

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НА ВЛАЖНОСТЬ ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА

В статье приведены результаты экспериментального исследования коэффициента теплопроводности на влажность зерна, что были определены на лабораторной установке. Полученные результаты представлены на графическом изображении и выбрано уравнения аппроксимации с помощью программного обеспечения MATLAB, что может быть использовано при инженерных расчетах.

Abstract

STUDY ON IMPACT THERMAL CONDUCTIVITY MOISTURE CONTENT OF GRAIN MATERIAL

The results of the pilot study thermal conductivity on moisture corn that have been determining in a laboratory setting. The results are presented in graphical image and select approximation equation using software MATLAB, which can be used for engineering calculations.

УДК 637.134

АНАЛІТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ДИСПЕРСНОСТІ ПРИ ОБРОБЦІ МОЛОКА В ПУЛЬСАЦІЙНОМУ ГОМОГЕНІЗАТОРІ

**Дейниченко Г.В. д.т.н., проф., Самойчук К.О. к.т.н., доц.,
Левченко Л.В. аспірант**

(Таврійський державний агротехнологічний університет)

У статті в результаті аналітичних досліджень визначена залежність між середнім діаметром жирових кульок після гомогенізації молока та конструктивно-кінематичними параметрами пульсаційного гомогенізатора. Отримані результати необхідні для проектування високоефективних енергозберігаючих типів пульсаційних гомогенізаторів дрібнодисперсних емульсій.

Ключові слова: *гомогенізація, пульсаційний гомогенізатор, молоко, дисперсність, теорія*

Постановка задачі. Процеси диспергування, емульгування та гомогенізації емульсій широко використовуються у сільському господарстві, переробній і харчовій галузях народного господарства України. При виробництві молочних продуктів, таких як питне молоко, вершки, кисломолочні продукти і напої надвисокими енерговитратами відрізняється процес гомогенізації, при якому розміри жирових кульок зменшуються з 2,5–3 мкм до 0,8–1 мкм [1,2]. Знизити енерговитрати цього процесу намагались шляхом розробки та впровадження, замість найбільш розповсюджених – клапанних (щілинних) машин, ультразвукових, вакуумних, струминних і інших конструкцій [1]. Але на сьогоднішній час конкурувати з клапанними гомогенізаторами на виробництві здатні лише роторно-пульсаційні апарати, і лише при обробці в'язких продуктів [2]. Таким чином актуальною проблемою молочної промисловості є відсутність енергоефективних гомогенізаторів рідких молочних продуктів.

Однією з основних проблем при розробці гомогенізаторів-диспергаторів жирових емульсій є недостатня розробка теорії гомогенізації [1, 2]. Останні дослідження в цьому напрямку дозволяють виділити основним механізмом диспергування жирової фази – руйнування жирових часток при появі достатнього значення швидкості ковзання жирової частки (кульки) відносно оточуючого середовища (дисперсійної фази) [2, 3]. При дослідженні роторно-пульсаційного апарату з ротором, що здійснює осьові коливання вздовж вісі ротора висунута та підтверджена гіпотеза про зв'язок дисперсності з прискоренням потоку емульсії [4]. При русі емульсії з прискоренням за рахунок відмінності густини жирової кульки та оточуючої фази виникає різниця швидкості, яка за критерієм Вебера призводить до руйнування дисперсної фази – гомогенізації. Істотних значень прискорення емульсії при знакозмінних пульсаційних рухах поршня можливо досягти в пульсаційних гомогенізаторах (ПГ), які при високій ефективності відрізняються в 3–5 разів меншими енерговитратами у порівнянні з клапанними [5, 6]. Для класичної конструкції ПГ модель подрібнення жирової фази практично не розроблена. Тому ця стаття є продовженням циклу статей, присвячених обґрунтуванню параметрів ПГ для обробки молока.

Мета досліджень. Одним з основних питань в теорії процесу пульсаційної гомогенізації є визначення ступеня дисперсності, тому метою даних досліджень є аналітичне визначення взаємозв'язку між дисперсністю емульсії та конструктивно-кінематичними параметрами ПГ.

Основні матеріали досліджень.

Пульсаційний гомогенізатор являє собою поршень 1 (рис. 1) із наскрізними отворами 3, який здійснює коливальні рухи в камері вздовж її осі за рахунок кривошипного механізму [3].

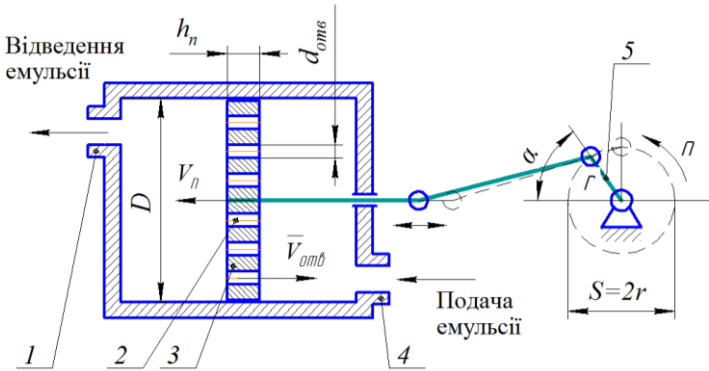


Рис. 1. Схема пульсаційного гомогенізатора: 1 – патрубок для відведення емульсії; 2 – отвори поршня; 3 – поршень; 4 – патрубок подачі емульсії; 5 – регульований кривошип.

V_n – швидкість поршня; V_{ome} – швидкість емульсії в отворах поршня; d_{ome} – діаметр отворів; D – діаметр камери; r – радіус кривошипа; α – кут повороту кривошипа; h_n – товщина поршня; S – амплітуда коливання поршня.

Молоко подається в патрубок 2 і під час проходження крізь отвори поршня 3, жирові кульки молока подрібнюються відповідно до критерію Вебера. Відводиться емульсія після гомогенізації через патрубок 5.

У попередніх дослідженнях визначена формула середньої швидкості емульсії в отворах поршня ПГ [3]

$$v_o = \frac{2\pi r n}{K_o} \sin \alpha, \quad (1)$$

де K_o – коефіцієнт живого перетину отворів поршня.

$$K_o = \frac{F_o}{F_n}, \quad (2)$$

де F_n – площа поршня, м².

F_o – площа отворів, м².

$$F_o = N \frac{\pi d_o^2}{4}, \quad (3)$$

де N – кількість отворів поршня;

d_{ome} – діаметр отвору, м.

Формула (1) не враховує вплив форми отворів поршня (в осьовій площині перерізу отвору). Фактична швидкість потоку, який виходить з отворів поршня буде рівна

$$v_{of} = \varphi \frac{2\pi r n}{K_o} \sin \alpha. \quad (4)$$

де φ – коефіцієнт швидкості.

З урахуванням останнього виразу формула фактичного середнього прискорення [3] набуває вигляду

$$a_{of}^c = 2\pi^2 \frac{\varphi n^2 r}{K_o}. \quad (5)$$

Найбільш типові форми отворів це: конічний звужуючий насадок, циліндричний (для якого $h_n/d_{ome} > 3$), коноїдальний і у вигляді отвору у тонкій стінці (при $h_n/d_{ome} < 2$).

Для підвищення прискорення необхідно збільшувати φ . Найкраще цій вимозі відповідають отвори з конічними звужуючими насадками, з кутом конусності $\theta = 49^\circ$, для яких $\varphi = 0,984$.

За результатами досліджень пульсаційного гомогенізатора з вібруючим ротором експериментально встановлено зв'язок між прискоренням емульсії молока та середнім діаметром жирової кульки d [7]

$$d = \frac{K_2}{\sqrt{a_0}}, \quad (6)$$

де K_2 – коефіцієнт гомогенізації, визначений емпірично, який для пульсаційного гомогенізатора з вібруючим ротором дорівнює 68.

Коефіцієнт гомогенізації K_2 визначений для умов гомогенізації у пульсаційному гомогенізаторі з вібруючим ротором і враховує його особливості, такі як високий градієнт швидкості між ротором і статором, кавітацію у зоні диспергування та підвищення амплітуди пульсацій емульсії внаслідок резонансних явищ. Дослідний пульсаційний гомогенізатор не має таких переваг, тому логічно очікувати, що K_2 для пульсаційної гомогенізації буде більшим.

З формул (5) і (6) можливо знайти залежність, що пов'язує дисперсність молочної емульсії після гомогенізації з конструктивно-кінематичними показниками ПГ

$$d = \frac{K_z}{\pi n} \sqrt{\frac{K_o}{2\varphi r}}, \quad (7)$$

Враховуючи, що ефективність гомогенізації (як відношення ступеня диспергування до питомих енерговитрат процесу) підвищується при збільшенні частоти коливання поршня і задаючись діапазоном значень K_z можливо визначити мінімальний радіус кривошипу ПГ для початку диспергування жирової фази молока

$$r = \left(\frac{K_z}{d\pi n} \right)^2 \frac{K_o}{2\varphi}. \quad (8)$$

В сучасних умовах максимальна частота обертання електродвигунів (без використання мало поширених і тому коштовних моделей) $n=9000$ об/хв. В ПГ планується уникнути використання механізмів для підвищення частоти обертання робочого органу (мультипликаторів) для зниження вартості та металомісткості гомогенізатора.

Таким чином згідно останньої формули при $K_z=100$, $K_o=0,4$, $\varphi=0,98$ і $n=150 \text{ c}^{-1}$ початок гомогенізації ($d=2,5$ мкм) відбувається при $r=1,4$ мм, а необхідна ступінь дисперсності ($d=0,8-1,2$ мкм) досягається при $r=6,3-14,4$ мм.

При збільшенні амплітуди коливання поршня (радіусу кривошипу) та частоти коливання підвищується дисперсність жирової фази молока (рис. 2).

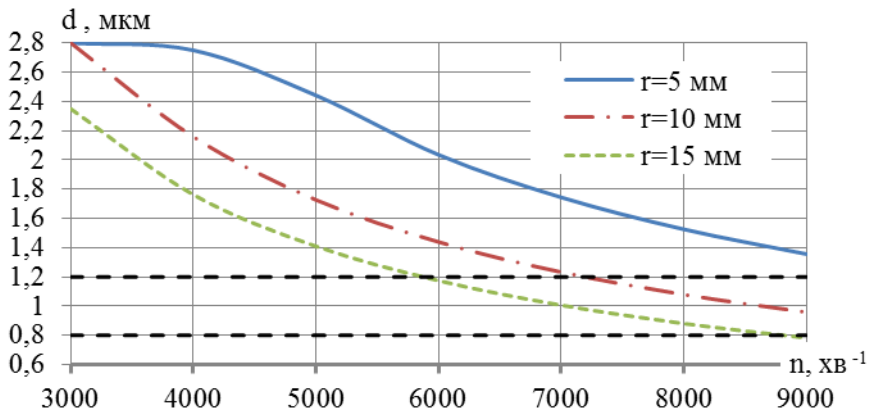


Рис. 2. Залежність середнього діаметру жирових кульок d від радіусу кривошипу r і частоти коливання поршня n (середній діаметр жирових кульок молока до гомогенізації прийнято рівним 2,8 мкм, $K_z=100$, $K_o=0,4$, $\varphi=0,98$).

При підвищенні n діаметр жирових кульок зменшується більш суттєво, ніж при збільшенні r . Оптимальний діапазон дисперсності молочної емульсії після гомогенізації показаний штиховими лініями на рис. 2.

З підвищенням коефіцієнта гомогенізації ступінь дисперсності знижується (рис. 3).

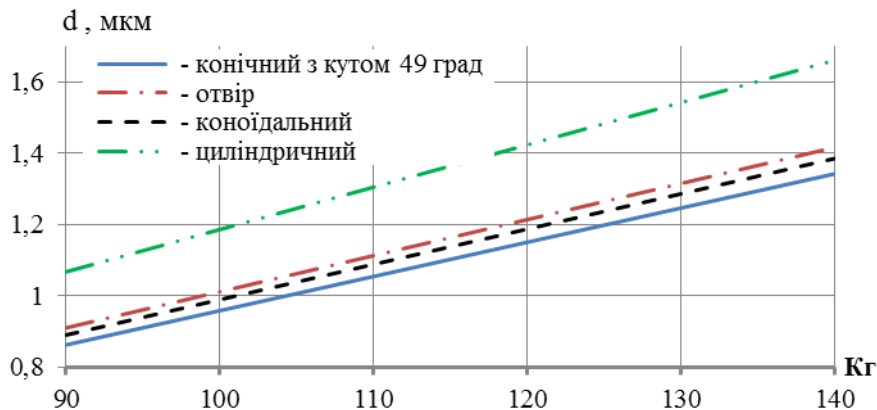


Рис. 3 – Залежність середнього діаметру жирових кульок d від коефіцієнту гомогенізації K_g і форми отворів (середній діаметр жирових кульок молока до гомогенізації прийнято рівним 2,8 мкм, $r=10$ мм, $n=9000$ об/хв, $K_0=0,4$).

Мінімальний діаметр жирової кульки можливо отримати при використанні форми отворів у вигляді двох конічних звужувачів з кутом конусності 49° , коефіцієнт швидкохідності для яких максимальний ($\varphi=0,98$). При використанні інших типів отворів (коноїдальних й отвору при $h_n/d_{ome}<2$) зниження ступеня дисперсності дорівнює лише 3–5%.

Використання циліндричних отворів з $h_n/d_{ome}>3$ неефективно, адже внаслідок найменшого значення коефіцієнту швидкохідності ($\varphi=0,64$) середній діаметр жирових кульок підвищується на 24%.

Висновки. Визначена залежність між середнім діаметром жирових кульок після гомогенізації молока та конструктивно-кінематичними параметрами пульсаційного гомогенізатора: частотою, амплітудою коливання й діаметром поршня, кількістю, діаметром та формою отворів у осьовому перетині отворів поршня.

Отримані результати є основою аналітичної моделі гомогенізації молочної емульсії в пульсаційному гомогенізаторі та

дозволяють істотно зменшити об'єм експериментальних досліджень пульсаційної гомогенізації молока.

Список літератури

1. Wilbey R.A. Homogenization of milk [Text] / R.A. Wilbey // Encyclopedia of Dairy Sciences. – 2002. – P. 1346–1349.

2. Нужин Е.В. Гомогенизация и гомогенизаторы : монография / Е.В. Нужин, А.К. Гладушняк. – Одесса : Печатный дом, 2007. – 264 с.

3. Самойчук К.О. Аналітичні дослідження умов диспергування жирової фази молока в пульсаційному гомогенізаторі / К.О. Самойчук, Л.В. Левченко // Вісник ДДАУ: Дніпропетровськ – 2016. – №1 (39). – С. 64–67.

4. Самойчук К.О. Ефективність гомогенізації молока в пульсаційному апараті з вібруючим ротором / К.О. Самойчук, А.О. Івженко// Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка: Харків – 2015. – Вип. 166.– С. 98 – 104.

5. Орешина М.Н. Импульсное диспергирование многокомпонентных пищевых систем и его аппаратная реализация : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.12 / Н.М. Орешина. – М., 2010. – 50 с.

6. Паляничка Н.О. Вдосконалення процесу імпульсної гомогенізації молока [Текст] : автореф... канд. техн. наук, спец.: 05.18.12 / Н.О. Паляничка. — Донецьк : МОН Укр. Донецький нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, 2013. — 20 с.

7. Дейниченко Г.В. Аналітичні дослідження енерговитрат пульсаційного гомогенізатора молока/ Г.В. Дейниченко, К.О. Самойчук, Л.В. Левченко// Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. Наукові праці ХДУХТ: Харків – 2016. – Вип.1 (23) С. 170-181.

Аннотация

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ МОЛОКА В ПУЛЬСАЦИОННОМ ГОМОГЕНИЗАТОРЕ

В статье в результате аналитических исследований определена зависимость между средним диаметром жировых шариков после гомогенизации молока и конструктивно-кинематическими параметрами пульсационного гомогенизатора. Полученные результаты необходимы для проектирования

высокоэффективных энергосберегающих типов пульсационных гомогенизаторов мелкодисперсных эмульсий.

Ключевые слова: *гомогенизация, пульсационный гомогенизатор, молоко, дисперсность, теория*

Abstract

ANALYTICAL DETERMINATION OF DISPERSION AT PROCESSING OF MILK IN PULSATION HOMOGENIZER

In the article the analytical researches resulted in defining certain dependence between the average diameter of fat globules after homogenization of milk and design and kinematic parameters of the pulsation homogenizer. The received results are necessary for designing high-efficiency energy saving types of pulsation homogenizers of the fine-dispersed emulsions.

Keywords: *homogenization, pulsation homogenizer, milk, dispersion, theory*

УДК 637.134.001.57

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ МОЛОКА В ІМПУЛЬСНОМУ ГОМОГЕНІЗАТОРІ

Паляничка Н.О., к.т.н., доц.

(Таврійський державний агротехнологічний університет)

Робота присвячена пошуку найбільш достовірного методу оцінки якості гомогенізації та експериментальному визначенню середнього діаметру жирових кульок молока після гомогенізації в імпульсному гомогенізаторі. Приведено методіку проведення експерименту та мікрофотографії проб молока до та після гомогенізації.

Постановка задачі. Гомогенізацію використовують як для оброблення сировини для молочної промисловості, яку планується направити на подальше оброблення, так і для оброблення кінцевого молочного продукту [1, 2]. Мета гомогенізації – механічна стабілізація дисперсної фази, для перешкоджання процесам розділення фаз. Цей процес для молочної промисловості вкрай