

УДК 637.134.001.57

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ ОТВОРІВ ПОРШНЯ-УДАРНИКА ІМПУЛЬСНОГО ГОМОГЕНІЗАТОРА МОЛОКА

Паламарчук І.П., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тел. (044) 527-87-69

Вітенько Т.М., д.т.н., проф.

Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя

Тел. (352) 51-97-00

Паляничка Н.О., к.т.н., доц.,

Буденко С.Ф., к.т.н., доц.,

Вершков О.О., к.т.н., доц.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.(0619) 42-13-06

Анотація – робота присвячена визначенню оптимальної геометричної форми отворів поршня-ударника імпульсного гомогенізатора молока, що дозволить отримати високу ступінь диспергування.

Ключові слова – форма отворів, поршні-ударники, ступінь диспергування, імпульсний гомогенізатор, градієнт швидкості, жирова кулька.

Постановка проблеми. Гомогенізація є нормативним процесом у більшості сучасних технологічних схем виробництва питного стерилізованого та пастеризованого молока, кисломолочних продуктів, морозива, молочних консервів, виготовлення сиру тощо. Якість продуктів з використанням гомогенізованого молока набагато вища. У зв'язку з розвитком технологій до гомогенізованих компонентів висуваються підвищені вимоги до дисперсності кінцевого продукту. Тому створення пристроїв і способів одержання тонкодисперсних емульсій з можливістю варіювання дисперсності і високою продуктивністю має підвищену актуальність [1,2].

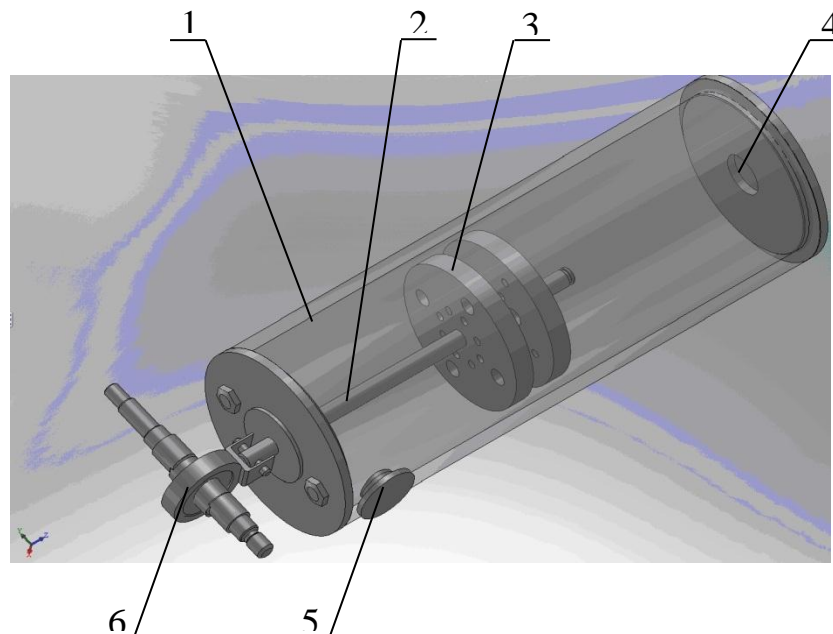
Аналіз останніх досліджень. На сьогоднішній день більшість робіт, що стосуються гомогенізації молока, спрямовані на зменшення розмірів диспергуємих часток дисперсної фази шляхом удосконалювання вже існуючого обладнання для гомогенізації [1,2,3]. Однак, технічні й технологічні рішення по удосконалюванню гомогенізаторів досягли своєї межі.

Тому необхідним є подальше дослідження механізмів подрібнення жирової фази молока для розробки нових, більш

ефективних способів гомогенізації. Перспективною у цьому сенсі є імпульсна гомогенізація, що дозволяє отримати ступінь диспергування не нижче клапанних гомогенізаторів зі значно меншими енерговитратами. [1,2,3].

Постановка завдання. Метою роботи є визначення оптимальної геометричної форми оторів поршня-ударника імпульсного гомогенізатора молока, що дозволить отримати високу ступінь диспергування.

Основна частина. Імпульсний гомогенізатор являє собою циліндр, в середині якого знаходиться шток та два поршні-ударники (рис. 1). Для більшої ефективності гомогенізації в поршнях - ударниках повинні бути виконані осьові наскрізні отвори. Для підведення і відведення гомогенізуючої рідини в циліндрі є два патрубки. Для надання штоку імпульсних рухів використовується кривошипний механізм [1,2].



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

Рис. 1 Схема робочої камери імпульсного гомогенізатора.

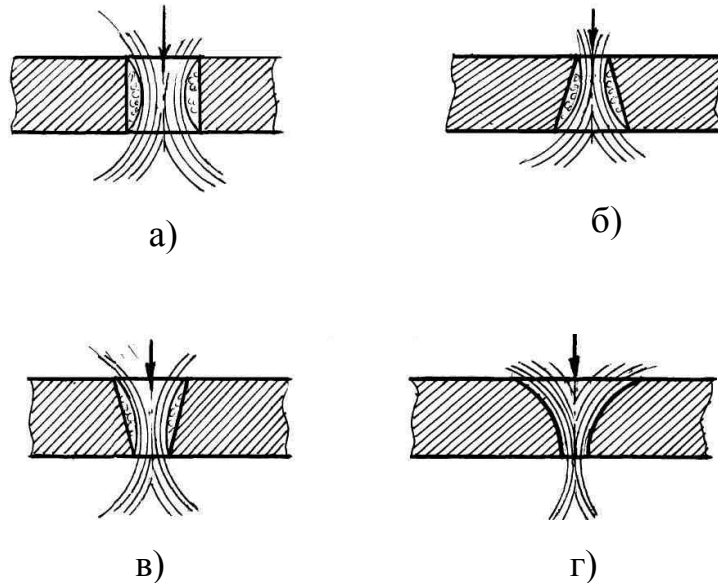
Руйнування жирових кульок в імпульсному гомогенізаторі відбувається за рахунок градієнта швидкості, що виникає на виході з отворів поршнів-ударників.

Оскільки одним із важливих факторів, який впливає на ступінь диспергування, є геометрична форма отворів поршня-ударника, то необхідно визначити оптимальну форму та розмір даних отворів (рис. 2) [1].

Отвори циліндричної форми. При входженні рідини в отвір (рис. 2. а) за рахунок сил інерції часток рідини відбувається звуження її струмка. Тоді на виході з отвору струмінь стає рівним його діаметру.

При такій формі отвору в зоні звуження струменя встановлюється абсолютний тиск, менший за атмосферний. Це призводить до того, що швидкість струменя на виході з отвору стає меншою, ніж в зоні звуження.

При напорі більш критичного значення абсолютний тиск у місці звуження струменя в отворі досягає тиску пароутворення, що сприяє виникненню кавітації.



а) – циліндричної форми; б) – зворотного усіченого конуса; в) – прямого усіченого конуса; г) – коноїдальної форми.

Рис. 2. Схема отворів.

У отворах, які мають форму зворотного усіченого конуса і прямого усіченого конуса (рис. 2. б, в), при звуженні струменя на виході з отвору вакуумні утворення мають менші розміри, чим у циліндричних отворах, тому і втрата напору менша, а швидкість струменя у них більша.

У отворах, які мають коноїдальну форму (рис. 2. г), тобто отворах, які виконані у формі стиснутого струменя, не утворюється вакуумних порожнеч. Тому коефіцієнт подачі в даному випадку буде максимальним, а от швидкість струменя буде трохи меншою, ніж в попередньому випадку.

Серед розглянутих типів отворів мають:

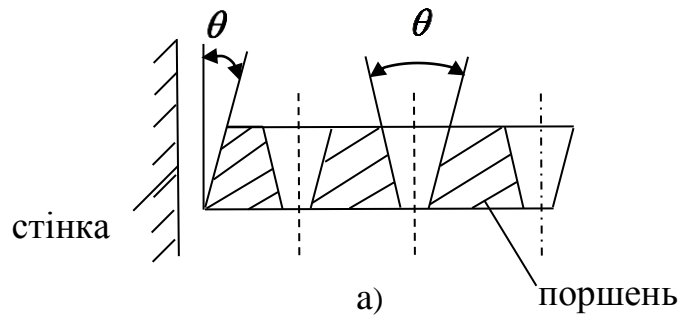
– максимальний коефіцієнт подачі молока – коноїдальні отвори $\mu = 0,947...0,979$, $\varepsilon = 1$, $\varphi = 0,947...0,979$ [1];

– максимальну швидкість потоку молока – конічні, що зходяться з кутом конусності 45° $\varphi = 0,983$, $\varepsilon = 0,875$, $\mu = 0,857$.

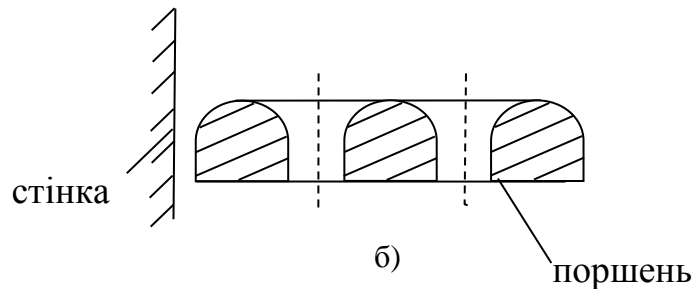
Так як визначальною для імпульсної гомогенізації є швидкість потоку молока, то для досягнення найбільшої швидкості потоку обираємо конічну форму отворів з кутом 45° .

Форма кромки поршня впливає на коефіцієнти μ, ϵ, φ так само, як і форма отворів у поршні-ударнику.

При отворах конічної форми кромку поршня робимо за аналогією



Таким же чином і для коноїдальної форми



а) – конічної форми; б) – коноїдальної форми.

Рис. 3. Форми кромки поршня.

Отже, оптимальною є конічна форма отворів з кутом конусності 45° , що забезпечує максимальну швидкість струменя і максимальну продуктивність.

Діаметр отворів поршня-ударника лімітується діаметром поршня і технологічністю виготовлення отворів конусної форми мінімального діаметра.

Одним з найголовніших факторів, що перешкоджає руйнуванню жирових кульок при значеннях критерію Вебера, критичних для краплі рідини в потоці ($We_{кр}=14$), є велика залученість у рух сусідніх з жировою кулькою шарів плазми молока [1]. Швидкість жирової кульки відносно сусідніх шарів плазми набагато менша, ніж швидкість струменя рідини відносно нерухомої оточуючої рідини.

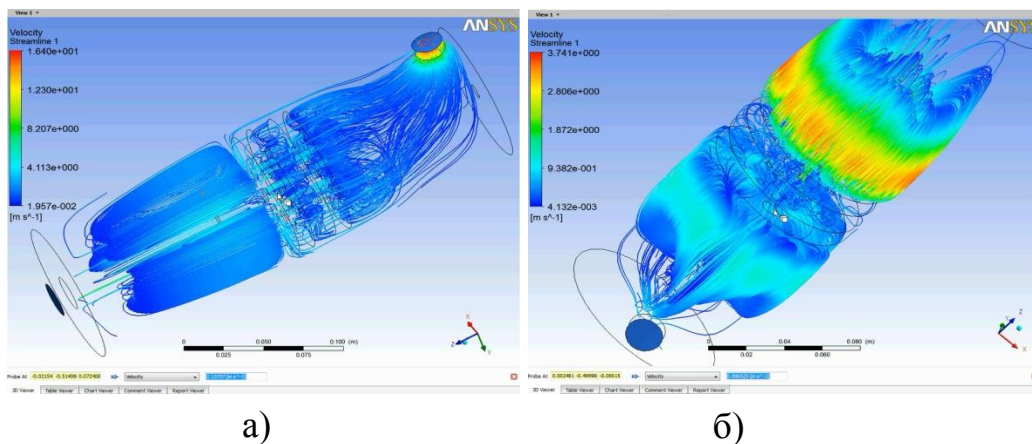
Якщо б вдалося виділити жирову кульку і спрямувати її через плазму молока, то скоріше за все руйнування відбулося б при значенні критерію Вебера близько 14 [1]. Це було б можливим, якщо б діаметр отвору в поршні був рівним діаметру жирової кульки. На жаль, проведення таких експериментів є технічно неможливим.

Можна припустити, що ефект “виділення” жирової кульки з потоку плазми і зниження критичного критерію Вебера буде мати місце при розмірах отворів одного порядку з діаметром жирової кульки. При мінімально можливому діаметрі отворів промислової машини (2-3 мм) діаметр жирової кульки буде меншим на 3 порядки. Подальше зменшення діаметрів отворів не буде мати суттєвого впливу на ступінь подрібнення. Отже, приймаємо діаметр отворів і ширину зазору між поршнями-ударниками і робочою камерою в імпульсному гомогенізаторі – 2 мм.

Товщина поршня-ударника визначається виходячи з характеристики міцності робочого органу гомогенізатора та у відповідності до гідравлічних залежностей [1] витікання рідини крізь конічні форми отворів поршня-ударника, і приймається рівною $2 \dots 6 \cdot d_{отв}$.

Для перевірки достовірності попередніх досліджень було вирішено розрахувати швидкість потоку молока в імпульсному гомогенізаторі з конічною та коноїдальною формами отворів поршнів-ударників за допомогою комп’ютерного моделювання із застосуванням універсальної програмної системи кінцево-елементного аналізу **Ansys Workbench**.

У результаті проведеного розрахунку були отримані лінії токів розподілу швидкостей за довжиною робочої камери в залежності від форми отворів поршнів-ударників, що впливають на імпульсну гомогенізацію (рис. 4).



а) з конічною формою отворів; б) з коноїдальною формою отворів.

Рис. 4. Тривимірні графіки ліній розподілу швидкостей виконані в Ansys Workbench.

Даний розрахунок показав, що швидкість потоку молока при виході з конічної форми отворів поршнів-ударників складає 2,14 м/с, а на виході з коноїдальної форми всього 0,95 м/с, що доводить достовірність попередніх досліджень.

Висновки. Отже, проведені дослідження та розрахунки показали, що для досягнення максимального градієнту швидкості потоку молока, а, отже, і ступеню диспергування в імпульсному гомогенізаторі необхідно в поршнях-ударниках виконати наскрізні отвори конічної форми. Діаметр отворів і ширина зазору між поршнями-ударниками і робочою камерою в імпульсному гомогенізаторі повинна складати 2 мм.

Література:

1. *Паляничка, Н.О.* Вдосконалення процесу імпульсної гомогенізації молока: дис. канд. техн. наук: 05.18.12 / Н.О. Паляничка. – Донецьк, 2013. – 194 с.

2. *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: ДонНУЕТ. Вип. 28. – 2012. – С. 294 – 300.

3. *Паляничка, Н.О.* Визначення градієнту швидкості потоку молока при імпульсній гомогенізації / Н.О. Паляничка // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. Вип.12, Т.4. – 2012. – С. 56 – 62.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ФОРМЫ ОТВЕРСТИЙ ПОРШНЯ-УДАРНИКА ИМПУЛЬСНОГО ГОМОГЕНИЗАТОРА МОЛОКА

Паламарчук И.П., Витенько Т.Н., Паляничка Н.А., Буденко С.Ф.,
Вершков А.А.

Аннотация – работа посвящена определению оптимальной геометрической формы отверстий поршня-ударника импульсного гомогенизатора молока, что позволит получить высокую степень диспергирования молочного жира.

DETERMINATION OF THE OPTIMAL GEOMETRY OF THE PISTON-STRIKER HOLES OF IMPULSIVE HOMOGENIZER OF MILK

I. Palamarchuk, T. Vitenko, N. Palianychka, S. Budenko, O. Vershkov

Summary

The work is aimed to determine the optimal geometry of the piston-striker of the impulsive homogenizer of milk, that allows receiving high degree of milk fat dispersion.