

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного



Науковий вісник
Таврійського державного агротехнологічного університету



Випуск 12, том 3

Електронне наукове фахове видання

Запоріжжя – 2022 р.

УДК [631.3+621.3+004]

T 13

Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. – Мелітополь: ТДАТУ, 2022. – Вип. 12, том 3.

ISSN 2220-8674

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,
Протокол № 6 від 27 грудня 2022 р.

Представлені результати наукових досліджень вчених у галузях галузевого машинобудування, енергетики, електротехніки, електромеханіки, харчових технологій, комп'ютерних наук та інформаційних технологій.

Видання призначене для наукових працівників, викладачів, інженерно-технічного персоналу і здобувачів вищої освіти, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

Реферативні бази: Crossref, Google Scholar, AGRIS, «Україна наукова», НБУ ім. В. І. Вернадського.

Редакційна колегія:

Головний редактор

Кюрчев В. М. чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)

Заступник головного редактора

Надикто В. Т. – чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)

Відповідальний секретар

Діордієв В. Т. – д.т.н., проф. (Україна)

Технічний секретар

Кондратюк Ю.В. (Україна)

Beloev Hristo – д.т.н., проф. (Болгарія)

Cortez Jose Italo – PhD (Mexico)

Ivanovs Semjons – PhD (Latvia)

Olt Jüri – PhD, проф. (Eesti)

Pascuzzi Simone – Dr. проф. (Italia)

Вершков О. О. – к.т.н., доц. (Україна)

Волошина А.А. – д.т.н., проф. (Україна)

Гавриленко Є. А. – д.т.н., проф. (Україна)

Галько С. В. – к.т.н., доц. (Україна)

Гнатушенко В. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Гумен О. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Дейниченко Г. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Євлаш В. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Журавель Д. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Квітка С. О. – к.т.н., доц. (Україна)

Кувачов В. П. – д.т.н., доц. (Україна)

Кузнецов М. П. – д.т.н., с.н.с. (Україна)

Кюрчев С. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Лендел Т. І. – к.т.н., (Україна)

Лисиченко М. Л. – д.т.н., проф. (Україна)

Ломейко О. П. – к.т.н., доц. (Україна)

Лубко Д. В. – к.т.н., доц. (Україна)

Лясковська С. Є. – к.т.н., доц. (Україна)

Малкіна В. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Мацулевич О. Є. – к.т.н., доц. (Україна)

Паламарчук І. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Панченко А. І. – д.т.н., проф. (Україна)

Пилипенко Л. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Погребняк А. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Постолатій В. М. – д.х.т.н. (Молдова)

Пріс О. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Самойчук К. О. – д.т.н., проф. (Україна)

Сердюк М. Є. – д.т.н., проф. (Україна)

Сидоренко О. С. – к.т.н., доц. (Україна)

Скляр О. Г. – к.т.н., проф. (Україна)

Скляр Р. В. – к.т.н., доц. (Україна)

Соболь О. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Тітова О. А. – д.т.н., доц. (Україна)

Холодняк Ю. В. – к.т.н., доц. (Україна)

Шоман О. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Яковлев В. Ф. – к.т.н., проф. (Україна)

Ялпачик В. Ф. – д.т.н., проф. (Україна)

Відповідальний за випуск – к.т.н., професор Скляр О. Г.

Адреса редакції: ТДАТУ

Вул. Жуковського, 66,

м. Запоріжжя, 69600, Україна

© Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2022.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-6

УДК 637.134

К. О. Самойчук, д.т.н, проф.,

ORCID: 0000-0002-3423-3510

О. О. Ковальов, к.т.н., ст. викл.,

ORCID: 0000-0002-4974-5201

Н. О. Фучаджи, к.т.н., ст. викл.

ORCID: 0000-0001-9433-6282

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

e-mail: oleksandr_kovalov@tsatu.edu.ua, тел.: (096)3205531

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ПРОМИСЛОВОГО ЗРАЗКА СТРУМИННО-ЩІЛИННОГО ГОМОГЕНІЗАТОРА МОЛОКА

Анотація. В статті було приведено вихідні дані для розрахунку основних конструктивних, гідравлічних, технологічних параметрів промислового зразку гомогенізатора в їх зв'язку з середнім діаметром жирових кульок після диспергування, потужністю приводів насосів та питомими енергетичними витратами процесу гомогенізації. Була розроблена методика розрахунку основних параметрів струминно-щілинного гомогенізатора молока в їх зв'язку з показниками якості та енерговитратами диспергування. Розраховані основні конструктивні параметри обладнання для продуктивності 1000, 2500, 5000 та 10000 кг/год. Отримані результати дозволять розробити промисловий зразок, скласти технічну документацію та передати її виробнику для впровадження в технологічні процеси переробки молока.

Ключові слова: продуктивність, промисловий зразок, струминно-щілинний гомогенізатор, енергоефективність, гомогенізація, розрахунок.

Постановка проблеми. Диспергування широко використовується в молокопереробній промисловості для отримання однорідних емульсій. В ході її проведення середній діаметр жирових кульок в молоці зменшується з початкових 3–4 мкм до 0,8–1,2 мкм, що обумовлюється технологічними вимогами виробництва [1]. Операція проводиться в складі більшості технологічних процесів з переробки молочної продукції для збільшення терміну зберігання, підвищення поживної цінності виробів, зменшення показнику втрат молочного жиру з тарою [2]. Разом з цим характерною рисою гомогенізації є надмірно високі значення питомих витрат енергії, які для найбільш поширених в промисловості клапанних машин складають понад 8

кВт·год/т готового продукту, що за показником питомих витрат енергії наближується до питомих енерговитрат процесу подрібнення зерна в молоткових дробарках (9–16 кВт·год/т) [1, 3].

Підвищення енергоефективності диспергування молочних продуктів являє собою актуальну задачу, оскільки на переробку однієї тони продукту витрачається понад 8 кВт·год/т електричної енергії. Дослідження, спрямовані на підвищення енергоефективності процесу гомогенізації ускладнюються відсутністю загальної теорії, яка б вичерпно пояснювала сутність процесів, які відбуваються в зоні клапанної щілини [4]. Це пов'язано з мікроскопічним розміром досліджуваних часток, середній діаметр яких складає менше 1 мкм та високою швидкістю руху рідини, величина якої перевищує 100 м/с. Відомо близько 7 гіпотез процесу диспергування, на базі яких створено понад 10 конструкцій гомогенізаторів, кожна з яких або має високі енерговитрати, або не забезпечує технологічно заданої якості кінцевого продукту [3,5].

Аналіз останніх досліджень. Перспективні дослідження провідних вчених свідчать, що досягти суттєвого зниження енергетичних витрат при забезпеченні середнього діаметра жирових кульок на рівні технологічно обумовлених вимог можливо шляхом впровадження конструкцій, принцип дії яких засновано на створенні максимальної різниці між швидкостями дисперсійної та дисперсної фаз продукту [4]. Однією з таких конструкцій є струминно-щілинний гомогенізатор молока з роздільною подачею вершків, лабораторний зразок якого було розроблено на базі кафедри ОПХВ імені професора Ф. Ю. Ялпачика (ТДАТУ імені Дмитра Моторного), конструктивну схему якого наведено на рис.1 [4,6].

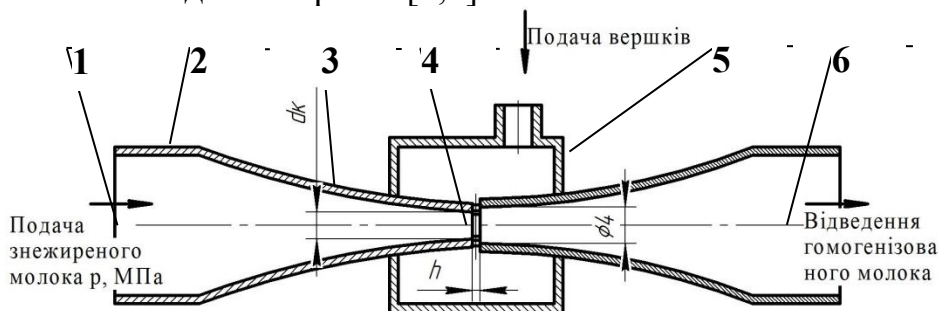


Рисунок 1. Схема струминно-щілинного гомогенізатора молока

Струминно-щілинний гомогенізатор молока складається з гомогенізуючого вузлу 2, до якого знежирене молоко після попереднього проходження сепарації під тиском подається крізь патрубок 1. Проходячи за довжиною конфузору 3 знежирене молоко досягає місця найбільшого звуження 4, розміром d_k , де до нього з ємності з вершками 5 крізь щілину шириною h подається необхідна



кількість вершків [4, 6]. Необхідний об'єм вершків розраховується згідно рівняння матеріального балансу в залежності від необхідної жирності кінцевого продукту та жирності вершків, що використовуються при нормалізації. Таким чином використання струминного гомогенізатора молока щілинного типу дозволяє одночасно проводити диспергування та нормалізацію. Гомогенізоване молоко відводиться крізь патрубків 6.

Аналітичні та експериментальні дослідження процесу диспергування в струминно-щілинному гомогенізаторі молока щілинного типу дозволяють стверджувати, що при середньому діаметрі жирових кульок 0,8 мкм енергетичні витрати для забезпечення роботи машини складають 0,7–0,75 кВт·год/т гомогенізованого молока [7].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Для практичної реалізації отриманих результатів та впровадження струминно-щілинного диспергатора в виробництво необхідно розробити методику розрахунку параметрів промислового зразка гомогенізатора. Отже метою даної статті є розробка послідовності розрахунків для впровадження розробленого гомогенізатора в промислового виробництві. Для створення методики розрахунку промислового зразка струминно-щілинного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків використовувались аналітичні залежності та результати обробки експериментальних досліджень. Для досягнення поставленої мети вирішувалось наступні задачі:

- визначались вихідні технологічні дані для розробки промислового зразку струминно-щілинного диспергатора;
- виконувався підбір обладнання, а саме двигунів, видів передач та насосів для подачі дисперсійної (знежирене молоко) та дисперсної (вершки) фаз продукту;
- встановлювалась послідовність проведення розрахунку та проводилось обчислення конструктивних, гідравлічних та технологічних параметрів в зв'язку з показниками якості (середнім діаметром жирових кульок після гомогенізації), потужністю та питомими енергетичними витратами процесу.

Основна частина. Вихідними технологічними даними для розрахунку струминно-щілинного гомогенізатора молока з роздільною подачею жирової фази з використанням нормалізації за жирністю є:

- необхідний середній діаметр жирових кульок молока d_{cp} після гомогенізації [7,8];
- загальна продуктивність струминно-щілинного гомогенізатора Q_g , мінімальні значення якої для промислового зразку складають 1000 кг/год [8], або $2,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$;
- жирність знежиреного молока, що відповідно до нормативних вимог для процесів нормалізації знаходиться на рівні 0,05% [7,9];



– жирність вершків, що задана технологічними вимогами проведення процесу та згідно результатів аналітичних та експериментальних досліджень для отримання високого ступеню дисперсності має дорівнювати 40–50% [6].

Максимальний ступінь дисперсності ($d_{cp}=0,8$ мкм) серед відомих машин, що використовуються у молокопереробній галузі забезпечують клапанні гомогенізатори [10]. При цьому відбувається зменшення середнього розміру жирових кульок у 4 рази. Це є достатнім показником з точки зору технологічних процесів з виробництва молочних продуктів, які використовують гомогенізацію, що дає змогу прийняти його в якості розрахункового параметру промислової установки.

В технологічних лініях виробництва молочних продуктів, у більшості випадків, диспергатор встановлюють після пастеризації [1,3]. При одночасному проведенні нормалізації і гомогенізації, їх проведенню передують операції сепарації, що доцільно проводити при 65–70 °С. Раціональні значення температури молока, дорівнюють 60...65 °С [3, 9].

Більшість технологічних інструкцій, що регламентують виробництво молочної продукції для отримання заданої дисперсності готового продукту визначаються значенням тиску диспергування клапанного гомогенізатора [7,11]. При цьому розрахувати середній діаметр жирових кульок після гомогенізації можливо за формулою, запропонованою Барановським [3].

Для визначення продуктивності по знежиреному молоку та вершках, з рівняння матеріального балансу визначаємо подачу компонентів емульсії [1,12]

$$Q_2 = \frac{Q_{zn} (J_v - J_{zn})}{\rho_m (J_v - J_n)}, \quad (1)$$

$$Q_2 = \frac{Q_v (J_v - J_{zn})}{J_n - J_{zn}}, \quad (2)$$

де Q_v , Q_{zn} , Q_v – подача нормалізованого за жирністю молока, подача знежиреного молока та вершків, м³/с;

$\rho_{пл}$ – густина молочної плазми, кг/м³;

J_n , J_{zn} , J_v – жирність відповідно нормалізованого, знежиреного молока та вершків, %.

Якщо жирність жирової фази не задана вимогами, з метою отримання жирових кульок, з меншим середнім діаметром кожної частки рекомендовано використовувати найбільшу жирність, обумовлену технологією виробництва продукту [4,11]. Для розрахунку приймаємо $J_v=40\%$, $J_{zn}=0,05\%$, $J_n=3,2\%$.

Необхідну швидкість знежиреного молока для отримання



продукту з заданим середнім розміром жирових часток знаходимо з формули (3) [6]

$$v_{zn} = \sqrt{\frac{We_k \cdot \sigma_{ж-п}}{2\rho_{пл} \cdot d_{cp} \cdot k_{щ}^2}}, \quad (3)$$

де We_k – критичне значення критерію Вебера;

$k_{щ}$ – коефіцієнт струминно–щілинного гомогенізатора;

$\sigma_{ж-п}$ – поверхневий натяг на межі розділу жиру та плазми, Н/м.

Для розрахунку приймаємо $We_k=28$, $k_{щ}=0,8$.

Параметри камери гомогенізації в місці найбільшого звуження струминного гомогенізатора при використанні камери, що має циліндричну форму визначимо з формули (4)

$$v_{zn} = \frac{Q_{zn}}{\epsilon_k \cdot S}, \quad (4)$$

де ϵ_k – коефіцієнт стиснення для центральної частини камери, який залежить від форми камери та дорівнює 1 для внутрішніх поверхонь, що мають циліндричну форму;

S – площа перетину камери струминно–щілинного диспергатора в місці найбільшого звуження, м².

$$S = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4}. \quad (5)$$

З формули (4) з врахуванням (5) визначимо діаметр камери в місці найбільшого звуження як

$$d_{кам} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{zn}}{\epsilon_k \cdot \pi \cdot v_{zn}}}, \quad (6)$$

де v_{zn} – швидкість подачі знежиреного молока, м/с;

Для розрахунків ширину кільцевої щілини для подачі вершків прийемо $h=0,6-0,8$ мм, тобто значення, які були визначені при проведенні оптимізації експериментальних даних [11].

Швидкість подачі вершків у місці їх включення до потоку знежиреного молока можна знайти зі співвідношення

$$v_6 = \frac{Q_6}{\pi \cdot d_k \cdot h}. \quad (7)$$

Для гарантованого забезпечення подачі знежиреного молока та вершків, слід обирати насоси об'ємного типу дії, надлишкові тиски для підбору яких після перетворень визначаються зі співвідношень (8) і (9) [12,13]

$$\Delta p_{zn} = \frac{8 \cdot Q_{zn}^2 \cdot \rho_{zn}}{\mu_k^2 \cdot \pi^2 \cdot d_k^4}, \quad (8)$$

$$\Delta p_6 = \frac{Q_6^2 \cdot \rho_6}{2\mu_6^2 \cdot \pi^2 \cdot d_k^2 \cdot h^2}, \quad (9)$$



де Δp_{zn} , Δp_v – тиск подачі знежиреного молока та вершків, МПа.

ρ_{zn} , ρ_v – густина молочної плазми та вершків, кг/м³;

μ_k – коефіцієнт витрат для внутрішніх поверхонь циліндричної камери в місці найбільшого звуження складає 0,82;

μ_v – коефіцієнт витрат для внутрішніх поверхонь конфузора та дифузора на початковій ділянці в місці всмоктування вершків до щілинного каналу, приймався рівним 0,8.

Потужності насосів, що використовуються для приводу насосів подачі знежиреного молока P_{zn} та вершків P_v можна визначити з залежностей

$$P_v = \frac{Q_v \cdot \Delta p_v}{\eta_v}, \quad (10)$$

$$P_{zn} = \frac{Q_{zn} \cdot \Delta p_{zn}}{\eta_{zn} \eta_{пзн}}, \quad (11)$$

де η_{nv} , η_{nzn} – відповідно коефіцієнти корисної дії насоса подачі вершків і знежиреного молока;

$\eta_{пзн}$ – коефіцієнт корисної дії редуктора і передачі між насосом подачі дисперсійної фази та відповідним електродвигуном.

Для подавання вершків в промисловому зразку пропонується використовувати насос ВЕ-G20 НР 0.6, коефіцієнт корисної дії якого складає 0,8. Для приводу насоса використовується асинхронний електричний двигун АИРЕ 71 L-2 потужністю 0,55 кВт з коефіцієнтом корисної дії, що дорівнює 0,71. Для подавання знежиреного молока використовується насос НШП-10, що має максимальну продуктивність на рівні 10 м³/год при тиску 2,4 МПа та коефіцієнті корисної дії 0,81. Між ним та двигуном встановлюється циліндричний редуктор 1ЦУ-160 з передаточним відношенням 2...2,5 та коефіцієнтом корисної дії 0,98 [1,12]. Для приводу харчового насоса подачі знежиреного молока використовується електричний двигун 3000 с⁻¹ АИРС 112 М2 потужністю 7,5 кВт та з коефіцієнтом корисної дії 0,84 [12,14].

Загальна потужність струминного гомогенізатора визначається з формули

$$P = \frac{P_{zn} + P_v}{\eta_{двв} \eta_{двз}}. \quad (12)$$

де $\eta_{двв}$, $\eta_{двз}$ – коефіцієнти корисної дії двигунів приводу насосів подачі вершків та знежиреного молока.

Питомі витрати енергії струминно-щілинного гомогенізатора молока можна визначити як



$$E_{num} = \frac{P}{Q_2}. \quad (13)$$

Основні конструктивні, технологічні та енергетичні показники для типового ряду гомогенізаторів за показником продуктивності зведені до табл.1.

Таблиця 1

Розрахункові дані типорозмірів струминно-щілинного гомогенізатора молока з роздільним подаванням вершків

Продуктивність, Q_r , т/год	Діаметр камери, d_k , мм	Ширина щілини, h , мм	Потужність насосу вершків, P_v , кВт	Потужність насосу знежир. молока, P_{zn} , кВт	Сумарна потужність, P , кВт	Питоме енергоспоживання, $E_{пит}$ кВт·год/т
1,0	2,60	0,60	0,128	0,616	0,744	0,74
2,5	4,00	0,70	0,128	1,719	1,847	0,74
5,0	5,65	0,75	0,241	3,455	3,696	0,74
10,0	8,00	0,80	0,528	6,876	7,404	0,74

Аналіз отриманих результатів (табл. 1) дає змогу встановити, що однакові потужності для приводу насосів подачі вершків для продуктивності 1 та 2,5 т/год досягаються за рахунок збільшення величини кільцевої щілини на 0,1 мм. В подальшому за умови збільшення ширини щілини на 0,05 мм необхідні потужності приводу насосів подачі вершків збільшуються вдвічі при 5 та 10 т/год. Збільшення ширини кільцевої щілини необхідно для забезпечення заданої продуктивності промислового зразка, при цьому швидкість подачі вершків збільшується з 4,3 м/с для продуктивності 1 т/год до 10,5 м/с при продуктивності 10 т/год, що забезпечує технологічно обумовлену для отримання необхідного середнього діаметра жирових кульок різницю швидкостей дисперсійної (44–53 м/с) та дисперсної (4,3–10,5 м/с) фаз.

Майже 10 разове зростання необхідної потужності для приводу насосу подачі знежиреного молока прямо корелює з зростанням продуктивності з 1 до 10 т/год при зростанні потужності з 0,616 кВт до 6,876 кВт. Менш виразне зростання потужності насосу подачі вершків з 0,128 кВт при 1 та 2,5 т/год до 0,528 кВт при продуктивності 10 т/год



пояснюється поступовим збільшенням ширини кільцевої щілини. Отримані дані свідчать про 10 разове зниження питомих енерговитрат процесу диспергування порівняно з найбільш поширеними в промисловості клапанними диспергаторами та зниження енерговитрат на 20% порівняно з їх показником для протитечійно-струминного гомогенізатора. Цей ефект досягається за рахунок зниження робочого тиску процесу та швидкості подачі знежиреного молока і вершків при подачі вершків в місці найбільшого звуження, а отже й максимальної різниці швидкостей фаз.

Висновки. З метою зниження енергетичних витрат, що витрачаються на процес гомогенізації при впровадженні в виробництво струминно-щілинного гомогенізатора молока, була розроблена методика розрахунку промислового зразку, яка дозволила розрахувати основні параметри струминно-щілинного гомогенізатора для продуктивності 1–10 т/год. Наведено методику розрахунку продуктивності по знежиреному молоку та вершках, швидкості подачі та тиску знежиреного молока, швидкості та тиску подачі вершків, діаметра камери в місці найбільшого звуження, потужності для приводу насосів подачі знежиреного молока та вершків і питомі енергетичні витрати процесу для промислових гомогенізаторів вказаного діапазону продуктивності.

Встановлено, що потужність, необхідна для приводу насоса для подачі знежиреного молока перевищує потужність насоса, що використовується для подачі вершків у 4,8 рази при продуктивності 1 т/год та в 14,3 рази при продуктивності 5 т/год. Зростання потужності для приводу насоса подачі знежиреного молока має пряму кореляцію з ростом продуктивності струминно-щілинного гомогенізатора. Менш виразне зростання потужності насоса для подачі вершків (4,12 рази) при збільшенні продуктивності забезпечується за рахунок збільшення ширини кільцевої щілини в межах значень параметру, визначеного при проведенні оптимізації.

В ході подальших досліджень планується розробка промислового зразку, передача документації виробнику та подальша оцінка економічної ефективності від впровадження струминно-щілинного гомогенізатора молока.

Список використаних джерел

1. Walstra P., Wouters J. T. M. and Geurts T. J. Homogenization. In: *Dairy Science and Technology*. Boca Raton London New York. 2006, 279. p.
2. Liao, Y. X., Lucas, D. A literature review of theoretical models for drop and bubble breakup in turbulent dispersions. *Chem. Eng. Sci.*, 2009. 64, Pp 3389–3406.



3. Нужин Е. В., Гладушняк А. К. Гомогенизация и гомогенизаторы: монография. Одесса: Печатный дом. 2007. 264 с.
4. Ковальов О. О. Обґрунтування параметрів струминно-щільного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11. ТДАТУ. Мелітополь, 2021. -20 с.
5. Huppertz T. Homogenization of Milk Other Types of Homogenizer (High-Speed Mixing, Ultrasonics, Microfluidizers, Membrane Emulsification). *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2nd Edition, 2011. pp 761–764.
6. Самойчук К. О., Ковальов О. О., Борохов І. В., Паляничка Н. О. Аналітичні дослідження енергетичних показників і параметрів якості струминно-щільного гомогенізатора молока. *Праці ТДАТУ*. ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. Вип. 19, т. 1. С. 3–18.
7. Samoichuk K., Kovalyov A., Oleksienko V., Palianychka N., Dmytrevskiy D., Chervonyi V., Horielkov D., Zolotukhina I., Slashcheva A. Determination of fat milk dispersion quality in the jet-slot type milk homogenizer. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. № 5/11 (107). Pp 16–24.
8. Håkansson, A., Fuchs, L., Innings, F., Revstedt, J., Trägårdh, C., Bergenståhl, B. Velocity measurements of turbulent two-phase flow in a high-pressure homogenizer model. *Chemical Engineering Communications*, 200, 2013. Pp. 93–114.
9. Jiang, B., Shi, Y., Lin, G., Kong, D., Du, J. Nanoemulsion prepared by homogenizer : The CFD model research. *Journal of Food Engineering*, 2019. 241, Pp. 105–115.
10. Dhankhar P. Homogenization fundamentals. *IOSR Journal of Engineering*, 4(5), 2014. Pp.1–8.
11. Самойчук К. О., Ковальов О. О., Колодій О. С., Серий І. О. Оптимізація експериментальних параметрів та визначення експериментального значення критерію Вебера струминно-щільного гомогенізатора молока. *Праці ТДАТУ*, Мелітополь: ТДАТУ, 2019. Вип.19. Том3. С 78–85.
12. Дідур В.А., Савченко О.Д., Журавель Д.П., Мовчан С.І. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі. Підручник. К: Аграрна освіта. 2008. 577 с.
13. Ward K., Fan Z. H. Mixing in microfluidic devices and enhancement methods. *Journal of Micromechanics and Microengineering* 25, (2015).
14. Walstra P, Wouters J T M and Geurts T J. Homogenization. In: *Dairy Science and Technology*. Second Edn. Taylor & Francis Group, LLC. Boca Raton London New York. 2006, 279 p.



Стаття надійшла до редакції 12.12.2022 р.

K. Samoichuk, A. Kovalov, N. Fuchadzhy
Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university

METHOD OF CALCULATING THE PARAMETERS OF THE INDUSTRIAL SAMPLE OF THE FLOW-SLOT MILK HOMOGENIZER

Summary

Increasing the energy efficiency of the process of dispersing dairy products is an urgent task, since more than 8 kWh/t of electrical energy is spent on the processing of one ton of product. The results of prospective studies allow us to state that a significant reduction in energy costs for homogenization can be achieved through the development and implementation of designs in production, the principle of operation of which is based on creating the maximum difference between the speeds of the dispersed (skimmed milk) and dispersed (cream) phases of the product.

For the implementation of the developed structures and the practical implementation of the obtained results in the conditions of real production, it is necessary to develop a methodology for calculating the industrial model of the jet-slit milk homogenizer. To achieve this goal, the article provided initial data for calculating the main structural, hydraulic, and technological parameters of an industrial model of a jet-slit homogenizer in relation to the average diameter of fat balls after dispersion, the power of pump drives, and the specific energy consumption of the homogenization process.

Among the parameters determined by the sequence of calculation should be mentioned the productivity of skimmed milk and cream, the speed of skim milk, the diameter of the chamber at the point of the largest narrowing, the speed of the cream, the excess pressures of the pumps supplying the dispersion and dispersed phase, the power of the pumps and the specific energy consumption of the process. The article provides data on selected pumps, electric motors and gears used to supply skimmed milk and cream. The main design parameters of the equipment are calculated for the productivity of 1000, 2500, 5000 and 10000 kg/h.

The obtained results will make it possible to develop an industrial model, draw up technical documentation and hand it over to the manufacturer for implementation in the technological processes of milk processing and to calculate, based on the obtained data, the economic efficiency indicators of the introduction of an industrial model of a jet-slit milk homogenizer with separate cream supply.

Keywords: productivity, industrial model, jet-slit homogenizer, energy efficiency, homogenization, calculation.

**ЗМІСТ****ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ**

- Богомолів О. В., Михайлов В. М., Завгородній О. І., Ірклієнко В. І., Богомолів О. О., Іващенко С. Г.* 1
До питання енергоємності процесів сепарації зернових сумішей
- Кюрчев С. В., Верхованцева В. О.* 2
Аналіз ефективності застосування каскадного морозильного пристрою для заморожування ягід
- Скляр О. Г., Скляр Р. В., Болтянський Б. В.* 3
Аналіз сучасних технологій та обладнання для утримання виробничої птиці
- Тебенко В. М., Завадських Г. М., Лисак О. І.* 4
Пріоритетні напрями інноваційного розвитку
- Журавель Д. П., Бондар А. М., Філенко Д. Ю.* 5
Структурний аналіз надійності сільськогосподарської техніки при експлуатації на біопально-мастильних матеріалах
- Самойчук К. О., Ковальов О. О., Фучаджи Н. О.* 6
Методика розрахунку параметрів промислового зразка струминно-щілинного гомогенізатора молока
- Kotar A. S.* 7
Modern technologies for processing livestock manure and poultry litter into high-quality fertilizers
- Болтянська Л. О.* 8
Енергозбереження та енергоефективність в домогосподарствах населення
- Дашивець Г. І., Бондар А. М., В'юник О. В.* 9
Вплив технологічної бази на підвищення рівня виробничих ресурсів сервісного підприємства
- Бондаренко Л. Ю., Тетервак І. Р.* 10
Огляд агрегатів для покращення кисневого балансу компостної суміші



- Мітков В. Б.* 11
Обґрунтування доцільності введення екологічного контролю енергетичних засобів при виробництві сільськогосподарської продукції
- Болтянський Б. В., Скляр Р. В.* 12
Модель функціонування бази технічного сервісу обладнання тваринницьких підприємств
- Ковальов О. О., Самойчук К. О., Паляничка Н. О.* 13
Оптимізація форми внутрішніх поверхонь кільцевої щілини струминного гомогенізатора молока
- Журавель Д. П.* 14
Прогнозування надійності паливної системи мобільної техніки при використанні біодизельних паливних
- Лисак О. І., Тебенко В. М., Завадських Г. М.* 15
Розробка бізнес-плану вирощування цукрової кукурудзи для малих підприємств півдня України
- Ломейко О. П., Верхованцева В. О., Паляничка Н. О.* 16
Аналіз ефективності способів вдосконалення клапанних гомогенізаторів

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

- Дідур В. В., Журавель Д. П., Шокарев О. М., В'юник О. В., Комар А. С.* 17
Аналіз технологій отримання олії з олійних культур
- Боковець С. П., Перцевой Ф. В.* 18
Дослідження гідрогелів агару у поєднанні з медом та кунжутним борошном методом дск для виробництва батончиків
- Бандура В. М., Фіалковська Л. В.* 19
Технологія зберігання насіння зернових культур
- Ілляшенко Я. І., Мельник О. Ю.* 20
Використання кріопорошків в технології виготовлення пастили
- Семко Т. В., Іваніщева О. А.* 21
Формування функціональних властивостей пісочно-відсаджувального печива шляхом застосування зостери



- Крижак Л. М.* 22
Перспективне використання плодів садової ірги (*Amelanchier medic*) у харчовій промисловості
- Роженко А. С., Мельник О. Ю.* 23
Використання калини та продуктів її переробки у виробництві здобних виробів
- Пахомська О. В.* 24
Харчові добавки: класифікація та вплив на організм людини
- Кошель О. Ю., Москаленко А. О., Маренкова Т. І., Лобачова Н. Л.* 25
Визначення показників якості тіста для круасанів
- Геліх А. О., Головка М. П., Кошель О. Ю., Василенко О. О., Чернишов С. О.* 26
Удосконалення технології м'ясних тістових напівфабрикатів з використанням безглютенової рослинної сировини

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

- Волошин В. С., Азархов О. Ю.* 27
До питання ролі людини в енергетичному обміні сонце-земля
- Гулевський В. Б., Постол Ю. О., Добровенко І. Г.* 28
Огляд сучасного стану релейного захисту електричних мереж
- Сілі І. І., Азархов О. Ю.* 29
Дезінфікуючий UV-C мобільний робот

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ

- Дереза О. О., Дереза С. В.* 30
Інструменти комунікації для підготовки фахівців АПК
- Холодняк Ю. В., Гавриленко Є. А., Мірошниченко М. Ю.* 31
Комп'ютерне моделювання криволінійних поверхонь на основі масиву точок
- Лубко Д. В., Шаров С. В.* 32
Розробка сучасної експертної системи для галузі свинарства у приватних господарствах



- Зінов'єва О. Г.* 33
Оптимізація технічного обслуговування сільськогосподарської техніки методом імітаційного моделювання
- Лубко Д. В.* 34
Використання Web-технологій для автоматизації розробки технологічних карт вирощування сільськогосподарських культур

Електронне наукове фахове видання

Науковий вісник
Таврійського державного агротехнологічного університету

Випуск 12, том 3.

Відповідальний за випуск – к.т.н., професор Скляр О. Г.

Комп'ютерна верстка: Комар А. С.

Підписано до друку 28 грудня 2022 р.
Друкарня ТДАТУ
18,40 умов. друк. арк.