

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ МОЛОКА В ПУЛЬСАЦІЙНОМУ ГОМОГЕНІЗАТОРІ З ВІБРУЮЧИМ РОТОРОМ**

**Дейниченко Г.В.**, д-р техн. наук, проф.  
Харківський державний університет харчування та торгівлі  
**Самойчук К.О.**, канд. техн. наук, доц.  
Таврійський державний агротехнологічний університет

Основною тенденцією в практиці використання гомогенізаторів у сучасних апаратурно-технологічних схемах переробки молока є заміна клапанних гомогенізаторів на більш енергоефективні – роторно-пульсаційні (РПА). Такі гомогенізатори добре зарекомендували себе для обробки в'язких середовищ, але не можуть повністю витіснити клапанні у сфері гомогенізації молока через нерівномірний дисперсний склад молочної емульсії, що обробляється. Незважаючи на цей недолік, РПА є найбільш перспективними для подальшого вдосконалення.

Аналізуючи напрями конструктивних і технологічних оптимізацій РПА, можна зробити такі висновки:

- практично всі конструктивні елементи апарата проектується для підвищення амплітуди пульсацій тиску, зсувних напруг, розвитку турбулентності й кавітації;

- важливим напрямом є інтенсифікація процесу диспергування коливаннями, тому до конструкції додаються резонатори у формі голок, мембран та інших пружних елементів, але ними неможливо створювати режими, де б частота вібрацій та пульсацій регулювалась незалежно від частоти обертання ротора;

- конструкції зі збудниками механічних коливань, зручних для незалежного регулювання частоти й амплітуди, практично не досліджені.

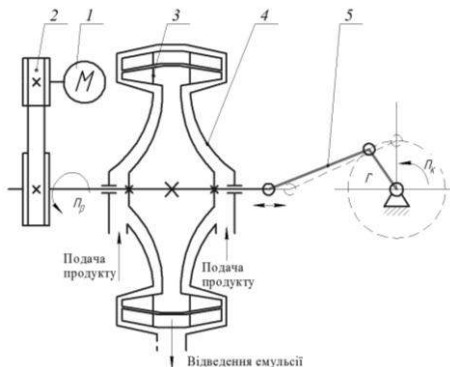
Більшість дослідників РПА вважають визначальним чинником процесу диспергування емульсій кавітацію, тому оптимізація конструкції спрямована на підвищення від'ємних імпульсних тисків при закритті каналів ротора і статора апарата.

На нашу думку, конструювати РПА необхідно для підвищення швидкості ковзання жирової кульки відносно дисперсійного середовища (плазми молока). Зі збільшенням пульсацій тиску, що ставлять на меті більшість дослідників РПА, підвищується швидкість ковзання жирової кульки, а отже, ступінь диспергування. Проте під час обертання ротора РПА імпульс від'ємного тиску створюється лише в

останній фазі перекриття отворів статора та ротора. Протягом певного часу від початку відкривання отворів і до початку закривання емульсія не зазнає кавітаційного впливу, унаслідок чого в обробленій емульсії знаходяться частки неподрібненого жиру.

Ефективним вирішенням цієї проблеми є накладання механічних коливань на оброблюване середовище, тобто створення та оптимізація пульсаційного апарата з вібруючим ротором (ПА з ВР).

Гомогенізуючий вузол ПА з ВР складається з ротора 3, який обертається з частотою  $n_r$  (рис.), і статора 4. Для осьових коливань ротора з частотою  $n_k$  застосовується кривошипний механізм 5, а для обертання ротора використаний електродвигун 1 із клинопасовою передачею 2, що під час роботи припускає відхилення на величину коливань, яка для дослідного апарата становить до 2 мм.



**Рисунок – Схема пульсаційного апарата з вібруючим ротором:**  
1 – електродвигун приводу обертання ротора; 2 – клинопасова передача; 3 – ротор; 4 – статор; 5 – кривошипний механізм приводу вібрації ротора

Для ПА з ВР швидкість ковзання стає значущою в моменти прискорення та гальмування рідини. Ці умови створюються під час:

- перекриття отворів та їх незначного відкриття (гомогенізація за типом клапанних гомогенізаторів), коли градієнт швидкості в поперечному напрямку набуває значущої величини;
- швидкої зміни напрямку руху рідини за рахунок сил інерції, що викликає відмінності руху жирової кульки та плазми;
- прискорення потоку рідини під час руху крізь канали переривника ПА.

У разі використання такої конструкції вдасться усунути застійні зони з низьким градієнтом швидкості, значно підвищити швидкість

ковзання жирової кульки та позбавитися недоліків у дисперсному складі оброблюваного продукту.

У результаті аналітичних досліджень зміни площі переривника ПА з ВР і швидкості осьового руху ротора на основі рівняння нерозривності потоку знайдено залежності швидкості руху емульсії через переривник, викликані відцентровим тиском під час обертання ротора та осьовими коливаннями ротора. Таке розмежування швидкостей дало змогу:

- дослідити характер зміни кожної з часом та визначити варіанти синхронізації фаз між обертанням та осьовими коливаннями ротора, при яких характер зміни швидкостей за величиною та часом подібний;

- визначити енерговитрати на обертання ротора та осьові коливання ротора окремо;

- визначити продуктивність ПА з ВР.

Подібний характер зміни швидкостей, викликаних коливаннями та обертанням ротора, призводить до виникнення резонансних явищ, які очікувано призведуть до збільшення амплітуди пульсацій емульсії, підвищення прискорення, збільшення дисперсності жирової фази молока та зменшення енерговитрат.

Для визначення оптимальних параметрів ПА з ВР уведено чинник, який характеризує збільшення прискорення емульсії на 1 кВт/т питомих енерговитрат процесу гомогенізації. Дослідження цього чинника дали змогу визначити вимоги для підвищення ефективності конструкції ПА з ВР: збільшення діаметра ротора, зменшення кількості отворів та радіуса кривошипа і незалежність від частоти обертання кривошипа.

У результаті експериментальних досліджень установлена емпірична залежність між середнім діаметром жирової кульки та середнім прискоренням емульсії в переривнику ПА з ВР, характер якої подібний до механізму руйнування Релея–Тейлора.

Потужність електродвигуна приводу вібрації ротора менше за розраховану на 18...22%, що викликано резонансними явищами. Знайдено рівняння апроксимованої залежності для дійсної потужності вібрації.

Порівняння дисперсійного складу молока після гомогенізації в ПА з ВР та клапанному гомогенізаторі А1-ОГ2М дозволяє стверджувати, що середній діаметр та широта розподілу розмірів жирових кульок дослідного способу менші, що свідчить про більш якісні характеристики отриманої емульсії.