

УДК 637.134

DOI: 10.31388/2078-0877-2020-20-4-46-57

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЕНТУ ВИТРАТ СТРУМИННИХ ГОМОГЕНІЗАТОРІВ МОЛОКА

Самойчук К. О., д.т.н.,

ORCID 0000-0002-3423-3510

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

e-mail: ophv.tsatu.edu.ua

Постановка проблеми. Підвищення споживчого попиту на молочну продукцію значною мірою пов'язано з їх вартістю. Значний відсоток енергетичних витрат, а отже і збільшення вартості одиниці продукції обумовлюється проведенням диспергування молочного жиру в емульсіях. Гомогенізація належить до нормативних операцій, при проведенні якої забезпечується 3–4 кратне зменшення середнього діаметра жирових кульок (СЖК) та їх рівномірний розподіл в об'ємі молочної плазми. При проведенні гомогенізації забезпечується збільшення терміну зберігання продукту, підвищується його харчова та енергетична цінність [1, 2]. Енерговитрати на диспергування складають 20–45% в загальному балансі енергетичних витрат лінії виробництва молока. Їх зниження при забезпеченні нормативних показників якості СЖК на рівні 0,8–1,2 мкм однією з пріоритетних задач для науковців галузі [1]. Таким чином проблема полягає у високих питомих витратах на здійснення операції гомогенізації молока та молочних продуктів.

Аналіз останніх досліджень. При розробці енергетично ефективних гомогенізаторів існують труднощі, пов'язані з відсутністю загальної теорії процесу гомогенізації. Відомі близько 10 гіпотез, жодна з яких вичерпно не пояснює сутність процесів, які призводять до руйнування жирових кульок [3]. Створені на основі відомих гіпотез конструкції або не забезпечують зменшення СЖК в емульсії до нормативних показників, або мають високі значення питомих витрат енергії. Складність дослідження процесу диспергування яке проводиться з метою розробки нових енергоефективних конструкцій, пов'язана з мікроскопічним розміром жирових кульок, який складає менше 1 мкм та високими швидкостями руху рідини, значення яких перевищують 100–150 м/с [1–4].

Результати останніх досліджень дозволяють стверджувати, що досягти суттєвого зниження енергетичних витрат процесу диспергування можливо за рахунок використання гомогенізаторів

струминного типу [5]. В них руйнування жирових кульок молока відбувається за рахунок створення максимальної різниці між швидкостями дисперсійної (знежирене молоко) та дисперсної (вершки) фаз. Науковцями кафедри обладнання переробних і харчових виробництв імені професора Ф. Ю. Ялпачика для реалізації принципу роздільної подачі фаз розроблено струминно-щілинний та струминний гомогенізатор, які передбачають роздільну подачу знежиреного молока та вершків (рис. 1, 2) [6, 7]. Реалізація такого принципу дозволяє забезпечити до 70% зниження питомих витрат енергії відносно енерговитрат клапанних гомогенізаторів [1, 4]. Руйнування жирових кульок при подачі струменя вершків крізь канал малого діаметра або кільцеву щілину відбувається за рахунок збільшення величини критерію Вебера. Його зростання обумовлено збільшенням відносної швидкості ковзання жирової кульки u при подачі жирової фази в місці найбільшого звуження камери або у торцевій частині конфузору в перпендикулярному до руху потоку знежиреного молока напрямку [5, 8].

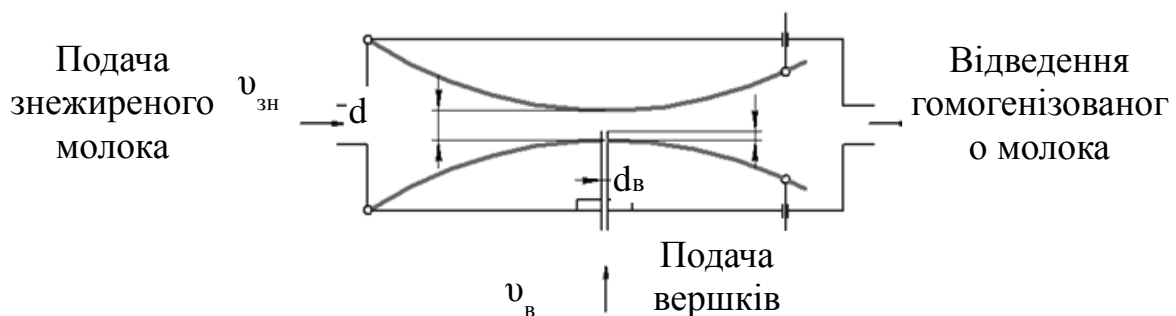


Рис. 1. Гомогенізуючий вузол струминного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків

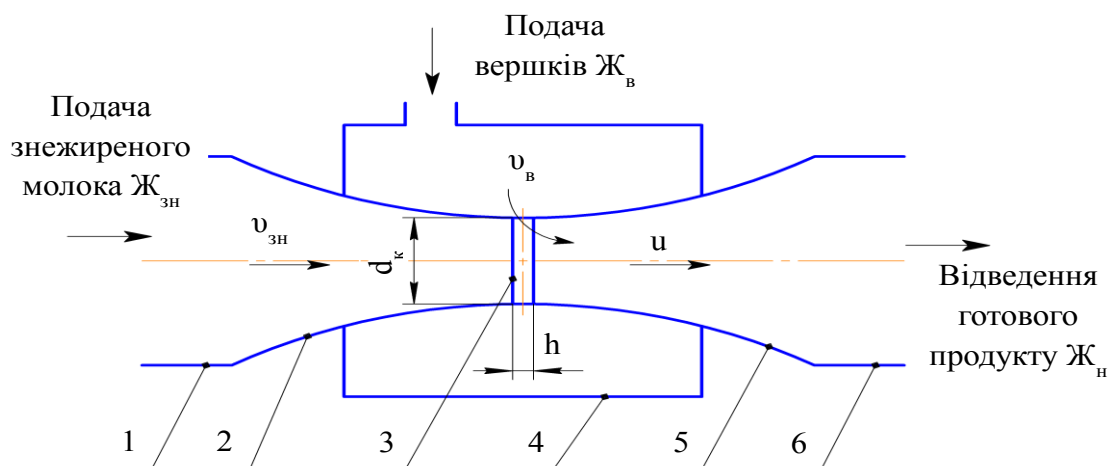


Рис. 2. Гомогенізуючий вузол струминно-щілинного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків

Диспергування жирової фази відбувається в гомогенізуючому вузлі струминного гомогенізатора молока з роздільною подачею жирової фази (СГЗРФ) (рис.1). В ньому знежирене молоко зі швидкістю v_{zn} подається до зони, що сформована профільованими поверхнями направляючих з внутрішнім діаметром d . В центральній частині камери по вузькому каналу d_6 зі швидкістю v_6 подається тонкий струмінь вершків [5, 7].

Гомогенізуючий вузол струминно-щілинного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків (СЦГРВ) (рис. 2) складається з конфузору 2, та дифузору 5, патрубків подачі та відводу готового продукту 1 і 6, ємності з вершками 4 та кільцевої щілини 3 [6]. Після попередньої сепарації знежирене молоко жирністю J_{zn} зі швидкістю v_{zn} надходить до конфузору діаметром в торцевій частині d_k крізь патрубок 1. У місці його торцевої частини з ємності з вершками 4 крізь кільцеву щілину 3 шириною h зі швидкістю v_6 надходять вершки жирністю J_6 . При входженні кільцевого струменя вершків до потоку знежиреного молока збільшується швидкість обтікання жирових кульок і, як наслідок, критерія Вебера. Внаслідок цього при переході компонентів емульсії до розширення дифузору 5 відбувається руйнування жирових кульок. Жирова кулька, яка включається до руху в потоці знежиреного молока під дією тангенційних напружень витягується в напрямку плинущої дисперсійної фази та руйнується при перевищенні сил Магнуса, Коріоліса, опору, інерції, та турбофореза над силами міжфазного натягу на 4–5 жирових кульок меншого діаметра. Готовий продукт жирністю J_n відводиться крізь патрубок 6.

Енергетичні витрати СГЗРФ та СЦГРВ складаються з енерговитрат процесів подачі знежиреного молока та вершків [6, 7]. Згідно результатів аналітичних досліджень однією зі складових знайдених виразів для обчислення потужності є коефіцієнт витрат каналу подачі вершків у випадку з СГЗРФ або щілини у випадку з СЦГРВ. Але значення, надані у довідниках для коефіцієнтів витрат у обґрунтованому діапазоні варіювання ширини кільцевої щілини та діаметра каналу для подачі вершків різняться в дуже широкому діапазоні значень [9, 10].

Формулювання цілей статті. Для коректного обчислення величини потужності та питомих витрат енергії на здійснення процесу диспергування в СГЗРФ та СЦГРВ необхідно розробити методику визначення коефіцієнта витрат для цих типів гомогенізаторів. Згідно розробленої методики необхідно визначити значення коефіцієнта витрат в обраних діапазонах варіювання діаметра каналу подачі вершків для СГЗРФ або кільцевої щілини для СЦГРВ. Отже, метою статті є розробка методики та проведення експериментального

визначення величини коефіцієнта витрат для каналу та кільцевої щілини в СГЗРФ та СЦГРВ відповідно.

Основна частина. Вираз для визначення потужності СГЗРФ має вигляд [7]

$$P = Q_{zn}^3 \left(\frac{\rho_{zn}}{2\mu_k^2 s^2} + \left(\frac{J_n - J_{zn}}{J_e - J_n} \right)^2 \frac{8\rho_e}{\mu_e^2 N^2 \pi^2 d_e^4} \right), \quad (1)$$

де s – площа перетину камери СГЗРФ в місці подачі жирової фази, мм^2 , $s = a \cdot h$, де a – висота камери, м;

Q_{zn} – подача знежиреного молока, $\text{м}^3/\text{с}$;

J_n, J_{zn}, J_e – жирність відповідно нормалізованого, знежиреного молока та вершків, %;

ρ_{zn}, ρ_e – густина знежиреного молока та молочних вершків, $\text{кг}/\text{м}^3$;

d_e – діаметр каналу подачі вершків, мм ;

N – кількість каналів для подачі вершків;

μ_e, μ_k – коефіцієнти витрат відповідно для каналу подачі вершків та камери СГЗРФ в місці подачі вершків.

Потужність, необхідна для роботи насоса подачі жирової фази залежить від діаметра каналу подачі вершків і кількості каналів. Аналізуючи рис. 3, слід зазначити, що потужність насоса подачі знежиреного молока при $d_e = 0,8$ мм приблизно в 5,5–5,7 разів менше за потужність насоса, який використовується для подачі вершків [7].

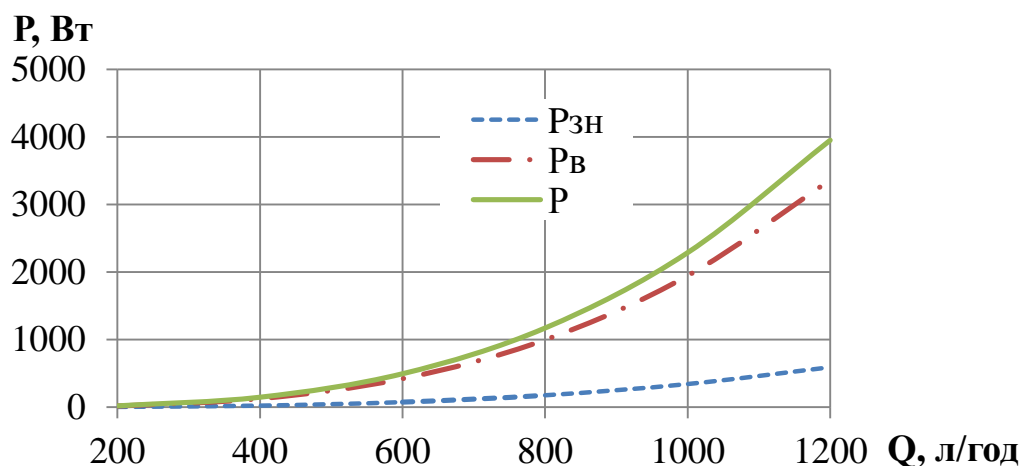


Рис. 3. Залежність потужності насосів подачі дисперсійної, дисперсійної фаз та загальної потужності СГЗРФ P_{zn}, P_e, P від подачі знежиреного молока (при $\mu_k = 0,95$, $s = 6$ мм^2 , $J_n = 3\%$, $N = 1$, $J_e = 30\%$, $J_{zn} = 0,05\%$, $\mu_e = 0,5$, $d_e = 0,8$ мм)

Вираз для визначення потужності СЦГРВ має вигляд (2) [6]:

$$P = Q_{zn}^3 \left(\frac{8 \cdot \rho_{zn}}{\mu_k^2 \cdot \pi^2 \cdot d_k^4} + \left(\frac{J_{н.м} - J_{zn}}{J_6 - J_{н.м}} \right)^2 \frac{\rho_6}{2 \cdot \mu_6^2 \cdot h^2 \cdot \pi^2 \cdot d_k^2} \right), \quad (2)$$

де d_k – діаметр конфузору СЦГРВ в його торцевій частині, мм.

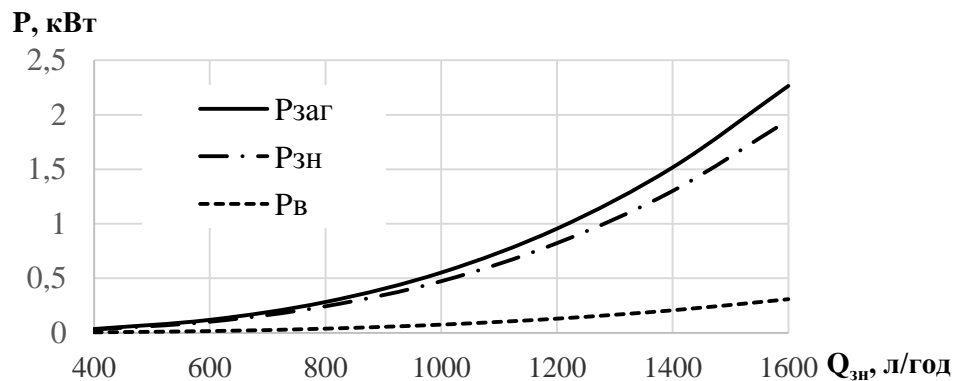


Рис. 4. Графік залежності потужності насосів для подачі дисперсійної, дисперсної фаз та сумарної потужності P_{zn} , P_6 , $P_{заг}$ від продуктивності СЦГРВ при $\mu_6=0,95$, $d_k=2,5$ мм, $h=0,2$ мм, $\mu_k=0,95$, $J_6=30\%$, $J_n=3\%$, $J_{zn}=0,05\%$)

Графіки залежності потужності СГЗРФ та СЦГРВ від подачі знежиреного молока мають гіперболічний характер (рис. 3, 4). Потужність, необхідна для приводу насоса подачі вершків залежить від діаметра каналу в щілині, жирності вершків і ширини кільцевої щілини. Аналізуючи (рис. 4), слід зазначити, що потужність насоса, що використовується для подавання знежиреного молока в 4–5 разів більше насоса подачі вершків при $Q=1000$ л/год та ширині щілини, яка дорівнює 0,2 мм [6].

В гідравліці коефіцієнт швидкості використовується для врахування величини енергетичних втрат, які пов'язані з втратою швидкості при профілюванні внутрішніх поверхонь камери, торцевих поверхонь конфузору СЦГРВ та каналу подачі вершків у СГЗРФ [9–11]. Коефіцієнт стиснення використовується для оцінювання втрат тиску в залежності від форми внутрішньої поверхні, а коефіцієнт витрат застосовується для оцінки величини втрат енергії в залежності від довжини або інших параметрів перетину камери гомогенізації або гомогенізуючого вузла.

Коефіцієнт витрат для внутрішніх поверхонь камери гомогенізатора μ_k в діапазоні його зміни 2–4 мм досить точно визначений та приведений в довідниках з гідравліки, а його значення в загальній частці потужності СГЗРФ складає незначну величину [7]. В той же час дані відносно значення коефіцієнта витрат для внутрішньої

поверхні каналу подачі вершків в обраному діапазоні варіювання параметру (0,6–0,8 мм) за даними довідників різняться у 5–10 разів [10].

Необхідність розробки методики для дослідження реальних значень коефіцієнта витрат кільцевої щілини СЩГРВ та діаметра каналу подачі вершків у СГЗРФ на початковій ділянці всмоктування вершків обумовлена низькими значеннями показнику, достовірно встановити які для умов проведення експериментів неможливо з огляду на суперечності гідродинаміки. Дані відносно реального значення коефіцієнта витрат, знайдені при проведенні аналітичних досліджень коливались в діапазоні 0,03–0,3 одиниць [9, 11]. В зв'язку з цим виникла необхідність створення пристрою для визначення реального значення коефіцієнта витрат для каналів означених діаметрів.

На базі кафедри обладнання переробних і харчових виробництв імені професора Ф. Ю. Ялпачика (ТДАТУ) розроблено методику та пристрій для визначення коефіцієнта витрат у СЗГРФ. Для визначення коефіцієнта витрат каналу подачі вершків μ_v ємність 2 наповнюється водою до об'єму 500 мл. Рідина подається за допомогою насоса 1 через шприци з відповідними насадками 5, підтримуючи однакові значення надлишкового тиску, який контролюється за манометром 3. Час витікання рідини до ємності 6, необхідний для визначення швидкості її витікання контролюється за допомогою секундоміра 4. У якості каналу подачі вершків в процесі досліджень використовувались голки з комплекта медичинських шприців діаметрами 0,6; 0,7 та 0,8 мм (рис. 5)

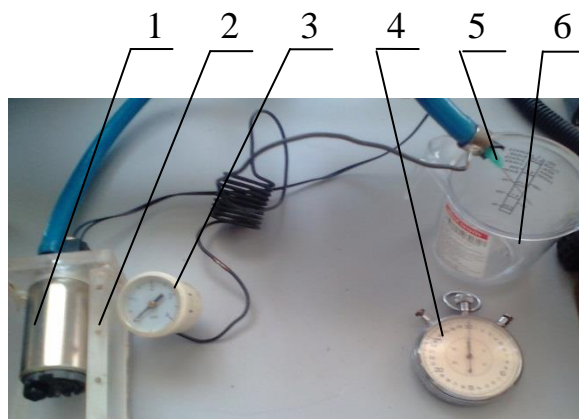


Рис. 5. Зовнішній вигляд пристрою для вимірювання коефіцієнта витрат каналу подачі вершків

1–насос; 2–камера з відміряним об'ємом рідини; 3–манометр;
4–секундомір; 5–шприць з голками, які мають внутрішній діаметр відповідно 0,6; 0,7; 0,8 мм; 6–місткість ємністю 500 мл

Продуктивність при заповненні однакового об'єму рідини при підтриманні значення надлишкового тиску на рівні 0,2 МПа визначається за відомою залежністю [9]:

$$Q = \mu_e S \sqrt{\frac{2}{\rho_e} \Delta p}, \quad (3)$$

де S – площа каналу подачі жирової фази;
 Δp – надлишковий тиск подачі рідини, Па.
 Площа каналів визначалась за формулою:

$$S = \frac{\pi d_e^2}{4}. \quad (4)$$

Продуктивність по об'єму рідини, що пройшла через насадок можна знайти за формулою:

$$Q = \frac{m}{\rho t}, \quad (5)$$

де m – вага гомогенізованого молока, кг;
 ρ – густина молока, кг/м³;
 t – час гомогенізації, с.

Послідовно розраховувалась продуктивність, площа каналу подавання вершків та коефіцієнт витрат СГЗРФ з формули (3) для насадків діаметрами 0,6; 0,7; 0,8 мм.

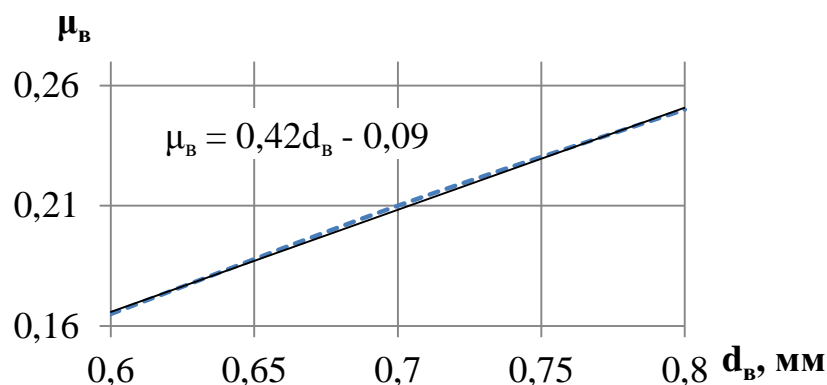


Рис. 6. Залежність коефіцієнта витрат каналу подачі вершків μ_b від діаметра каналу подачі вершків d_b .

Отримані результати дослідження коефіцієнта витрат від діаметра каналу подавання вершків свідчать про наявність прямо

порційної залежності. При зміні $d_к$ з 0,6 до 0,8 мм величина коефіцієнта витрат варіює в діапазоні 0,17–0,25 одиниць відповідно. В ході досліджень було отримано емпіричну формулу $\mu_к = 0,42d_к - 0,09$ для визначення коефіцієнта витрат при підборі діаметру та кількості каналів, які використовуються для подачі вершків.

З метою дослідження коефіцієнту витрат СЦГРВ було проведено модернізацію розробленої установки для визначення цього показнику в СЗГРФ (рис.7).

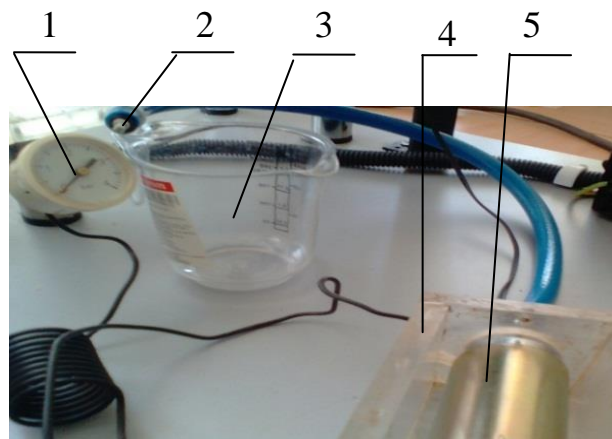


Рис. 7. Зовнішній вигляд пристрою для вимірювання коефіцієнта витрат канала подачі вершків СЦГРВ

1–манометр; 2–імітатор кільцевої щілини шириною 0,6–0,8мм; 3–мірна ємність на 500 мл; 4–камера з рідиною; 5–насос

Для визначення коефіцієнта витрат канала подачі вершків $\mu_к$ ємність 3 (рис. 7) наповнюється водою до досягнення об'єму 500 мл. Рідина переливається до ємності 4, звідки подається насосом 5 через шланг на торці якого закріплений імітатор кільцевої щілини 2, підтримуючи однакові значення надлишкового тиску, який контролюється за манометром 1. Час витікання рідини, необхідний для визначення швидкості її витікання контролюється за допомогою секундоміра.

Продуктивність Q при заповненні однакового об'єму рідини при підтриманні значення надлишкового тиску на рівні 0,2 МПа визначається за залежністю (3)

Площа щілини для подачі дисперсної фази визначалась за формулою

$$S = \pi d_к h . \quad (6)$$

Продуктивність по об'єму рідини, що пройшла через насадок можна знайти за формулою (5). Послідовно розраховувалась продуктивність, площа каналу подавання вершків та коефіцієнт витрат

СЦГРВ з формули (7) для імітаторів кільцевої щілини шириною 0,6; 0,7; 0,8 мм.:

$$\mu_e = \frac{Q}{\pi d_k h \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_e}}}. \quad (7)$$

За експериментальними даними було побудовано графік залежності коефіцієнта витрат від ширини кільцевої щілини та знайдена емпірична формула $\mu_e = 0,69h - 0,37$. Аналіз отриманих результатів дозволяє стверджувати, що реальні значення коефіцієнта витрат суттєвого залежать від ширини щілини. Експериментально визначені значення коефіцієнта витрат для СЦГРВ свідчать, що при зміні ширини щілини з 0,6 до 0,8 мм реальні значення коефіцієнта витрат у СЦГРВ змінюється майже в 4 рази з 0,05 до 0,19 одиниць відповідно.

Аналіз можливих шляхів зниження енерговитрат, виходячи з фізичного змісту коефіцієнта витрат дозволяє стверджувати, що збільшити його значення можливо за рахунок зниження шорсткості поверхні та зменшення довжини каналу подачі вершків або кільцевої щілини. Перший захід не здатен забезпечити суттєвої економії енерговитрат, оскільки внутрішні поверхні каналу подачі вершків та внутрішні ділянки торцевих поверхонь оброблені з високою точністю. Отже, основним способом збільшення значення коефіцієнта витрат є зменшення довжини каналу і відповідно пов'язаних з нею витрат потужності та тиску.

Висновки. З метою визначення величини енерговитрат на диспергування молочного жиру в струминно-щілинному та струминному гомогенізаторах молока з роздільною подачею вершків була розроблена методика та проведене експериментальне визначення коефіцієнтів витрат каналу подачі вершків та кільцевої щілини.

Знайдено залежність коефіцієнта витрат каналу подачі жирової фази в СГЗРФ, від діаметра каналу подачі вершків. Аналіз отриманих залежностей свідчить, що в діапазоні раціональних значень діаметра каналу подачі вершків 0,6–0,8 мм, коефіцієнт витрат змінюється від 0,17 до 0,25. Розроблено методику та проведене експериментальне дослідження для визначення величини коефіцієнтів витрат торцевих поверхонь конфузору та дифузору в місці подачі вершків у СЦГРВ. Результати досліджень свідчать, що при зміні ширини щілини h з 0,6 до 0,8 мм коефіцієнт витрат збільшується відповідно з 0,05 до 0,19. Аналіз отриманих залежностей свідчить, що основним шляхом для зниження енерговитрат СЦГРВ та СГЗРФ є зменшення довжини

кільцевої щілини та каналу подачі вершків відповідно. Отримані результати дозволяють враховувати реальні значення коефіцієнта витрат СЦГРВ та СГЗРФ при розробці промислових зразків цих гомогенізаторів.

Список використаних джерел

1. Фиалкова Е. А. Гомогенизация. Новый взгляд: монография–справочник. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2006. 392 с.
2. Walstra P. Homogenization. *Dairy Science and Technology*. London; New York. 2006. P. 279-297.
3. Нужин Е. В., Гладушняк А. К.. Гомогенизация и гомогенизаторы: монография. Одесса: Печатный дом, 2007. 263 с.
4. Бредихин С. А. Технология и техника переработки молока. Москва: Колос, 2003. 400 с.
5. Самойчук К. О., Ковальов О. О., Дейниченко Г. В. Конструкції струминних диспергаторів жирової фази молока. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2016. Вип. 16, т. 1. С. 219-228.
6. Самойчук К. О., Ковальов О. О., Борохов І. В., Паляничка Н. О. Аналітичні дослідження енергетичних показників і параметрів якості струминно-щільового гомогенізатора молока. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 1. С. 3–18.
7. Самойчук К. О. Развитие научных основ гидродинамического диспергирования молочных эмульсий: автореф. дис ... док. техн. наук: 05.18.12. Харьков, 2018. 44 с.
8. Roudgar M., Brunazzi E., Galletti C., Mauri R. Numerical study of split T-micromixers. *Chemical Engineering & Technology*. 2012. Vol. 35. P. 1291–1299.
9. Башта Т. М., Руднев С. С., Некрасов Б. Б. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. Москва: Альянс. 2010. 423 с.
10. Дідур В. А., Савченко О. Д., Журавель Д. П., Мовчан С. І. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі: підручник. Київ: Аграрна освіта. 2008. 577 с.
11. Пажи Д. Г., Галустов В. С. Основы техники распыливания жидкости. Москва: Химия. 1984. 256 с.

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЕНТУ ВИТРАТ СТРУМИННИХ ГОМОГЕНІЗАТОРІВ МОЛОКА Самойчук К. О.

Анотація

Високі енергетичні витрати являють собою одну з ключових проблем молокопереробної галузі. На шляху їх зниження згідно результатів перспективних

досліджень було запропоновано енергоефективні конструкції струминних гомогенізаторів молока, принцип дії яких заснований на створенні максимальної різниці швидкостей знежиреного молока та вершків. Стаття присвячена розробці методики та експериментальному визначенню реальних значень коефіцієнта витрат струминного гомогенізатора молока з роздільною подачею жирової фази та струминно-щілинного гомогенізатора молока. Необхідність проведення досліджень виникла в зв'язку з тим, що в ході аналізу літературних джерел було виявлено дуже широкий діапазон варіювання коефіцієнта в межах визначених раціональних значень ширини кільцевої щілини та діаметра каналу подачі вершків.

Визначені реальні значення коефіцієнта витрат для торцевих поверхонь конфузору та дифузору в місці подачі вершків, який змінюється від 0,05 до 0,19 одиниць при зміні ширини кільцевої щілини в діапазоні 0,6–0,8 мм. Знайдено реальні значення коефіцієнта витрат каналу подачі вершків струминного гомогенізатора молока з роздільною подачею жирової фази. Його значення в межах раціональних значень параметру (0,6–0,8мм) змінюється від 0,17 до 0,25 одиниць. Отримані дані можуть бути використані для врахування реальних значень коефіцієнта витрат при розробці промислових зразків струминних гомогенізаторів молока. Визначені межі варіювання реальних значень коефіцієнта дозволяють запропонувати заходи, спрямовані на збільшення коефіцієнта витрат. Результати проведеного аналізу свідчать, що для зниження енергетичних витрат процесу диспергування молочного жиру необхідно прагнути до зменшення довжини кільцевої щілини та діаметру каналу подачі вершків.

Ключові слова: канал подачі вершків, гомогенізація, молоко, щілинний гомогенізатор, струминний гомогенізатор, кільцева щілина, коефіцієнт витрат.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА РАСХОДА СТРУЙНЫХ ГОМОГЕНИЗАТОРОВ МОЛОКА

Самойчук К. О.

Аннотация

Высокие энергетические затраты представляют собой одну из ключевых проблем молокоперерабатывающей отрасли. На пути их снижения согласно данным результатов перспективных исследований были разработаны энергоэффективные конструкции струйных гомогенизаторов молока. Принцип их действия основан на создании максимальной разницы скоростей обезжиренного молока и сливок. Статья посвящена разработке методики и экспериментальному определению реальных значений коэффициента расхода струйного гомогенизатора молока с раздельной подачей жировой фазы и струйно-щелевого гомогенизатора молока. Необходимость проведения исследований возникла в связи с тем, что в ходе анализа литературных источников было выявлено очень широкий диапазон варьирования коэффициента в пределах определенных рациональных значений ширины кольцевой щели и диаметра канала подачи сливок.

Определены реальные значения коэффициента расхода для торцевых поверхностей конфузора и диффузора в месте подачи сливок, который меняется от 0,05 до 0,19 единиц при изменении ширины кольцевой щели в диапазоне 0,6–0,8 мм. Найденны реальные значения коэффициента расхода канала подачи сливок струйного гомогенизатора молока с раздельной подачей жировой фазы. Его значение в пределах рациональных значений параметра (0,6–0,8мм) изменяется от

0,17 до 0,25 одиниць. Отримані дані можуть бути використані для урахування реальних значень коефіцієнта витрати при розробці промислових зразків струйних гомогенізаторів молока. Визначені межі варіювання реальних значень коефіцієнта, знання яких дозволяють запропонувати заходи, спрямовані на збільшення коефіцієнта витрати. Результати проведеного аналізу свідчать, що для зменшення енергетичних витрат процесу диспергування молочного жиру необхідно прагнути до зменшення довжини кільцевої щілини та діаметра каналу подачі сливків.

Ключевые слова: канал подачі сливків, гомогенізація, молоко, щелевий гомогенізатор, струйний гомогенізатор, кільцева щілина, коефіцієнт витрати.

DETERMINING THE CONSUMPTION COEFFICIENT OF MILK JET HOMOGENIZERS

K. Samoichuk

Summary

High energy costs are one of the key problems in the dairy industry. On the way to their reduction, according to the results of advanced research, energy-efficient designs of jet milk homogenizers have been developed. Their principle of operation is based on creating the maximum difference in speed between skim milk and cream. The article is devoted to the development of a methodology and experimental determination of the real values of the coefficient of consumption of a jet milk homogenizer with a separate supply of the fat phase and a jet-slotted milk homogenizer. The need for research arose due to the fact that in the course of the analysis of literary sources, a very wide range of variation of the coefficient was revealed within certain rational values of the width of the annular slot and the diameter of the cream supply channel.

The actual values of the flow coefficient for the end surfaces of the confuser and the diffuser at the point where the cream is supplied have been determined, which varies from 0.05 to 0.19 units when the width of the annular slot changes in the range of 0.6-0.8 mm. The real values of the coefficient of consumption of the channel for feeding the cream of the jet milk homogenizer with separate feeding of the fat phase are found. Its value within the rational values of the parameter (0.6-0.8 mm) varies from 0.17 to 0.25 units. The obtained data can be used to take into account the real values of the consumption coefficient when developing industrial samples of jet milk homogenizers. The boundaries of variation of the real values of the coefficient are determined, the knowledge of which allows us to propose measures aimed at increasing the flow coefficient. The results of the analysis show that in order to reduce the energy consumption of the milk fat dispersion process, it is necessary to strive to reduce the length of the annular slot and the diameter of the cream supply channel.

Key of words: cream feed channel, homogenization, milk, slot homogenizer, jet homogenizer, annular slit, cost ratio.