

УДК 637.134.001.57

**ВИЗНАЧЕННЯ ШЛЯХІВ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ ПРОЦЕСУ
ГОМОГЕНІЗАЦІЇ МОЛОКА
IDENTIFY WAYS TO REDUCE ENERGY CONSUMPTION
HOMOGENIZATION OF MILK**

Паляничка Н.О., к.т.н., доцент

Palyanichka N.

Паляничка Н.А., к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет (м. Мелітополь,
пр.-т Б.Хмельницького, 18)

Анотація: Стаття присвячена проблемі енергоємності процесу гомогенізації молока та шляхам її зниження. Для вирішення поставленої задачі пропонується використовувати імпульсний гомогенізатор молока. В роботі приведено залежності та фактори, що впливають на гомогенізацію молока в імпульсному гомогенізаторі. Наведені експериментальні дослідження процесу, що доводять ефективність використання запропонованого гомогенізатора.

Аннотация: Статья посвящена решению проблемы энергоёмкости процесса гомогенизации. Решить эту проблему возможно использованием для гомогенизации молока импульсного гомогенизатора. Для проведения исследований был сконструирован лабораторный образец импульсного гомогенизатора. Устройство состоит с рабочей камеры с поршнями-ударниками, которые приводятся в колебательное движение через шток. Основной поршень-ударник закреплен жестко на штоке, а дополнительный соединяется с основным при помощи пружины. Для возможности регулирования частоты колебания поршня-ударника используется электродвигатель постоянного тока. Были определены теоретические зависимости энергоёмкости процесса гомогенизации в импульсном гомогенизаторе. Проведённый полнофакторный эксперимент позволил установить зависимость между энергозатратами на процесс импульсной

гомогенизации, амплитудой колебания поршня-ударника, частотой колебания и подачей молока в гомогенизатор. В результате было определено, что в импульсном гомогенизаторе с подачей молока $Q = 1800 \dots 2250$ кг/ч, амплитудой колебания $h = 10 \dots 12$ мм и частотой колебания $f = 43 \dots 59$ Гц энергозатраты на процесс гомогенизации составляет 1,5 кВт, а удельные энергозатраты – 0,83 Дж/кг, это значительно меньше чем в клапанном гомогенизаторе (7,4 Дж/кг).

Summary: The article devoted to solution of the problem of energy consumption the homogenization process. Deciding this problem is possible the use for homogenization of milk of impulsive homogenizer. For the leadthrough of researches the laboratory standard of impulsive homogenizer was constructed. The device comprises a working chamber with piston-drummer, who are vibrated through the rod. A basic piston-drummer is rigidly fixed the rod, and further connected to the main by means of a spring. For possibility control the frequency of oscillation of the piston-drummer uses a DC motor. Theoretical energy consumption depending on the homogenization process in momentum homogenizer were identified. Conducted experiment has allowed to establish the relationship between the energy consumption in the process of impulse homogenization, oscillation amplitude, the piston-drummer, frequency fluctuations and supply of milk in a homogenizer. As a result, it was determined that the impulse milk homogenizer with supply $Q = 1800 \dots 2250$ kg / h, oscillation amplitude of $h = 10 \dots 12$ mm, and an oscillation frequency of $f = 43 \dots 59$ Hz energy consumption for the homogenization process is 1.5 kW, and the specific energy - 0.83 J / kg, which is much less than the valve homogenizer (7.4 J / kg).

Ключові слова: енерговитрати, гомогенізація, молоко, імпульсна гомогенізація, частота коливання, амплітуда коливання, подача молока, поршень-ударник.

Ключевые слова: энергозатраты, гомогенизация, молоко, импульсная гомогенизация, частота колебания, амплитуда колебания, подача молока, поршень-ударник.

Keywords: energy consumption, homogenizer, milk, impulse homogenizer, oscillation frequency, oscillation amplitude, milk supplying, piston-drummer.

Постановка проблеми. Одним із важливих технологічних процесів в молочній промисловості є гомогенізація молока. Якість продуктів з використанням гомогенізованого молока набагато вища. Тому гомогенізація стала нормативним процесом у більшості сучасних технологічних схем виробництва питного стерилізованого та пастеризованого молока, кисломолочних продуктів, морозива, молочних консервів, виготовлення сиру тощо [1].

Для гомогенізації молока і молочних продуктів в основному використовують клапанні гомогенізатори. Але аналіз конструкцій клапанних гомогенізаторів показав, що вони мають істотні недоліки: значні габаритні розміри і масу, високу металоємність, високі енерговитрати, швидкий знос робочих поверхонь клапана і досить високу вартість обладнання (близько 30 тис. грн. при продуктивності 5000 л/год.). А інші види гомогенізаторів не дозволяють досягти такого ступеня дисперсності жирової фази. Тому необхідним є подальше дослідження механізмів подрібнення жирової фази молока для розробки нових, більш ефективних способів гомогенізації або вдосконалення вже існуючих з метою зменшення енергоємності процесу гомогенізації та збільшення ступеня диспергування молочного жиру [1].

Аналіз останніх досліджень. Дослідженням процесу гомогенізації молока з метою підвищення якості кінцевого продукту та зниження енергоємності займалося багато вчених. Однак, основною технічною проблемою одержання тонкодисперсних емульсій є обмеженість можливостей гомогенізаторів. Тому створення пристроїв і способів одержання тонкодисперсних емульсій з можливістю варіювання дисперсності, високою продуктивністю та невеликою енергоємністю до цих пір має підвищену актуальність [1, 2, 3].

Мета роботи. Враховуючи вищесказане, ми вирішили дослідити шляхи зниження енергоємності процесу гомогенізації зі збереженням ступеня диспергування молочного жиру.

Основна частина. Досягти високого ступеня гомогенізації та знизити енергоємність на процес можна в імпульсному гомогенізаторі молока. Для проведення експериментальних досліджень, був сконструйований пристрій для імпульсної гомогенізації, схема якого представлена на рис. 1 [2, 3, 4, 5].

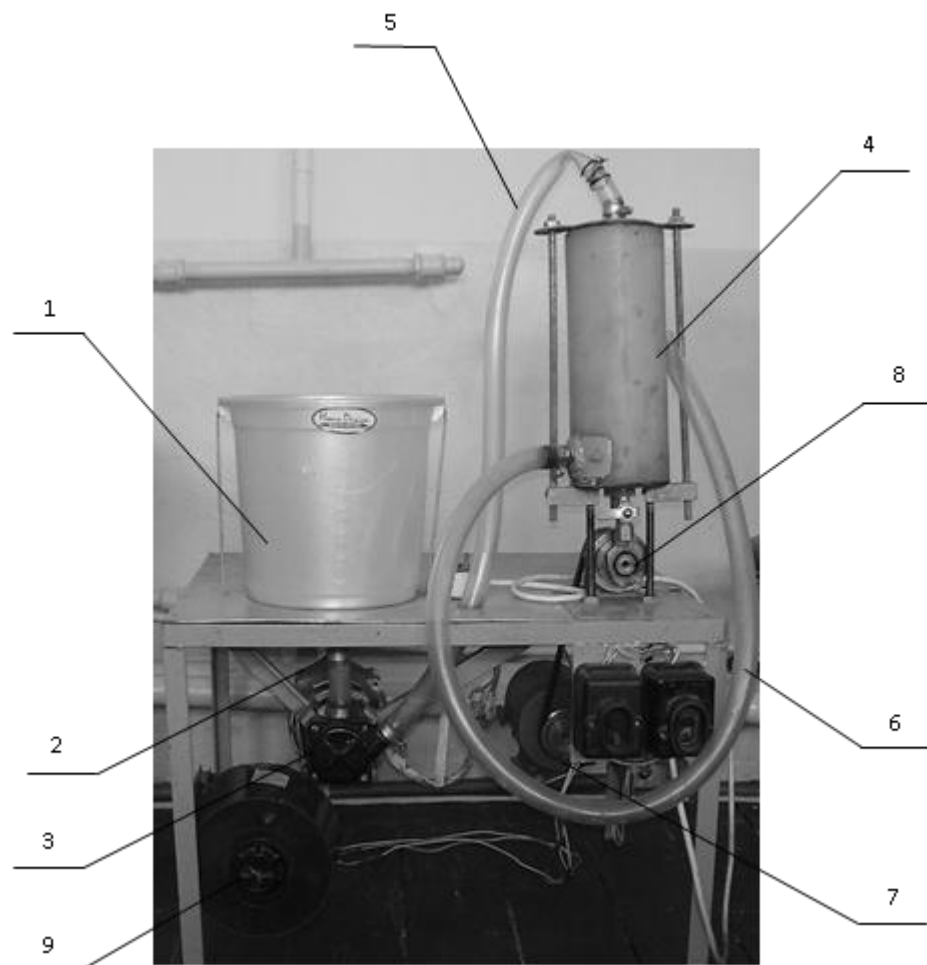


Рис. 1. Загальний вид пристрою для імпульсної гомогенізації молока:

- 1 – технологічна ємність; 2 – перепускний вентиль;
- 3 – насос; 4 – робоча камера гомогенізатора;
- 5, 6 – труби для підведення вихідного і відведення гомогенізованого молока; 7 – електродвигун постійного струму;
- 8 – імпульсний привід; 9 – лабораторний трансформатор.

Пристрій складається з робочої камери імпульсного гомогенізатора 4 з поршнями-ударниками 5, які приводяться в коливальні рухи через шток 9 приводом 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 зміни амплітуди коливання поршня-ударника використовується регульований кривошип.

В нижній частині камери розташований вентиль для відводу молока після гомогенізації 6 в ємність 7.

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

При імпульсній гомогенізації енергія витрачається на силу тиску на поршень і силу подачі молока на поршень-ударник [1, 6]. Без урахування втрат в місцевих опорах у отворах поршня-ударника, енерговитрати на гомогенізацію E , Дж, можна представити у вигляді

$$E = R \cdot V, \quad (1)$$

де R - сила тиску на поршень;

V - швидкість руху поршня-ударника (подача).

Сила тиску на поршень визначається як

$$R = c \cdot \rho \frac{V^2}{2} \cdot S, \quad (2)$$

де c – коефіцієнт опору, для круглої пластини, $c=1,1\dots1,15$ [132];

S – площа поршня, м².

Оскільки в імпульсному гомогенізаторі привід здійснюється за допомогою кривошипа, то швидкість руху поршня-ударника (подача) буде визначатися

$$V = \omega \cdot r \cdot \sin \varphi \cdot (1 + \lambda \cdot \cos \varphi), \quad (3)$$

де ω - кутова швидкість, $\omega = \frac{\pi n}{30}$, об/хв.;

r - радіус кривошипа, $r = 0,070$ м;

φ - кут повороту кривошипу;

λ - відношення радіусу кривошипу до довжини штоку, м.

$$V = 4,71 \cdot 0,07 \cdot \sin 71^\circ \cdot (1 + 0,34 \cdot \cos 71^\circ) = 0,35 \text{ м/с}$$

Після перетворень, отримуємо

$$E = c \cdot \rho_m \cdot \frac{V^3}{2} \cdot S. \quad (4)$$

$$E = 1,1 \cdot 1029 \cdot \frac{0,35^3}{2} \cdot 0,061 = 1,48 \text{ кДж/кг}$$

Питомі енерговитрати на імпульсну гомогенізацію E_{num} , Дж/кг, визначаються з виразу

$$E_{num} = \frac{E}{Q}. \quad (5)$$

$$E_{num} = \frac{1,48}{1800} = 0,82 \text{ кДж/кг.}$$

Таким чином можна відмітити, що питомі витрати на процес імпульсної гомогенізації складають 0,82 кДж/кг, що набагато менше ніж в клапанному гомогенізаторі.

З метою підтвердження достовірності розрахунків питомої енергоємності процесу гомогенізації молока в імпульсному гомогенізаторі було проведено повнофакторний експеримент, за допомогою якого було встановлено залежність між енерговитратами на процес імпульсної гомогенізації (Y), амплітудою коливань поршня-ударника (X_1), частотою коливань (X_2) та подачею молока в імпульсний гомогенізатор [1, 7].

Отримано рівняння регресії в кодованому вигляді

$$Y = 1,045 + 0,038X_1 + 0,032X_2 - 0,025X_3 + 0,19X_1^2 - 0,2X_2^2 - 0,2X_3^2. \quad (6)$$

За допомогою комп'ютерної програми Mathcad побудовано номограму (рис.2) для аналізу й дослідження рівняння регресії (6).

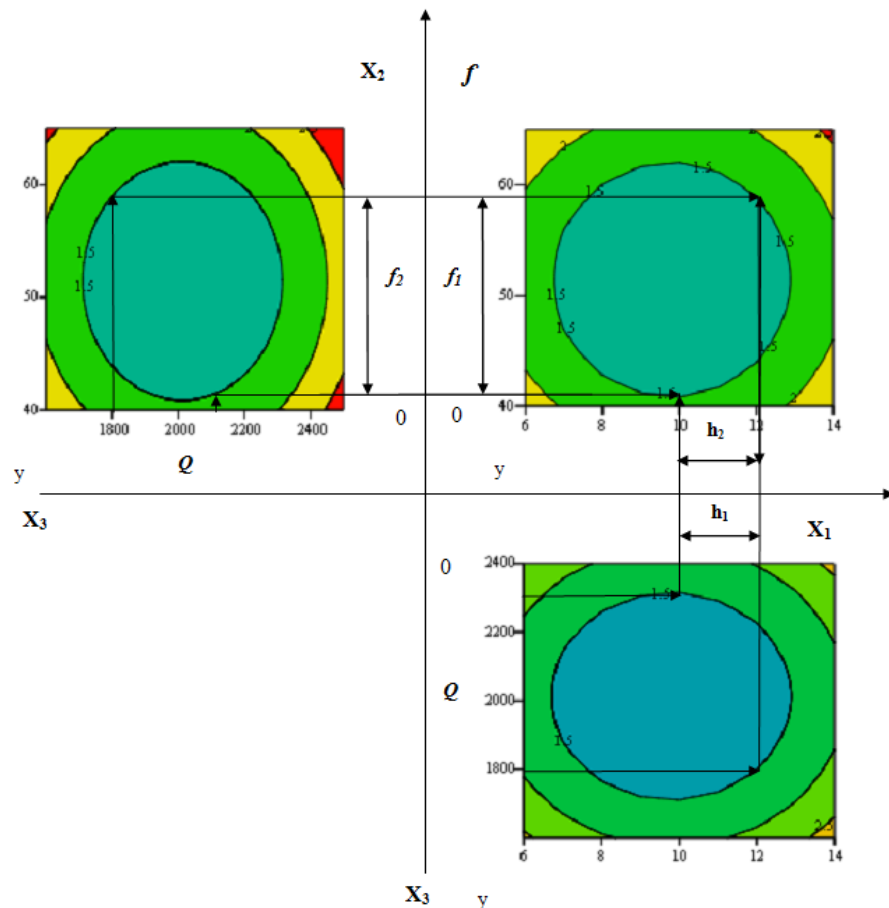


Рис. 2. Номограма для аналізу та визначення оптимальних параметрів факторів, що забезпечують мінімальні енерговитрати на процес імпульсної гомогенізації

Шляхом поєднання інтервалів варіювання факторів було отримано, що для імпульсного гомогенізатора з подачею молока $Q = 1800 \dots 2250$ кг/год і $h = 10 \dots 12$ мм та $f = 43 \dots 59$ Гц енерговитрати на процес гомогенізації становлять 1,5 кВт, а питомі енерговитрати – 0,83 Дж/кг.

Відхилення теоретичних значень h та f від експериментальних у всьому діапазоні зміни параметрів менше 9%, що підтверджує адекватність отриманих даних.

Висновок. Отже, внаслідок проведеного дослідження, можна зробити висновок, що для зниження енерговитрат на гомогенізацію молока доцільно використовувати імпульсний гомогенізатор.

Бібліографія:

1. Паляничка Н. О. Вдосконалення процесу імпульсної гомогенізації молока: дис. канд. техн. наук : 05.18.12 / Н. О. Паляничка. – Донецьк, 2013. – 194 с.
2. Паляничка Н.О. Імпульсний спосіб гомогенізації молока / Н.О. Паляничка, О.В. Гвоздєв // Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції студентів і молодих вчених “Перспективна техніка і технології – 2008”. – Миколаїв: МДАУ. – 2008. – С. 52 – 54.
3. Гвоздєв О.В Пошук конструктивного рішення імпульсного гомогенізатора молока / О.В. Гвоздєв, Н.О. Паляничка, В.М. Яворницький // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. Вип.8, Т.7. – 2008. – С. 28 – 32.
4. Пат. на корисну модель 31092 Україна, МПК⁶ B01F 7/00, B01F 5/00. Гомогенізатор для рідких продуктів / О.В. Гвоздєв, Н.О. Паляничка, Т.О. Шпиганович, І.В. Ляшок; ТДАТУ (Україна). – № 200713188; заявл. 27.11.2007; опубл. 25.03.2008; Бюл.№6.
5. Пат. на корисну модель 37355 Україна, МПК⁶ B01F 7/00, B01F 5/00. Гомогенізатор для рідких продуктів / О.В. Гвоздєв, Н.О. Паляничка, А.О. Івженко; ТДАТУ (Україна). – № 200807808; заявл. 09.06.2008; опубл. 25.11.2008; Бюл.№22.
6. Паляничка Н. О. Визначення енерговитрат на процес імпульсної гомогенізації молока / Н. О. Паляничка, О. В. Гвоздєв, К. О. Самойчук // Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції ”Состояние, достижения и перспективы переработки, стандартизации и сертификации лубоволокнистых материалов”. – Херсон: ХНТУ. – 2012. – С. 47 – 48.

7. Паляничка Н.О. Результати експериментальних досліджень процесу імпульсної гомогенізації молока / Н.О. Паляничка // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. Вип.13, Т.1. – 2013. – С. 212 – 217.

Bibliography:

1. Palyanichka N. The improvement of the process of milk impulsive homogenization: Dis. candidate. Sc. Sciences: 05.18.12 / N Palyanichka . - Donetsk, 2013. - 194 p.

2. Palyanichka N. Impulse method homogenization of milk / N. Palyanichka , O Gvozdev // Materials of IV international scientific conference of students and young scientists " Prospective equipment and technology - 2008". - Mykolaiv : MSAU . - 2008. - P. 52 - 54.

3. Gvozdev O. Search of the constructive decision of impulse homogenizator of milk / O. Gvozdev , N. Palyanichka , V. Yavornytsky // Proceedings Tauride Agrotechnological State University. - Melitopol : Tavricheskiy State Agrotechnology University . Vyp.8 , Vol.7 . - 2008. - P. 28 - 32.

4. Patent for Utility Model 31092 Ukraine , MPK6 V01F 7/00, B01F 5/00. Homogenizer for liquid products / O. Gvozdev , N. Palyanichka , T. Shpiganovich , I. Lyashoc; Tavricheskiy State Agrotechnology University (Ukraine). - № 200713188 ; appl . 27.11.2007 ; publ. 25.03.2008 ; Byul.№6 .

5. Patent for Utility Model 37355 Ukraine , MPK6 V01F 7/00, B01F 5/00. Homogenizer for liquid products / O. Gvozdev , N. Palyanshka , A. Ivzhenko ; Tavricheskiy State Agrotechnology University (Ukraine). - № 200807808 ; appl . 09.06.2008 ; publ. 25.11.2008 ; Byul.№22 .

6. Palyanichka N. Determination of impulse energy to the process of homogenization of milk / N. Palyanichka , O. Gvozdev , K. Samoichuk // Proceedings of the International Scientific Conference " STATUS , achievements and prospects REFINING , standardization and certification lubovoloknystuh materials ." - Kherson: KNTU . - 2012. - P. 47 - 48.

7. Palyanichka N. Results of experimental researches of process of impulsive homogenization of milk / N. Palyanichka // Proceedings Tauride Agrotechnological State University. - Melitopol : Tavricheskiy State Agrotechnology University . Vyp.13 , Vol.1 . - 2013. - S. 212 - 217.