

УДК 637.134.001.57

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ НА СТУПІНЬ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ В ІМПУЛЬСНОМУ ГОМОГЕНІЗАТОРІ

Паляничка Н.О., к.т.н.,

Антонова Г.В., старший викладач

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-13-06

Анотація – робота присвячена визначенню впливу основних факторів на ступінь гомогенізації в імпульсному гомогенізаторі.

Ключові слова – ступінь гомогенізації, частота коливання, амплітуда коливання, імпульсний гомогенізатор, фактори, поршень-ударник.

Постановка проблеми. У молочній промисловості одним із важливих технологічних процесів є гомогенізація молока [1]. На сьогоднішній день для гомогенізації молока і молочних продуктів переважно 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. Тому необхідне 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. На нашу думку, перспективною в цьому сенсі є імпульсна гомогенізація, яка дозволяє отримати ступінь диспергування не нижче клапанних гомогенізаторів зі значно меншими енерговитратами [2].

Аналіз останніх досліджень. Внаслідок проведених теоретичних досліджень було визначено, що впливовими факторами процесу імпульсної гомогенізації молока є амплітуда коливання поршня-ударника, частота коливання поршня-ударника, подача молока в імпульсний гомогенізатор. Було розроблено пристрій для проведення експериментальних досліджень по визначенню впливу даних факторів на ступінь гомогенізації [3,4].

Постановка завдання. Метою даної роботи є визначення впливу основних факторів на ступінь гомогенізації в імпульсному гомогенізаторі.

Основна частина. Проведені теоретичні та експериментальні дослідження показали, що основними факторами, що впливають на ступінь гомогенізації, є амплітуда коливання поршня-ударника, частота коливання поршня-ударника та подача молока в імпульсний гомогенізатор [4,5].

Нелінійна модель впливу амплітуди коливання поршня-ударника, частоти та подачі молока в імпульсному гомогенізаторі на ступінь гомогенізації має вигляд

$$\begin{aligned} \tilde{y}_i = & 260,54 - 2,53x_1 - 1,464x_2 - 0,4884x_3 + 0,014x_1x_2 + \\ & + 0,106x_1^2 - 0,01353x_2^2 - 0,0000115x_3^2, \end{aligned} \quad (1)$$

де x_1 – амплітуда коливання поршня-ударника h , мм

x_2 – частота коливання f , Гц

x_3 – подача молока в імпульсний гомогенізатор Q , кг/год.

Для визначення точки оптимуму рівняння регресії другого порядку диференціюємо по кожному фактору і прирівнюємо до нуля.

Отримуємо

$$\begin{cases} \frac{\partial \tilde{y}}{\partial z_1} = 0,852 + 0,2z_2 + 0,694z_1 = 0 \\ \frac{\partial \tilde{y}}{\partial z_2} = 0,2 + 1,326z_1 + 0,602z_2 = 0 \\ \frac{\partial \tilde{y}}{\partial z_3} = -0,588 + 0,918z_3 = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Оптимальне значення функції – $(\tilde{y}_i = 5,0)$.

Для фіксованого фактора обчислюємо в пакеті MathCad [46, 54, 72, 116] можливі двовимірні перетини.

1) Двовимірний перетин поверхні відгуку, який характеризує амплітуду коливання поршня-ударника h і частоту коливання f :

при $z_3 = 0$

$$y_i = 4,88 + 0,694z_1 + 0,602z_2 + 0,2z_1z_2 + 0,426z_1^2 - 0,663z_2^2. \quad (3)$$

Обчислюємо часткові похідні

$$\begin{cases} \frac{\partial y}{\partial z_1} = 0,694 + 0,2z_2 + 0,852z_1 = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial z_2} = 0,602 + 0,2z_1 + 1,326z_2 = 0, \end{cases}$$

$$z_{1s} = -0,73, \quad z_{2s} = -0,34, \quad y_s = 1,522.$$

Проводимо канонічне перетворення рівняння, для чого вирішуємо систему

$$f(B) = \begin{vmatrix} 0,852 - B & 0,5 \cdot 0,2 \\ 0,01 & 1,326 - B \end{vmatrix} = (0,852 - B)(0,326 - B) - 0,01^2 = 0.$$

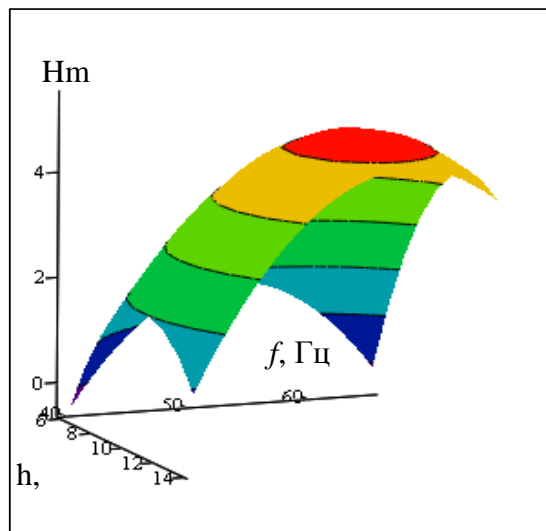
Власними числами даного характеристичного рівняння будуть

$$B_{11} = 0,85, \quad B_{22} = 0,33.$$

Канонічне рівняння буде мати вигляд

$$Y - 1,522 = 0,85 X_{11}^2 + 0,33 X_{22}^2.$$

Поверхня відгуку рівняння (3) графічно представлена на рис. 1.



у

Рис. 1. Графічна залежність ступеня гомогенізації від амплітуди коливання поршня-ударника імпульсного гомогенізатора і частоти коливання.

З графіка видно, що з підвищенням амплітуди коливання поршня-ударника імпульсного гомогенізатора до 13,8 мм і частоти коливання до 65 Гц підвищується ступінь гомогенізації, однак при подальшому збільшенні цих показників значення ступеня гомогенізації зменшується.

Для більш детального аналізу залежності ступеня гомогенізації від амплітуди коливання поршня-ударника і частоти був побудований контурний графік (рис. 2).

Аналізуючи даний графік, можна зробити наступний висновок, що максимальний ступінь гомогенізації $N_m = 5$ досягається при амплітуді коливання поршня-ударника $h = 10 \dots 13,8$ мм та частоті коливання $f = 51 \dots 65$ Гц. При зменшенні чи збільшенні цих показників значення ступеня гомогенізації зменшується.

2) Двовимірний перетин поверхні відгуку, який характеризує амплітуду коливання поршня-ударника h і подачу молока в імпульсному гомогенізаторі Q

при $z_2 = 0$

$$y_i = 4,88 + 0,694z_1 - 0,588z_3 + 0,426z_1^2 - 0,459z_3^2. \quad (4)$$

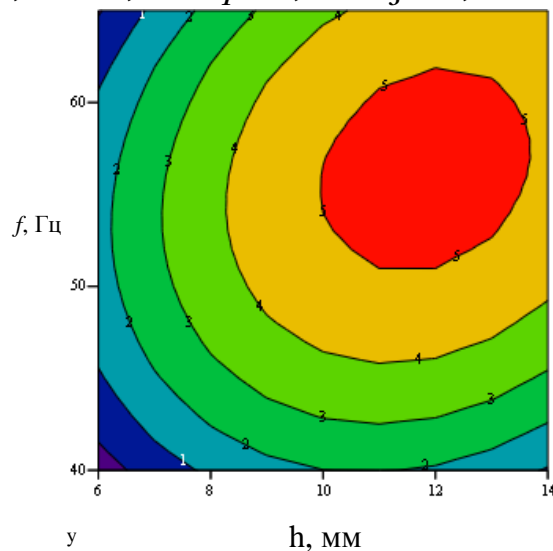


Рис. 2. Графік ліній рівня залежності ступеня гомогенізації від амплітуди коливання поршня-ударника імпульсного гомогенізатора і частоти коливання.

Обчислюємо часткові похідні

$$\begin{cases} \frac{\partial y}{\partial z_1} = 0,694 + 0,856z_1 = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial z_3} = -0,588 - 0,918z_3 = 0, \end{cases}$$

$$z_{2s} = -0,81, \quad z_{3s} = 0,64 \quad y_s = 1,639.$$

Проводимо канонічне перетворення рівняння, для чого вирішуємо систему:

$$f(B) = \begin{vmatrix} 0,856 - B & 0 \\ 0 & 0,918 - B \end{vmatrix} = (0,856 - B)(0,918 - B) - 0^2 = 0.$$

Власними числами даного характеристичного рівняння будуть

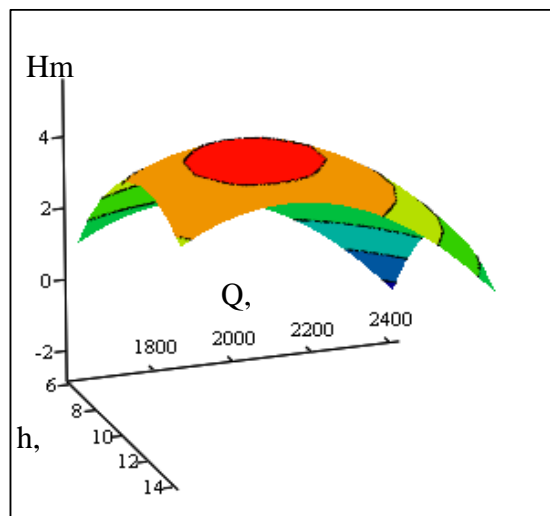
$$B_{11} = 0,856, B_{22} = 0,918.$$

Канонічне рівняння буде мати вигляд

$$Y - 1,639 = 0,856 X_{11}^2 - 0,918 X_{22}^2.$$

Графік і лінії рівня залежності ступеня гомогенізації від амплітуди коливання поршня-ударника і подачі молока в імпульсний гомогенізатор представлені на рис. 3 та 4.

Отримані дані вказують на те, що при підвищенні амплітуди коливання поршня-ударника до значення 10...14 мм і подачі молока 1770...2050 кг/год градієнт швидкості потоку збільшиться, що веде до збільшення ступеня гомогенізації.



у

Рис. 3. Графічна залежність ступеня гомогенізації від амплітуди коливання поршня-ударника і подачі молока в імпульсному гомогенізаторі.

3) Двовимірний перетин поверхні відгуку, який характеризує частоту коливання поршня-ударника f і подачу молока в імпульсному гомогенізаторі Q

при $z_1=0$

$$y_i = 4,88 + 0,602z_2 - 0,588z_3 + 0,663z_2^2 - 0,459z_3^2. \quad (5)$$

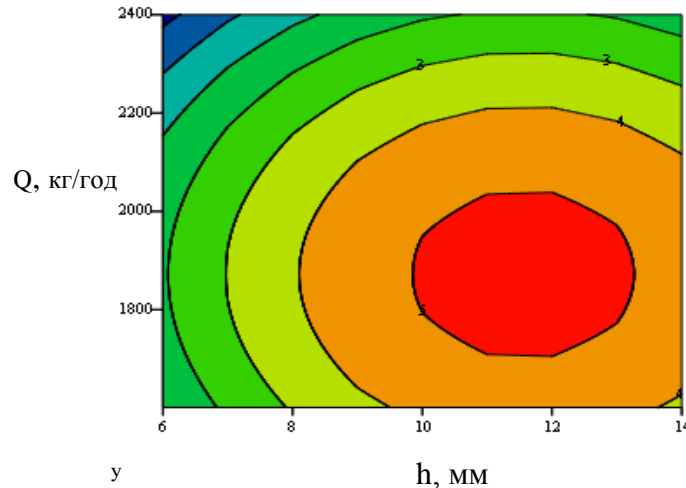


Рис. 4. Графік ліній рівня залежності ступеня гомогенізації від амплітуди коливання поршня-ударника і подачі молока в імпульсному гомогенізаторі.

Обчислюємо часткові похідні

$$\begin{cases} \frac{\partial y}{\partial z_2} = 0,602 + 1,326z_2 = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial z_3} = -0,588 + 0,918z_3 = 0, \end{cases}$$

$$z_{2s} = -0,43, \quad z_{3s} = 0,64, \quad y_s = 1,56.$$

Проводимо канонічне перетворення рівняння, для чого вирішуємо систему

$$f(B) = \begin{vmatrix} 1,326 - B & 0 \\ 0 & 0,918 - B \end{vmatrix} = (1,326 - B)(0,918 - B) - 0^2 = 0.$$

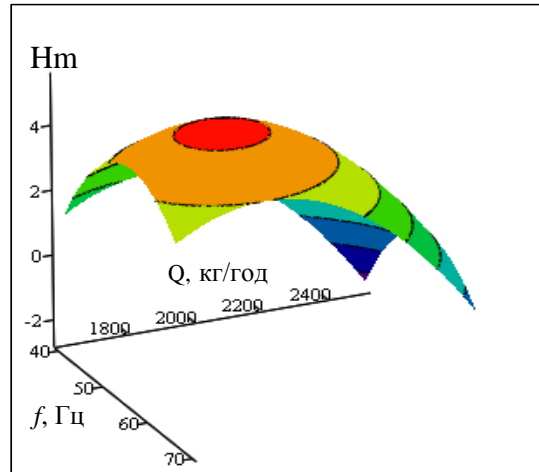
Власними числами даного характеристичного рівняння будуть

$$B_{11} = 1,326, \quad B_{22} = 0,918.$$

Канонічне рівняння буде мати вигляд

$$Y - 1,56 = 1,326 X_{11}^2 + 0,918 X_{22}^2.$$

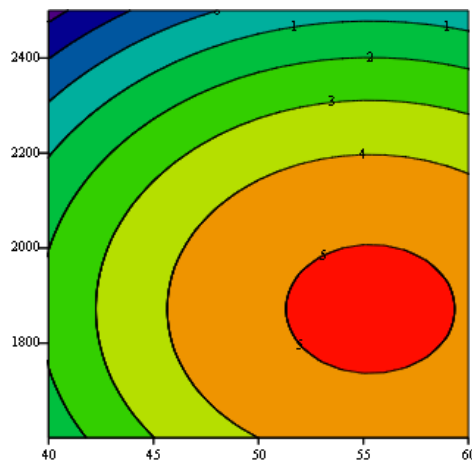
Графік і лінії рівня залежності ступеня гомогенізації від частоти коливання поршня-ударника і подачі молока в імпульсному гомогенізаторі представлені на рис. 5 та 6.



у

Рис. 5. Графічна залежність ступеня гомогенізації від частоти коливання поршня-ударника і подачі молока в імпульсному гомогенізаторі молока.

Дані графіки показують, що максимальна ступінь гомогенізації $H_m = 5$ досягається при подачі молока в імпульсний гомогенізатор $Q = 1760 \dots 2010$ кг/год і частоті коливання $f = 52 \dots 59$ Гц.



у

Рис. 6. Графік ліній рівня залежності ступеня гомогенізації від частоти коливання поршня-ударника і подачі молока в імпульсному гомогенізаторі.

Висновки. Отже, внаслідок проведеного експериментального дослідження було встановлено, що для одержання максимального ступеня гомогенізації $H_m = 5$ необхідно створити наступні умови: амплітуду коливань поршня-ударника $h = 10 \dots 12$ мм, частоту коливань $f = 55 \dots 59$ Гц та подачу молока в імпульсному гомогенізаторі $Q = 1800 \dots 2000$ кг/год.

Література:

1. *Вайткус В.В.* Гомогенизація молока / В.В. Вайткус. – М.: Пищ. пром–сть, 1967. – 218 с.
2. *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.
3. *Гвоздєв О.В.* Обґрунтування параметрів імпульсного гомогенізатора молока / О.В. Гвоздєв, Н.О. Паляничка // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. Вип.11, Т.6. – 2011. – С. 191 – 197.
4. *Паляничка Н.О.* Експериментальне обґрунтування параметрів імпульсного гомогенізатора молока / Н.О. Паляничка, О.В. Гвоздєв // Збірник наукових праць Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса: ОНАХТ. Вип.39., Т.2. – 2011. – С. 177 – 181.
5. *Паляничка Н.О.* Вдосконалення процесу імпульсної гомогенізації молока: дис. канд. техн. наук : 05.18.12 / Н. О. Паляничка. – Донецьк, 2013. – 194 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ НА СТЕПЕНЬ ГОМОГЕНИЗАЦИИ В ИМПУЛЬСНОМ ГОМОГЕНИЗАТОРЕ

Паляничка Н.А., Антонова Г.В.

Аннотація – робота посвящена определению влияния основных факторов на степень гомогенизации в импульсном гомогенизаторе.

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF INFLUENCE OF BASIC FACTORS ON DEGREE OF HOMOGENIZATION IN IMPULSIVE HOMOGENIZER

N. Palyanichka, G. Antonova

Summary

Work is devoted to the influence of the main factors determine the degree of homogenization in impulse homogenizer.