

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПОТУЖНОСТІ ПУЛЬСАЦІЙНОГО ГОМОГЕНІЗАТОРА МОЛОКА

Самойчук К. О.

кандидат технічних наук, доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет

Паланичка І. О.

кандидат технічних наук, старший викладач

Таврійський державний агротехнологічний університет

Верхоланцева В. О.

кандидат технічних наук, старший викладач

Таврійський державний агротехнологічний університет

Левченко Л. В.

аспірант

Таврійський державний агротехнологічний університет

м. Мелітополь, Запорізька область, Україна

Однією з суттєвих проблем харчової промисловості, зокрема молочної її галузі є високі енерговитрати на виробництво продукції. Крім операцій теплової обробки найвищими енерговитратами при виробництві молока є гомогенізація [1, с. 32]. Одним з шляхів вирішення даної проблеми є розробка пульсаційних гомогенізаторів, яка поєднують високу ступінь диспергування молочного жиру зі зниженими до 2-3 разів енерговитратами у порівнянні з клапанними машинами [2, с. 43; 3, с. 18].

Пульсаційний гомогенізатор представляє собою камеру з поршнем, приводом для якого служить кривошипний механізм і який здійснює зворотно-поступальні рухи. Поршень має отвори, через які проходить емульсія, набуваючи певного прискорення. За рахунок відмінності густини дисперсної і дисперсійної фаз емульсії між ними створюється різниця швидкостей, що, за критерієм Вебера, призводить до руйнування жирових кульок молока [2, с. 42; 3, с. 19].

Для можливості створення високоефективних конструкцій пульсаційних гомогенізаторів і необхідна методика розрахунку необхідної для роботи потужності. Для пульсаційного гомогенізатора з одним поршнем розроблена математична модель розрахунку енерговитрат [4], в якій загальна потужність P_n складається з трьох складових: P_i – потужності, що витрачається на подолання сил інерції, що виникають під час зворотно-поступального руху поршня і штока, P_{op} – потужності, що витрачається на подолання опору ротора під час руху в

робочому середовищі апарата і P_v – потужності, що витрачається на надання кінетичної енергії пульсуючої в отворах поршня рідини:

$$P_n = P_i + P_{op} + P_v \quad (1)$$

$$P_i = 0,32\pi^4 h_n \rho_n D^2 n^3 s^2, \quad (2)$$

$$P_{op} = 0,1\pi^4 C \rho_n D^2 n^3 s^2, \quad (3)$$

$$P_v = 0,11 \frac{\rho_n \pi^3 D^2 s^2 n^2}{K_o} \quad (4)$$

де h_n – товщина поршня, м;

ρ_n, ρ_m – щільність матеріалу поршня і молока відповідно, кг/м^3 ;

D – діаметр поршня, м;

n – частота коливань поршня, с^{-1} ;

s – амплітуда коливань поршня, м;

C – коефіцієнт гідравлічного опору руху поршня;

K_o – коефіцієнт живого перетину отворів поршня.

Але у формулах (2-4) не врахований вплив коефіцієнту живого перетину поршня K_o , що істотно змінює розрахункові значення складових сумарної потужності. У виді, представленому в роботі [4, с. 174-178] формулу розрахунку потужності можливо використовувати лише для невисоких значень K_o , наприклад при використанні конічних отворів поршня, для яких значення коефіцієнту живого перетину не перевищують 0,05. Якщо використовувати поршень з отворами циліндричної форми, то значення K_o можуть сягати 0,5 і більше, тому нехтувати цим параметром неможливо. Для коригування формули розрахунку потужності введемо показник $(1-K_o)$, який враховує:

– зменшення маси поршня зі збільшенням кількості і розмірів отворів, внаслідок чого зменшується потужність сил інерції P_i ;

– зменшення опору зі збільшенням кількості і розмірів отворів, внаслідок чого зменшується потужність сил на подолання опору руху поршня у продукті P_{op} ;

– зменшення швидкості в отворах поршня, внаслідок чого зменшується потужність на надання кінетичної енергії пульсуючої в отворах поршня рідини P_v .

Скориговані формули складових потужності пульсаційного гомогенізатора будуть мати такий вигляд:

– для циліндричних отворів поршня

$$P_i = 0,32(1 - K_o)\pi^4 h_n \rho_n D^2 n^3 s^2, \quad (5)$$

– для конічних отворів поршня

$$P_i = 0,32(1 - 5,5K_o)\pi^4 h_n \rho_n D^2 n^1 s^2, \quad (6)$$

$$P_{cp} = 0,1(1 - K_o)\pi^4 C \rho_n D^2 n^3 s^3, \quad (7)$$

$$P_v = 0,11(1 - K_o) \frac{\rho_n \pi^3 D^2 s^2 n^2}{K_o}. \quad (8)$$

У формулі (6) враховане зниження маси поршня при використанні конічних отворів з максимальним значенням коефіцієнту швидкості (кут конусності отвора 49°), яке дорівнює $(1 - 5,5K_o)$.

Формула сумарної потужності пульсаційного гомогенізатора (1) з урахуванням формул (6-8) набуває вигляду

$$P_e = \pi^3 (1 - K_o) D^2 n^2 s^2 \left(\pi n (0,32 h_n \rho_n + 0,1 C \rho_n s) + 0,11 \frac{\rho_n}{K_o} \right). \quad (9)$$

При використанні поршня з конічними отворами для яких $K_o \approx 0,05$ розрахунки потужності за формулами (2-4) і (9) дають розбіжності у 5%, якими можна нехтувати, але при використанні циліндричних отворів розрахунки за скоригованою формулою (9) дають значення потужності на 50% менше.

З урахуванням формули (9) значення питомих енерговитрат пульсаційної гомогенізації набуває вигляд

$$E_{\text{норм}} = \frac{\pi^3 (1 - K_o) D^2 n^2 s^2 \left(\pi n (0,32 h_n \rho_n + 0,1 C \rho_n s) + 0,11 \frac{\rho_n}{K_o} \right)}{Q}, \quad (10)$$

де Q – продуктивність пульсаційного гомогенізатора, $\text{м}^3/\text{с}$.

В результаті досліджень визначені скориговані формули для визначення потужності та питомих енерговитрат пульсаційного гомогенізатора з одним поршнем, які дають можливість уточнити аналітичну модель такого типу гомогенізатора. Отримані формули необхідні для визначення оптимальних конструктивно-кінематичних параметрів з мінімальними енерговитратами і розрахунку необхідної потужності на етапі технічного проектування експериментальних зразків пульсаційних гомогенізаторів.

Література:

1. Нужин Е.В. Гомогенизация и гомогенизаторы: монография / Е.В. Нужин, А.К. Гладушняк. – Одесса: Печатный дом, 2007. – 264 с.
2. Дейниченко Г.В. Рациональные параметры струминного гомогенизатора молока / Г. В. Дейниченко, К.О. Самойчук, Л.В. Левченко // Матеріали другої міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності» 5-7 вересня. – Харків: ХДУХТ, 2017. – С. 44-45.

3. Дейниченко Г.В. Перспективи використання пульсаційного гомогенізатора-диспергатора емульсій / Г.В. Дейниченко, К.О. Самойчук, Л.В. Левченко // Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки. 1–3 листопада. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – С. 17-19.

4. Дейниченко Г.В. Аналітичні дослідження енерговитрат пульсаційного гомогенізатора молока / Г.В. Дейниченко, К.О. Самойчук, Л.В. Левченко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. Наукові праці ХДУХТ: Харків – 2016. – Вип. 1 (23). С. 170-181.