

УДК 637.134.001.57

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ІМПУЛЬСНОЇ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ МОЛОКА

Паляничка Н.О., інженер

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-13-06

**Анотація** - представлені результати експериментальних досліджень впливу конструктивних та технологічних параметрів імпульсного гомогенізатора молока на якість гомогенізації з використанням номограмного методу аналізу рівняння регресії.

**Ключові слова** – імпульсна гомогенізація, експеримент, молоко, ступінь гомогенізації, енерговитрати.

*Постановка проблеми.* Для гомогенізації молока і молочних продуктів на сьогоднішній день в основному використовують клапанні гомогенізатори. Але аналіз клапанних гомогенізаторів показав, що вони мають істотні недоліки: значні габаритні розміри і маса, висока металоємність, високі енерговитрати, швидкий знос робочих поверхонь клапану і досить висока вартість обладнання (близько 30 тис. грн. при продуктивності 5000 л/год.). А інші види гомогенізаторів не дозволяють досягти такого ступеня дисперсності жирової фази. На нашу думку перспективною в цьому сенсі є імпульсна гомогенізація, яка дозволяє отримати ступінь диспергування не нижче клапанних зі значно меншими енерговитратами [1, 2].

*Аналіз останніх досліджень.* В наслідок проведених теоретичних досліджень було визначено, що імпульсна гомогенізація дає можливість отримати високу якість гомогенізації молока та на 15% менші енерговитрати на процес гомогенізації в порівнянні з найбільш перспективними видами гомогенізаторів [3]. Розроблено пристрій для проведення експериментальних досліджень.

Впливовими факторами процесу імпульсної гомогенізації молока є амплітуда коливання поршня-ударника, частота коливання поршня-ударника, подача молока в імпульсний гомогенізатор, температура гомогенізації, форма отворів поршня-ударника, довжина робочої камери гомогенізатора, діаметр робочої камери [4].

Досліджено вплив амплітуди коливання поршня-ударника імпульсного гомогенізатора, частоти коливання та подачі молока на

ступінь гомогенізації та енерговитрати на процес імпульсної гомогенізації молока.

*Основна частина.* Для виконання експерименту використовувалося молоко за ГОСТ 3622-68 (Молоко и молочные продукты. Отбор проб и подготовка их к испытанию).

Досліджували вплив таких факторів як амплітуда коливання поршня-ударника  $h$ , частота  $f$ , подача молока  $Q$ , на ступінь гомогенізації  $Hm$ , температура гомогенізації  $T$  та енерговитрати на процес гомогенізації  $E$ , а також взаємний вплив цих факторів. Три фактори варіювалися на двох рівнях.

В результаті реалізації повнофакторного експерименту було отримано рівняння регресії в кодованому вигляді

$$Y = 4,88 + 0,694X_1 + 0,602X_2 - 0,588X_3 + 0,2X_1X_2 + 0,426X_1^2 - 0,663X_2^2 - 0,459X_3^2 \quad (1)$$

Для аналізу результатів повнофакторного експерименту, представлених у вигляді рівняння регресії (1), що адекватно описує процес імпульсної гомогенізації молока, пропонується номограмний метод, який дає можливість побачити одночасно вплив на параметр оптимізації всіх змінних незалежних факторів, що беруть участь у рівнянні регресії, тобто як вони впливають на реальний технологічний процес [5].

За допомогою комп'ютерної програми Mathcad [6, 7] і розробленої методики, побудовано номограму (рис.1) для аналізу й дослідження рівняння регресії (1).

Стаavimo завдання, визначити при яких допустимих межах коливань змінних факторів  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  багатфакторного експерименту параметр оптимізації (ступінь гомогенізації молока  $Hm$ ) не буде нижче 4,7. Завдання ставиться для умов подачі молока в імпульсному гомогенізаторі  $Q = 1800...2000$  кг/год. Завдання вирішуємо двома шляхами з наступним об'єднанням області оптимізації й інтервалів варіювання факторів.

Перший шлях. На осі ординат правого нижнього квадрату відкладаємо інтервал  $Q = 1800...2000$  і проводимо горизонтальні лінії до перетинання з контурною лінією в центрі двовимірних перетинів поверхні відгуку  $h - Q$ .

Далі піднімаємося до перетинання з віссю  $h$ , одержуємо інтервал варіювання  $h_1 = 10...13$  мм і точки перетинання з контурною лінією в центрі двовимірних перетинів поверхні відгуку  $h - f$  (верхній правий квадрат). З отриманих точок проводимо горизонтальні лінії до перетинання з віссю  $f$ , одержуємо інтервал варіювання  $f_1 = 53...62$  Гц.

Другий шлях. На осі абсцис лівого верхнього квадрату відкладаємо інтервал  $Q = 1800...2000$  і проводимо вертикальні лінії до перетинання з контурною лінією в центрі двовимірних перетинів поверхні відгуку  $f - Q$ . Далі із точок перетинання проводимо горизонтальні лінії до перетинання з віссю  $f$ , одержуємо інтервал варіювання  $f_2 = 53...59$  Гц. Далі аналогічно першому шляху одержуємо інтервал варіювання  $h_2 = 10...13$  мм.

Таким чином, поєднуючи отримані інтервали варіювання факторів, одержуємо, що для імпульсного гомогенізатора з подачею молока  $Q = 1800...2000$  кг/год і ступіню гомогенізації 5 необхідно мати:  $h = 10...13$  мм та  $f = 53...62$  Гц.

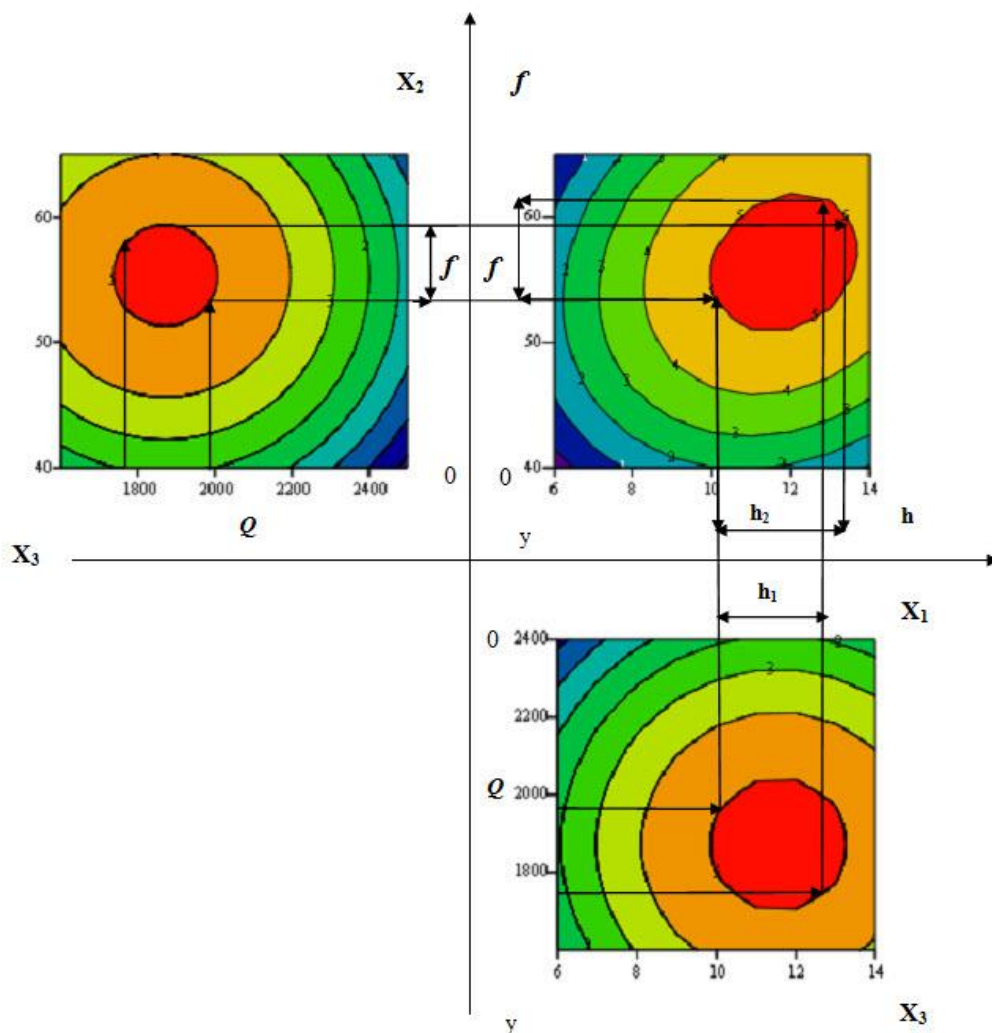


Рис. 1. Номограма для аналізу та визначення оптимальних параметрів факторів, що забезпечують ступінь гомогенізації молока в імпульсному гомогенізаторі не нижче 4,7.

Відхилення теоретичних значень  $h$  та  $f$  від експериментальних у всьому діапазоні зміни параметрів знаходиться в межах 11%, що підтверджує адекватність отриманих даних.

Використовуючи дану методику також визначимо при яких допустимих межах коливань змінних факторів  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  багатофакторного експерименту параметр оптимізації (енерговитрати та питомі енерговитрати на процес гомогенізації  $E$  та  $E_{num}$ ) буде мінімальним. Завдання ставиться для умов подачі молока в імпульсному гомогенізаторі  $Q = 1800 \dots 2000$  кг/год. За допомогою комп'ютерної програми «MathCad» і розробленої методики, будемо номограму (рис. 2) для аналізу й дослідження рівняння регресії (2).

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

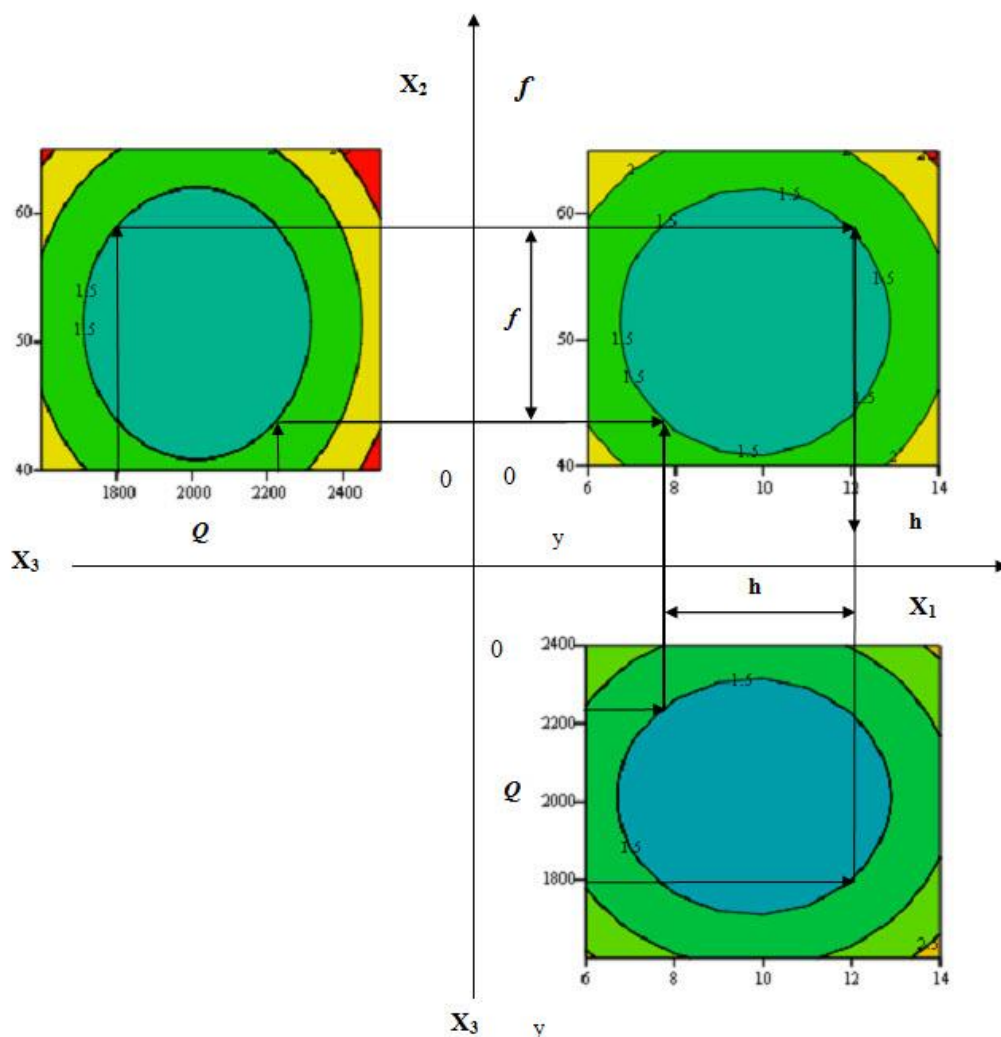


Рис. 2. Номограма для аналізу та визначення оптимальних параметрів факторів, що забезпечують мінімальні енерговитрати на процес імпульсної гомогенізації.

Далі згідно описаного алгоритму відкладаємо і визначаємо інтервали варіювання факторів  $f$  та  $h$ . В результаті поєднання

інтервалів варіювання факторів було отримано, що для імпульсного гомогенізатора з подачею молока  $Q = 1800...2000$  кг/год і  $h = 8...12$  мм та  $f = 43...59$  Гц енерговитрати на процес гомогенізації становлять 1,5 кВт, а питомі енерговитрати – 0,83 Дж/кг.

В результаті суміщення оптимумів двох номограм можна зробити висновок, що для одержання максимального ступеня гомогенізації  $N_m = 5$  при мінімальних питомих енергозатрат  $E_{пит} = 0,83$  Дж/кг необхідно мати наступні умови: амплітуду коливання поршня-ударника  $h = 10...12$  мм частоту коливання  $f = 55...59$  Гц та подачу молока в імпульсному гомогенізаторі  $Q = 1800...2000$  кг/год.

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

Номограмний метод аналізу призначений для візуального дослідження результатів багатофакторного експерименту, для визначення меж коливань, що допускаються, незалежних змінних факторів, що забезпечують знаходження параметра оптимізації технологічної системи в заданій області значень із мінімальною похибкою.

*Висновки.* В наслідок проведених експериментальних досліджень з використанням номограмного методу аналізу рівняння регресії було визначено, що раціональними параметрами роботи імпульсного гомогенізатора для отримання максимального ступеня гомогенізації 5 при питомих енерговитратах 0,83 Дж/кг є: амплітуда коливань поршня-ударника 10...12 мм; частота коливань поршня-ударника 55...59 Гц; подача молока 1800...2000 кг/год.

#### Література:

1. *Нужин Е. В.* Гомогенизация и гомогенизаторы. Монография / Е. В. Нужин, А. К. Гладушняк ; – Одесса: Печатный дом, 2007. – 264с.

2. *Самойчук К.О.* Обґрунтування параметрів та режимів роботи протитечійно-струменевого гомогенізатора молока: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / К.О. Самойчук – Донецьк, 2008. – 155 с.

3. *Гвоздев О.В.* Комп'ютерне моделювання імпульсного гомогенізатора молока з використанням програмного забезпечення Ansys Workbench / О.В. Гвоздев, К.О. Самойчук, Н.О. Паляничка // Обладнання та технології харчових виробництв: тематичний збірник наукових праць. – Донецьк. – 2012. Вип. 28. С. 294–300.

4. *Паляничка Н.О.* Експериментальне обґрунтування параметрів імпульсного гомогенізатора молока / Н.О. Паляничка, О.В. Гвоздев // Збірник наукових праць Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса. – 2011. Вип.39., Т.2. С. 177–181.

5. *Шпиганович Т. О.* Вдосконалення процесу попередньої сепарації зерна в дробарці прямого удару: дис. Канд. Техн. Наук: 05.0511 / Т. О. Шпиганович – Сімферополь, 2012. – 247.

6. *Ракитин В. И.* Руководство по методам вычислений и приложения МATHCAD / В. И. Ракитин. – М.: Физматлит, 2005. – 264 с.

7. *Макаров Е. Г.* Инженерные расчеты в Mathcad: учебный курс / Е.Г. Макаров. – СПб: Питер, 2005. – 448 с.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ИМПУЛЬСНОЙ ГОМОГЕНИЗАЦИИ МОЛОКА**

Паляничка Н.А.

**Аннотация – представлены результаты экспериментальных исследований влияния конструктивных и технологических параметров импульсного гомогенизатора молока на качество гомогенизации с использованием номограмного метода анализа уравнения регрессии.**

## **RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF PROCESS OF IMPULSIVE HOMOGENIZATION OF MILK**

N. Palyanichka

### *Summary*

**The presented results of experimental researches of influence of structural and technological parameters of impulsive homogenizator of milk are on quality of homogenization with the use of nomogram method of analysis of equalization of regression.**