

ВИЗНАЧЕННЯ ГРАДІЄНТУ ШВИДКОСТІ ПОТОКУ МОЛОКА ПРИ ІМПУЛЬСНІЙ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ

Паляничка Н.О., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.(0619) 42-13-06

Анотація – робота присвячена визначенню градієнту швидкості потоку молока за допомогою програми Ansys Workbench.

Ключові слова - гомогенізація, градієнт швидкості потоку, Ansys Workbench, робоча камера, молоко.

Постановка проблеми. Гомогенізація – це один із важливих технологічних процесів у молочній промисловості. У зв'язку з розвитком технологій до гомогенізованих компонентів, що застосовують, висуваються підвищені вимоги щодо дисперсності кінцевого продукту. Основною технічною проблемою одержання тонкодисперсних емульсій є обмеженість можливостей гомогенізаторів. Тому створення пристроїв і способів одержання тонкодисперсних емульсій з можливістю варіювання дисперсності й високою продуктивністю має підвищену актуальність [1].

Проведений аналіз досліджень показав, що ефективність гомогенізації залежить від багатьох факторів, але одними з визначальних є тиск, що утворюється у ході процесу гомогенізації у робочій камері та градієнт швидкості потоку молока [2,3,4].

Постановка завдання. Метою даної роботи є визначення градієнту швидкості потоку молока при імпульсній гомогенізації за допомогою комп'ютерного моделювання з застосуванням універсальної програмної системи кінцево-елементного аналізу Ansys Workbench.

Основна частина. Руйнування жирових кульок в імпульсному гомогенізаторі відбувається за рахунок градієнту швидкості.

Оскільки цей параметр досить важко розрахувати, було вирішено розрахувати швидкість потоку молока, а також тиск, який утворюється під час імпульсної гомогенізації за допомогою комп'ютерного моделювання з застосуванням універсальної програмної системи кінцево-елементного аналізу Ansys Workbench [5, 6, 7, 8]. Дана програма має модуль CFX, який дозволяє ефективно і надійно проводити розрахунки, зв'язані з динамікою рідин та газів.

У імпульсному гомогенізаторі швидкість потоку молока головним чином залежить від амплітуди коливання поршня-ударника і частоти коливання. Тільки визначення залежності швидкості від параметрів імпульсного гомогенізатора дасть можливість перейти до визначення

ефективності гомогенізації.

Маючи необхідне уявлення про модель робочої камери і попередньо розраховані геометричні параметри гомогенізатора, за допомогою системи автоматизації проектних робіт у трьох вимірах Solidworks була спроектована робоча модель камери імпульсного гомогенізатора (рис. 1).

Далі дана модель була інтегрована безпосередньо в модуль CFX на базі платформи Ansys Workbench. Для отримання більш точних результатів розрахунку динаміки рідини і газів використовується остання версія системи створення сітки Ansys Meshing.

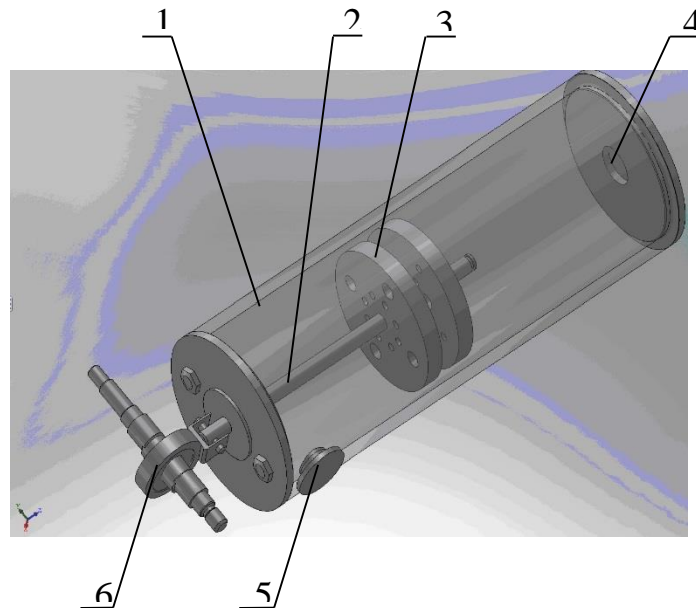


Рис. 1. Модель робочої камери імпульсного гомогенізатора виконаної в Solidworks:

1 – циліндр; 2 – шток; 3 – поршні-ударники; 4 – патрубок підведення; 5 – патрубок відведення; 6 – кривошипний механізм.

У якості вихідних даних для розрахунку в програмі Ansys Workbench були внесені геометричні параметри імпульсного гомогенізатора та фізико-хімічні властивості молока. Діаметр робочої камери було обрано з умови забезпечення продуктивності гомогенізатора 1500...2000 кг/год рівним $D = 0,3$ м; довжина робочої камери визначалася згідно діаметру камери:

$$L = 4 \frac{Q}{\pi \cdot D^2 \cdot f} = 4 \frac{1,8}{3,14 \cdot 0,3^2 \cdot 59} = 0,5; \text{ діаметри отворів у поршні-ударнику були}$$

прийняті $d_{\text{вихід}} = 0,008$ м; $d_{\text{вих}} = 0,002$ м, кількість отворів у поршні-ударнику $n = 16$; товщина поршнів-ударників $S_{\text{пор}} = 12$ мм; амплітуда коливань $h = 2 \dots 12$ мм; частота коливань поршня-ударника $f = 45 \dots 55$ Гц; густина молока $\rho_m = 1029$ кг/м³; густина плазми $\rho_n = 1035$ кг/м³; в'язкість молока $\mu = 0,00179$ Па·с; поверхневий натяг на межі фаз повітря-плазма $\sigma_n = 0,054$ Н/м; поверхневий натяг на межі фаз повітря-жир $\sigma_{жс} = 0,030$ Н/м.

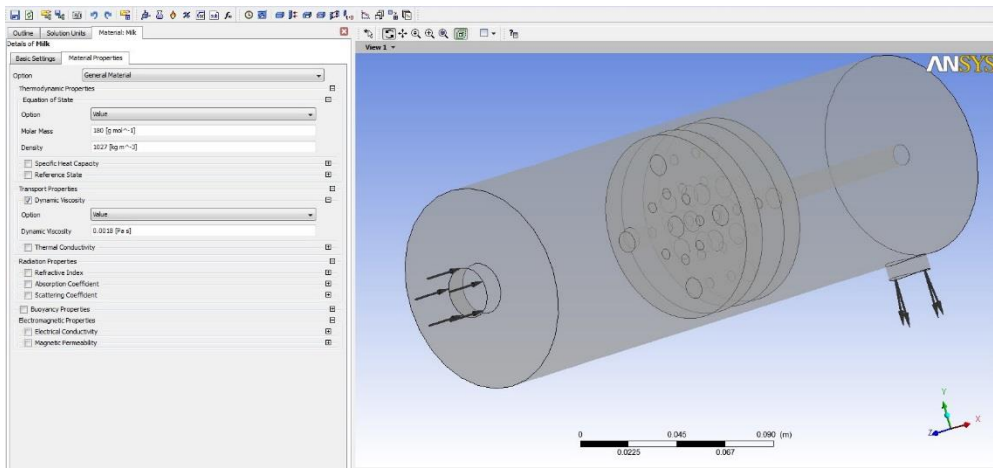


Рис. 2. Вікно вихідних даних в Ansys Workbench.

На початку вирішення поставленої задачі для зручності розрахункову область було розділено на дві частини: область проходження молока через отвори в поршні-ударнику та область проходження молока в зазорі між поршнем-ударником і циліндром.

На першому етапі розрахунку було виконано стаціонарне вирішення методом фіксованого ротору (Frozen rotor). Це дозволило провести попередню оцінку розподілу тиску і швидкостей за об'ємом робочого циліндру. Крім того, отримані дані показали, що найбільш доцільно було б використовувати частоту коливання поршня-ударника 55 Гц. Оскільки при меншій амплітуді швидкість потоку молока дуже мала, тобто можна припустити, що процес гомогенізації при такій частоті відбуватися не буде. А при збільшенні частоти коливання поршня-ударника швидкість потоку збільшується незначно, а потужність при цьому, навпаки, дуже сильно зростає (у 1,5 рази). Отже в подальшому було вирішено проводити розрахунки саме при частоті коливання поршня-ударника 55 Гц.

Для розрахунку нестационарного потоку молока було розглянуто амплітудний діапазон у 12 мм. Даний інтервал був розділений на 6 кроків. У результаті нев'язка по більшості рівнянь не перевищувала 10^{-5} . Така точність сповна прийнятна для якісної оцінки динаміки течії [7].

В імпульсному гомогенізаторі подрібнення жирових кульок відбувається завдяки утворенню градієнту швидкості потоку молока $\frac{dv}{dx}$. Тому для того, щоб визначити ступінь гомогенізації, необхідно спочатку розрахувати градієнт швидкості $\frac{dv}{dx}$ під час гомогенізації.

Для вирішення даної задачі спочатку розраховуємо швидкість потоку молока на виході з першого і другого поршнів-ударників, між поршнями і поза поршнями в залежності від відстані x по довжині робочої камери завдяки програмі Ansys Workbench [6, 7, 8].

Лінії токів розподілу швидкості потоку молока в залежності від відстані x за довжиною робочої камери представлені на рис. 3.

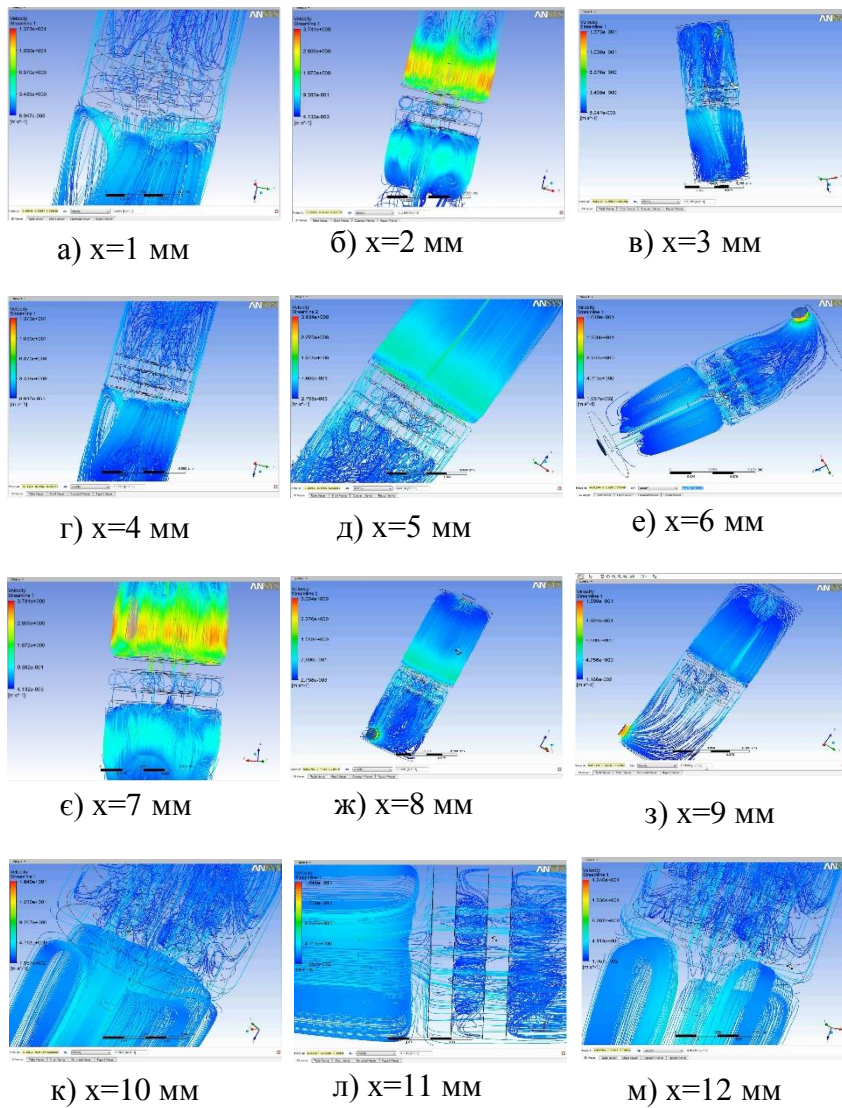


Рис. 3. Тривимірні графіки ліній току розподілу швидкості потоку молока на виході з другого поршня-ударника в залежності від відстані x за довжиною робочої камери імпульсного гомогенізатора виконані в Ansys Workbench.

Згідно отриманих даних відповідно побудовано графік (рис. 4) залежності швидкості потоку молока від відстані за довжиною робочої камери при $f = 55$ Гц і $h = 10$ мм.

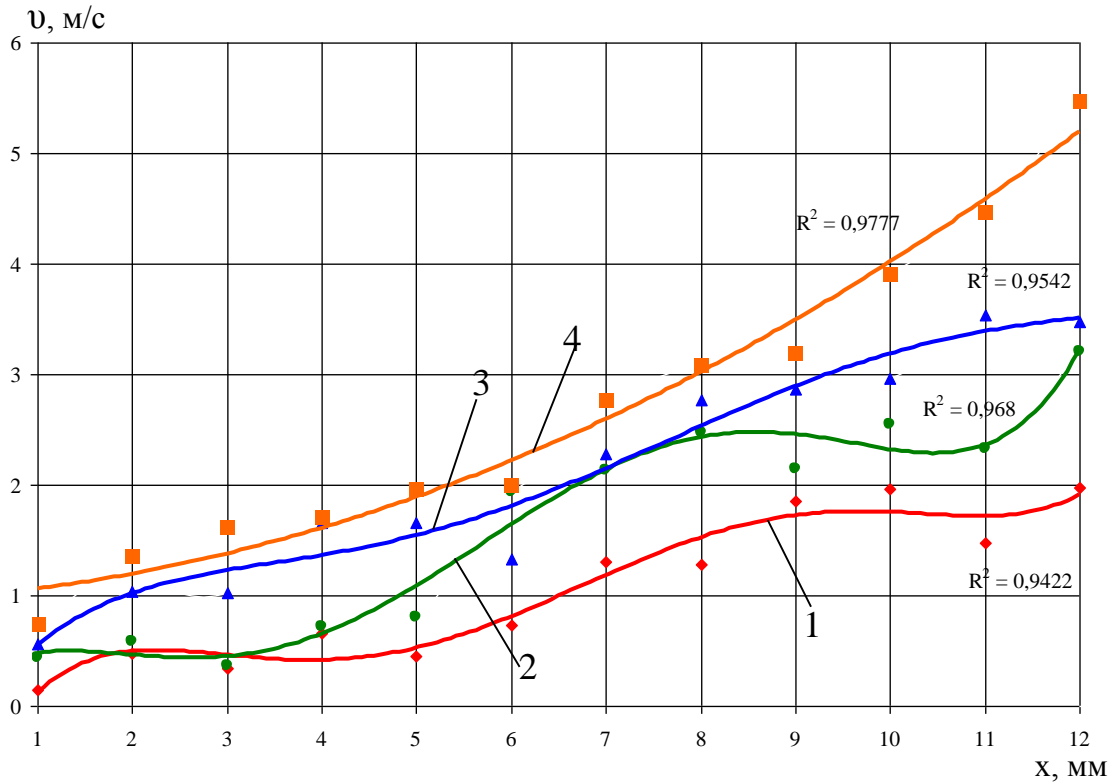


Рис. 4. Графік залежності швидкості потоку молока від довжини робочої камери:

- 1 – на виході з першого поршня-ударника; 2 – між поршнями;
3 – на виході з другого поршня; 4 – поза поршнями.

Рівняння апроксимації залежності швидкості потоку молока на виході з першого v_1 і другого v_2 поршнів-ударників, між поршнями v_3 і поза поршнями v_4 від відстані за довжиною камери x мають наступний вигляд:

$$v_1 = 0,0005x^5 - 0,0162x^4 + 0,1953x^3 - 1,0104x^2 + 2,2607x - 1,3023, \quad (1)$$

$$v_2 = 0,0002x^5 - 0,0059x^4 + 0,0818x^3 - 0,4905x^2 + 1,4537x - 0,49, \quad (2)$$

$$v_3 = 0,0006x^5 - 0,0175x^4 + 0,1711x^3 - 0,642x^2 + 0,9575x + 0,01, \quad (3)$$

$$v_4 = 0,0241x^2 + 0,0631x - 0,9732. \quad (4)$$

Продиференціюємо рівняння (1), (2), (3), (4) і отримаємо відповідно вирази градієнтів швидкості потоку на виході з першого $\frac{dv_1}{dx}$, з другого $\frac{dv_2}{dx}$ поршнів-ударників, між поршнями $\frac{dv_3}{dx}$ і поза поршнями $\frac{dv_4}{dx}$:

$$\frac{dv_1}{dx} = 0,0025x^4 - 0,0648x^3 + 0,5859x^2 - 2,0208x + 2,2607, \quad (5)$$

$$\frac{dv_2}{dx} = 0,001x^4 - 0,0236x^3 + 0,245x^2 - 0,981x + 1,4537, \quad (6)$$

$$\frac{dv_3}{dx} = 0,003x^4 - 0,07x^3 + 0,5133x^2 - 1,2852x + 0,9575, \quad (7)$$

$$\frac{dv_4}{dx} = 0,0482x + 0,0631. \quad (8)$$

Залежності (5), (6), (7) та (8) представлені графічно на рис. 5 при $f = 55$ Гц і $h = 10$ мм.

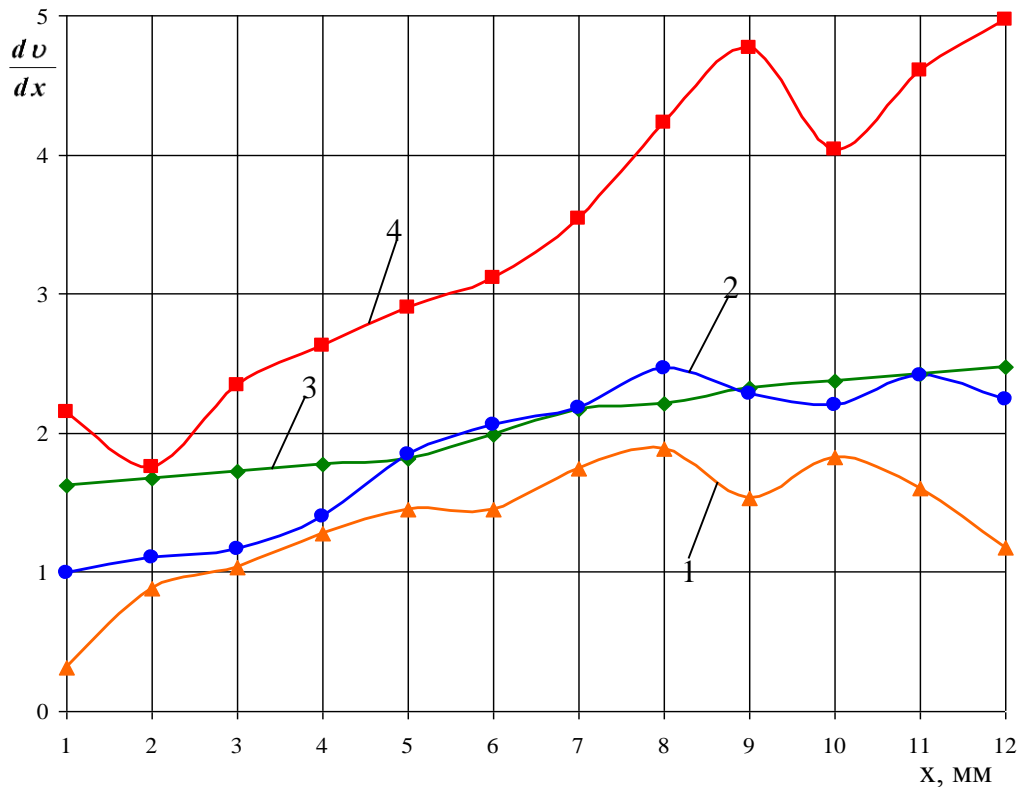


Рис. 5. Графік залежності градієнтів швидкості від довжини робочої камери імпульсного гомогенізатора:

1 – на виході з першого поршня-ударника; 2 – між поршнями; 3 – поза поршнями; 4 – на виході з другого поршня-ударника.

Отже, як видно з графіка, найбільший градієнт швидкості (2,2...5 м/с) буде виникати на виході з кінцевих отворів другого поршня-ударника. Логічно припустити, що і ступінь гомогенізації у цьому випадку буде найвищий.

Висновки. Отже, за допомогою комп'ютерного моделювання з застосуванням універсальної програмної системи кінцево-елементного аналізу Ansys Workbench було визначено градієнт швидкості потоку молока при імпульсній гомогенізації. Проведений розрахунок показав, що найбільший градієнт швидкості потоку молока виникає на виході з кінцевих отворів другого поршня-ударника. Це, в свою чергу, сприяє створенню умов для найбільш якісної гомогенізації у порівнянні з існуючими гомогенізаторами.

Література:

1. Вайткус В.В. Гомогенизация молока / В.В Вайткус ; – М. : Пищевая промышленность, 1967. – 215с.

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

3. *Грановский В. Я.* Новый гомогенизатор / В. Я. Грановский ; – М. : Пищевая промышленность, 1998. – №12. – С. 30–31.

4. *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.

5. *Басов К. А.* Ansys: справочник пользователя / К. А. Басов. – ДМК Пресс, 2005. – 640с.

6. *Бруяка В.* Инженерный анализ в Ansys Workbench. Учебное пособие. Часть 1 / В. Бруяка. – Самар. гос. техн. ун-т, 2008. – 271с.

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

8. *Конюхов А.В.* Основы анализа конструкций в Ansys / А.В. Конюхов. – Казань, 2001. – 102с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАДИЕНТА СКОРОСТИ ПОТОКА МОЛОКА ПРИ ИМПУЛЬСНОЙ ГОМОГЕНИЗАЦИИ

Паляничка Н.А.

Аннотация - работа посвящена определению градиента скорости потока молока с помощью программы Ansys Workbench.

DETERMINATION GRADIENT OF FLOWRATE MILK IS DURING IMPULSIVE HOMOGENIZATION

N. Palyanichka

Summary

Work is devoted determination the gradient of flowrate milk by the program Ansys Workbench.