы по оборудованию предприятий общественного питания (Механическое, тепловое и торговое оборудование). М.: Колос, 2005. 208 с.



## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ялпачик В.Ф., Загорко Н.П., Паляничка Н.О., Буденко С.Ф., Самойчук К.О., Кюрчев С.В., Верхоланцева В.О., Олексієнко В.О., Циб В.Г. Технологічне обладнання для переробки продукції тваринництва: Лабораторний практикум. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. – 274.

2. Ялпачик В.Ф., Олексієнко В.О., Ялпачик Ф.Ю., Самойчук К.О., Гвоздев О.В., Циб В.Г., Паляничка Н.О., Шевченко В.І., Борхаленко Ю.О., Буденко С.Ф. Машина, обладнання та їх використання при переробці сільськогосподарської продукції. Лабораторний практикум. Навчальний посібник. Мелітополь.: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2015. 196 с.

3. Ялпачик В.Ф., Буденко С.Ф., Ялпачик Ф.Ю., Гвоздев О.В., Циб В.Г., Бойко В.С., Самойчук К.О., Олексієнко В.О., Клевцова Т.О., Паляничка Н.О. Розрахунок обладнання харчових виробництв: Навчальний посібник. Мелітополь.: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2014. 264 с.

4. Гвоздев О.В. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу: Навч. посібник. К.: Вища освіта, 2006. 479 с.

6. Паляничка Н. О. Вдосконалення процесу імпульсної гомогенізації молока: дис. канд. техн. наук : 05.18.12 / Н. О. Паляничка. – Донецьк, 2013. – 194 с.

6. Машкін М.І., Париш Н.М. Технологія виробництва молока і молочних продуктів. К.: Вища освіта, 2006. 351 с .

7. Ивченко В.М., Кулагин В.А., Немчин А.Ф. Кавитационная технология. Красноярск, 1990. 200 с.

8. Лукьянов Н. Я., Барановский Н. В. Оборудование предприятий молочной промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1968. 406 с.

9. Єресько Г.О., Шинкарик М.М., Ворошук В.Я. Технологія обладнання молочних виробництв. К.: “ІНККОС” центр навчальної літератури, 2007. 344 с.

10. Промтов М.А. Пульсационные аппараты роторного типа. Теория и практика. М.: Машиностроение, 2001. 247 с.

11. Паляничка Н.О. Визначення основних параметрів і режимів роботи промислового зразка імпульсного гомогенізатора молока. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2015. Вип. 15, Т.1. С. 187 - 191.

12. Паляничка Н.О., Вершков О.О., Антонова Г.В. Аналіз новітніх пристроїв для гомогенізації молока. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2017. Вип. 17., Т.3. С. 194 – 199.

13. Самойчук К.О., Ковальов О.О. Розробка лабораторного зразка струминного гомогенізатора з роздільною подачею вершків. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2011. С. 77-84.

14. Дейниченко Г.В., Самойчук К.О., Кюрчев С.В. Протитечійно-струминна гомогенізація молока: Монографія. Мелітополь, Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. 200 с.

15. Оленев Ю.А. Справочник по производству мороженого. М.: ДеЛи принт, 2004. 798 с.

16. Николаев Б.Л., Николаев Л.К. Процессы фризирования смесей мороженого, расчеты и устройство фризеров: Учеб. метод. пособие. СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБЕ, 2013. 65 с.

17. Бредихин С.А., Космодемьянский Ю.В., Юрин В.Н. Технология и техника переработки молока. М.: Колос, 2001. 400 с.

18. Курочкин А.А. Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства. М.: Колос. 2001. 440 с.

19. Голубев И.Г. Машины и оборудование для переработки молока: Каталог. М.: ФГНУ „Росинформагротех“, 2006. 348 с.

20. Рогов И.А., Забашта А.Г., Ибрагимов Р.М., Забашта Л.Л. Производство мясных полуфабрикатов и быстрозамороженных блюд. М.: Колос, 1997. 335 с.

21. Бредихин С.А., Бредихина О.В., Космодемьянский Ю.В., Никифоров Л.Л. Технологическое оборудование мясокомбинатов. М.: Колос, 2000. 392 с.