

МОДЕЛЬ ПОДРІБНЕННЯ ЖИРОВОЇ ФАЗИ МОЛОКА ПРИ ІМПУЛЬСНІЙ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ

Паляничка Н.О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-13-06

Анотація – у статті представлено модель подрібнення жирової фази молока при імпульсній гомогенізації.

Ключові слова – модель подрібнення, жирова фаза, жирові кульки, імпульсна гомогенізація, отвори дифузорів, поршні-ударники.

Постановка проблеми. Одним із найважливіх технологічних процесів у молочній промисловості є гомогенізація молока. Гомогенізація використовується при виробництві питного стерилізованого та пастеризованого молока, кисломолочних продуктів, морозива, молочних консервів, виготовленні сиру тощо. Однак було відмічено відсутність єдиної визначеної теорії гомогенізації, що пояснюється труднощами безпосереднього спостереження цього процесу через малі розміри жирових часток та високі швидкості їх руху і відсутності стандартної нормативної документації щодо визначення якості гомогенізації.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженням механізмів подрібнення часток присвячується вельми обмежена кількість робіт, хоча в кожному із численних досліджень конкретних гомогенізаторів описується їх робота і принцип дії, які часто називають механізмами подрібнення [1]. Основні роботи, опубліковані по вивченню процесу гомогенізації, відносяться до обґрунтування факторів, характеризуючих подрібнення у клапанних гомогенізаторах [2,3]. Однак аналіз даних гомогенізаторів показав, що вони мають істотні недоліки: значні габаритні розміри і маса, висока металоємність, високі енерговитрати тощо. А інші види гомогенізаторів не дозволяють досягти такого ступеня дисперсності жирової фази. Було визначено, що досягти високого ступеня гомогенізації можна в імпульсному гомогенізаторі молока, якщо створити умови для виникнення градієнту швидкості потоку молока, що призводить до подрібнення жирових кульок [1].

Постановка завдання. Метою даної роботи є аналіз моделі подрібнення жирової фази молока при імпульсній гомогенізації.

Основна частина. З використанням уявлень, описаних у працях [4, 5, 6], дроблення часток відбувається наступним чином. Внаслідок коливальних рухів дисперсійне середовище захоплює в рух жирову частку й з урахуванням цього формується відносний рух середовища і частки. Середовище, рухаючись відносно поверхні жирової кульки, динамічно впливає на поверхню, цей вплив

визначається п'ятьма факторами. По-перше, гідростатичний тиск, що діє на жирову кульку зі сторони зовнішнього середовища, створює силу опору, що обумовлена неоднорідним розподілом тиску. По-друге, дотичні напруження, обумовлені в'язкістю і градієнтами швидкості на поверхні, створюють сили, дотичні до поверхні. По-третє, тиски, які змінюються уздовж поверхні внаслідок динамічних ефектів, створюють сили, нормальні до поверхні. По-четверте, при розповсюдженні інтенсивних коливань у рідині спостерігається ефект, що називається кавітацією, який створює додаткову силу[7]. По-п'яте, внаслідок зміни напрямку коливання поршня-ударника виникають сили інерції (рис. 1).

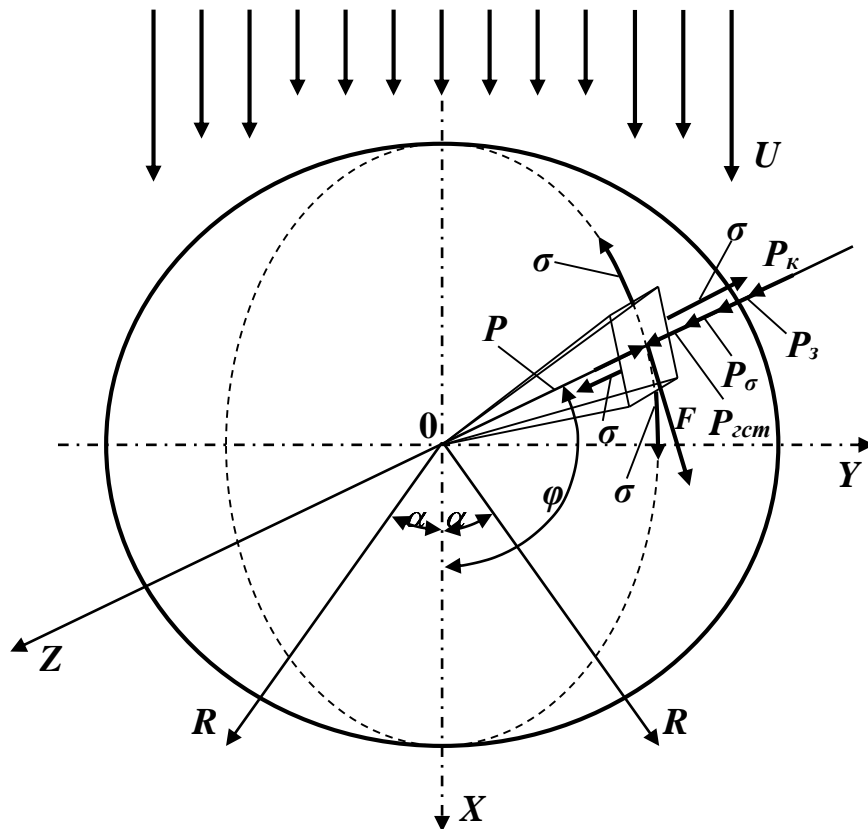


Рис. 1. Схема дії сил на поверхню жирової частки в імпульсному гомогенізаторі.

Векторна сума всіх сил, складена за всією поверхнею тіла, дає вектор результуючої сили

$$\dot{\mathbf{R}} = \dot{\mathbf{F}}_{c.o} + \dot{\mathbf{F}}_{mp} + \dot{\mathbf{F}}_3 + \dot{\mathbf{F}}_k + \dot{\mathbf{F}}_i, \quad (1)$$

де $\dot{\mathbf{F}}_{c.o}$ – сила опору, що обумовлена неоднорідним розподілом тиску;

$\dot{\mathbf{F}}_{mp}$ – сила опору, що обумовлена силами тертя;

$\dot{\mathbf{F}}_3$ – сила, що діє на частку від збурювання тиску;

$\dot{\mathbf{F}}_k$ – сила, обумовлена кавітаційними явищами;

\vec{F}_i – сила інерції.

Сила опору, що обумовлена неоднорідним розподілом тиску, визначається за формулою

$$F_{c.o} = \int_s (P_{zcm} + P_\sigma) \cdot \cos \varphi \cdot dS, \quad (2)$$

де P_{zcm} – гідростатичний тиск, що діє на елемент поверхні зі сторони зовнішнього середовища;

P_σ – внутрішній тиск, що обумовлений силами поверхневого натягу;

φ – кут між нормаллю до елемента поверхні жирової кульки та напрямом збурювання;

S – площа елемента поверхні збурення

Опір, зумовлений силами тертя, знаходиться за формулою

$$F_{mp} = \int_s \tau \cdot \sin \varphi \cdot dS, \quad (3)$$

де τ – дотичні напруження.

Сила, що діє на частку від збурювання тиску, дорівнює

$$F_3 = \int_s P_3 \cdot \cos \varphi \cdot dS, \quad (4)$$

де P_3 – тиск від збурювання.

При проходженні продукту крізь отвори дифузорів у поршні-ударнику імпульсного гомогенізатора виникає кавітація. Силу, обумовлену кавітаційними явищами, можна визначити за формулою [7, 8]

$$F_k = \int_s P_k \cdot \cos \varphi \cdot dS, \quad (5)$$

де P_k – тиск, обумовлений розвитком кавітації.

$$P_k = \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{P_\sigma}{\beta} \left(\frac{r_0^3}{r^3} - 1 \right)}, \quad (6)$$

де β – стисливість рідини;

r_0 – початковий радіус частки;

r – кінцевий радіус частки.

Внаслідок зміни напрямку коливання поршня-ударника виникають додатково сили інерції (рис. 2).

Сила інерції \vec{F}_i , що діє на жирову кульку, визначається за формулою

$$F_i = m \frac{d(v_{nl} - v_k)}{dt} - 2m\varphi v_{nl}, \quad (7)$$

де m – маса жирової кульки;
 d – діаметр частки жиру;
 v_{nl} – швидкість плазми;
 v_k – швидкість жирової кульки.

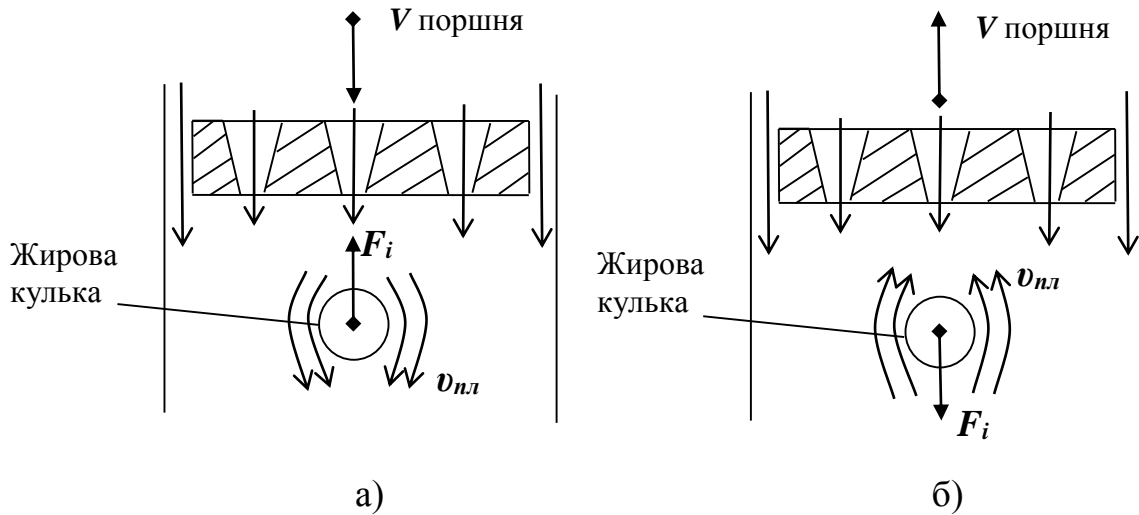


Рис. 2. Схема виникнення сил інерції при імпульсній гомогенізації: а) при коливальному русі поршня-ударника вниз; б) при коливальному русі поршня-ударника вверх.

Таким чином, результуюча сила дії на поверхню жирової частки дорівнює

$$R_z = c_x \cdot \rho_c \cdot \frac{u^2}{2} \cdot S + \Delta P' \cdot S + \delta_k \cdot \rho_c \cdot \frac{v_{nl}^2}{2} \cdot S + m \frac{d(v_{nl} - v_k)}{dt} - 2m\varphi v_{nl}, \quad (8)$$

де c_x – коефіцієнт лобового опору частки;
 ρ_c – густина дисперсного середовища;
 u – відносна швидкість частки та оточуючого середовища;
 δ_k – коефіцієнт (число) кавітації.

Результатом дії цих сил є поява тангенціальних, нормальних та кавітаційних напруг, що діють на жирову частку. Тангенціальні напруги намагаються деформувати частку і спричинити її обертання. Нормальні напруги розривні і спричиняють перепад тиску між внутрішньою і зовнішньою фазами. Кавітаційні напруги сприяють “схлопуванню” бульбашок і подальшому відриву часточок від основної частки.

Істотний вплив на жирову кульку в процесі імпульсної гомогенізації мають сили інерції, оскільки вони сприяють виникненню градієнту швидкості.

Без сумніву, імпульсні коливання можуть сприяти виникненню градієнту швидкості, що, в свою чергу, веде до подрібнення жирових кульок. Однак, якщо поршень-ударник буде коливатися з однією частотою, то градієнт швидкості буде малим.

Тому за мету приймаємо збільшення інтенсивності коливання поршня-ударника, а, отже, і підвищення ступеня гомогенізації. Одним з ефективних способів вирішення даної задачі є встановлення додаткового поршня-ударника, який буде зв'язаний з основним за допомогою пружини. Даний поршень за рахунок підпружинення коливається значно інтенсивніше за основний поршень і тим самим створює два ступені гомогенізації: між поршнями та за додатковим поршнем.

Отже, в імпульсному гомогенізаторі процес диспергування молочної емульсії буде відбуватися у два етапи, а саме: в отворах і каналах поршня-ударника (за типом клапанної гомогенізації) та при виході струменів з отворів і кільцевого каналу додаткового поршня-ударника за рахунок утворення градієнту швидкості (за типом струминної гомогенізації).

Висновки. Внаслідок проведеного аналізу моделі подрібнення жирової фази молока в імпульсному гомогенізаторі було визначено, що подрібнення жирових кульок у даному гомогенізаторі відбувається за рахунок сили інерції, яка виникає в результаті імпульсних коливань поршнів-ударників імпульсного гомогенізатора.

Література:

1. *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.
2. *Фиалкова Е. А.* Гомогенизация. Новый взгляд: Монография-справочник / Е. А. Фиалкова ; – СПб. : ГИОРД, 2006. – 392с.
3. *Нужин Е. В.* Гомогенизация и гомогенизаторы. Монография / Е. В. Нужин, А. К. Гладушняк ; – Одесса: Печатный дом, 2007. – 264с.
4. *Гвоздєв О. В.* Проектування імпульсного гомогенізатора молока / О. В. Гвоздєв, Н. О. Паляничка, І. В. Ляшок // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь, 2007. – Вип.7, т.5. – С. 85–92.
5. *Иваницкий Г. К.* Моделирование процессов деформирования и дробления капель при движении в жидкости / Г. К. Иваницкий // Промышленная теплотехника. – 1997. – Т.19, № 1. – С. 8 – 16.
6. *Малахов Н. Н.* Исследование механизма дробления капель и совершенствование гомогенизаторов молока / Н.Н. Малахов, М.Н. Орешина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2000. – №12. – С. 28 – 30.
7. *Паляничка Н.О.* Модель подрібнення жирових часток кавітаційними збурюваннями імпульсного гомогенізатора / Н.О. Паляничка, О.В. Гвоздєв // Матеріали V міжнародної науково-практичної конференції студентів і молодих вчених “Перспективна техніка і технології - 2009”. – Миколаїв: МДАУ. – 2009. – С. 58 – 61.

8. *Протодяконов И. О.* Гидродинамика и массообмен в дисперсных системах жидкость–твёрдое тело / И. О. Протодяконов, И. Е. Люблинская, А. Е. Рыжков. – Л.: Химия, 1987. – 336 с.

МОДЕЛЬ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЖИРОВОЙ ФАЗЫ МОЛОКА ПРИ ИМПУЛЬСНОЙ ГОМОГЕНИЗАЦИИ

Паляничка Н.А.

Аннотация – в статье представлена модель измельчения жировой фазы молока при импульсной гомогенизации.

A MODEL OF GROWING OF FATTY PHASE OF MILK SHALLOW IS DURING IMPULSIVE HOMOGENIZATION

N. Palyanichka

Summary

In the article the model of growing of fatty phase of milk shallow is presented during impulsive homogenization.