



DOI: 10.31388/2220-8674-2023-1-1

УДК 637.134

С. В. Кюрчев, д.т.н.

ORCID: 0000-0001-6512-8118

К. О. Самойчук, д.т.н.

ORCID: 0000-0002-3423-3510

О. П. Ломейко, к.т.н.

ORCID: 0000-0001-7407-545X

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

e-mail: kurylo.samoichuk@tsatu.edu.ua, тел.: 097-880-54-85

## МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЗРАЗКА СТРУМИННОГО ГОМОГЕНІЗАТОРА МОЛОКА

*Анотація.* Для розробки та досліджень нових типів гомогенізаторів, а також теорій диспергування та гомогенізації мікроемульсій важливим етапом є розробка методики розрахунку експериментального зразка дослідного гомогенізатора. Але основною проблемою при проведенні досліджень струминних гомогенізаторів є відсутність єдиної теорії, та, як наслідок, методики розрахунку таких машин. Тому мета даної статті – розробити методику розрахунку експериментального зразка струминного гомогенізатора молока. В результаті проведених досліджень розроблена установка, призначена для проведення експериментальних досліджень процесу струминного диспергування молочної емульсії. Приведено методику та здійснені основні розрахунки експериментального зразка струминного гомогенізатора. Наведені формули для визначення продуктивності, потужності приводу вершків та знежиреного молока, розміри камери гомогенізатора, параметри трубопроводів в залежності від необхідного розміру жирових кульок. Проведені дослідження дають можливість розробити конструкції гомогенізаторів та диспергаторів, енергоефективність яких значно перевищує існуючі.

*Ключові слова:* гомогенізація, диспергування молока, струминний гомогенізатор, експериментальний зразок, розрахунок.

*Постановка проблеми.* Експериментальний зразок струминного гомогенізатора призначено для проведення експериментальних досліджень процесу гомогенізації молока. Під гомогенізацією молока розуміють процес його обробки, який призводить до диспергування жирової (дисперсної) фази і рівномірного розподілу її по об'єму дисперсійної фази (молочної плазми) [1].

Областю застосування експериментального зразка струминного



гомогенізатора є експериментальні дослідження, що проводять для:

- перевірки та коригування (при необхідності) розроблених теоретичних залежностей процесу гомогенізації;
- знаходження оптимальних і раціональних параметрів гомогенізатора (конструктивних, технологічних, кінематичних та енергетичних);
- проведення випробувань для перевірки якісних характеристик молока.

В струминних апаратах для диспергування жирової фази молока гомогенізація відбувається за рахунок дії струменя (як вільного, так і затопленого) або потоку продукту. Гомогенізатори з роздільним подаванням жирової фази у потік знежиреного молока [2, 3], або знежиреного молока у струмінь вершків (Т-гомогенізатори) дозволяють досягти високої різниці швидкості між жировою кулькою та плазмою і за показником ефективності гомогенізації не поступаються клапанним [4]. За рахунок використання роздільної гомогенізації (обробка лише жирової фази) вони мають низькі енерговитрати (менше 2 кВт·год/т) [5]. Також вони можуть поєднувати операцію нормалізації молочної суміші за жирністю [6], але при цьому потребують попереднього розділення молока на вершки та знежирене молоко (сепарацію).

Порядок розробки експериментальної установки включає такі складові:

1. Створення схеми експериментальної установки та її складових частин.
2. Визначення наближених основних параметрів установки (продуктивність, дисперсність емульсії та потужність).
3. Технологічні, кінематичні, гідравлічні та енергетичні розрахунки вузлів установки.
4. Вибір готових (покупних) деталей та вузлів установки, які можна запозичити з інших, вже існуючих машин та апаратів.
5. Корекція розрахункових параметрів за умовами обраних покупних вузлів і деталей.
6. Розрахунки на міцність та витривалість деталей установки.
7. Створення креслеників загального виду установки.
8. Створення креслень деталей.
9. Збирання експериментальної установки.

Основною проблемою при проведенні досліджень струминних гомогенізаторів є відсутність єдиної теорії, та, як наслідок, методики розрахунку таких машин. Для проведення експериментальних досліджень необхідним етапом є розробка та створення експериментального зразка. Для цього потрібно знати орієнтовні технологічні, конструктивні, гідравлічні та енергетичні параметри



установки. Основні труднощі, які потрібно вирішити при розробці експериментального зразка: необхідність корекції розрахункових параметрів, зважаючи на покупні елементи установки й необхідність врахування досить широкого діапазону змінних факторів процесу гомогенізації.

*Аналіз останніх досліджень.* Перед обробкою в експериментальному зразку струминного гомогенізатора молоко повинно бути розділено на вершки та знежирене молоко. Вони мають відповідати умовам ДСТУ ISO 7208:2002 «Молоко знежирене, сироватка та маслянка» та ДСТУ 8553:2015 «Молоко-сировина та вершки-сировина. Правила приймання, відбирання та готування проб до контролювання».

В перспективі, експериментальний зразок струминного гомогенізатора з незначним доопрацюванням, може бути використаний для проведення експериментальних досліджень процесу струминної гомогенізації не тільки молока, але й соків та соковмісних напоїв, сумішей для морозива, майонезів, маргаринів і кетчупів, сумішей для відгодовування телят, тощо.

Технічні характеристики експериментального зразка, що розробляється:

- продуктивність, кг/год – 500;
- тиск насосу подачі знежиреного молока, максимальний, МПа – 5,4;
- потужність електродвигуна приводу подачі знежиреного молока, кВт – 1,5;
- частота обертання валу насоса подачі знежиреного молока, об/хв. – 1400;
- тиск насосу подачі вершків максимальний, МПа – 6;
- потужність електродвигуна приводу подачі вершків, кВт – 0,3;
- середній розмір жирових кульок після обробки, мкм – до 0,8;
- маса установки, кг – 80;
- габаритні розміри, довжина x ширина x висота, мм – 900 x 580 x 420.
- діаметр камери у місці подачі вершків, мм – 2;
- діаметр каналу подачі вершків, мм – 1;
- питомі енерговитрати в розрахунковому режимі, кВт/т, – 0,6.

Для розрахунків використовувались аналітичні дослідження струминної гомогенізації молока, проведені в Таврійському державному агротехнологічному університеті імені Дмитра Моторного. Крім того використовувались класичні залежності гідравліки та технічної механіки.

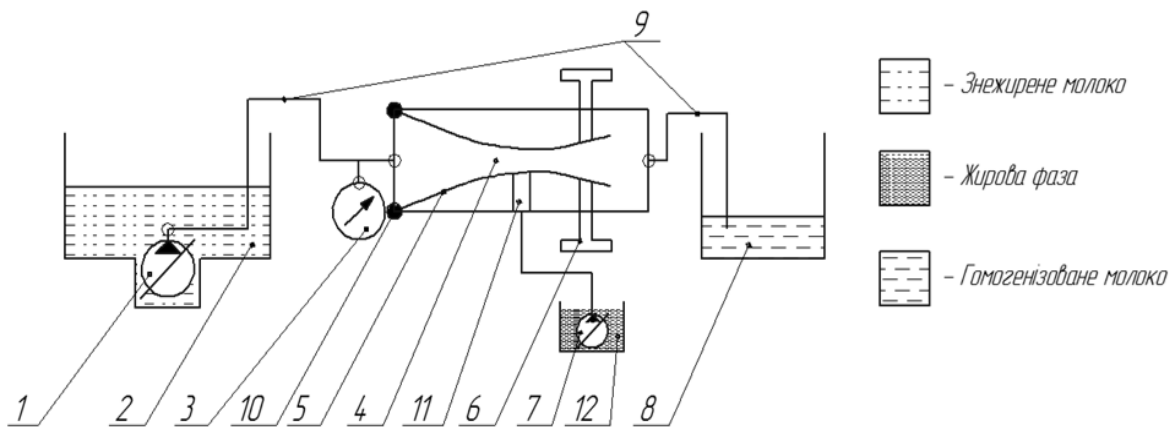
*Формулювання мети статті.* Мета даної статті – розробити методику розрахунку експериментального зразка струминного

гомогенізатора молока. Така методика необхідна дослідникам на етапі планування експериментальних досліджень процесів диспергування та гомогенізації.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- визначити вихідні дані та умови до експериментального зразка;
- описати конструкцію та принцип дії експериментального зразка струминного гомогенізатора;
- розробити методику розрахунку основних технологічних параметрів експериментальної установки;
- розробити методику розрахунку на міцність основних вузлів та деталей установки.

*Основна частина.* Схема зразка струминного гомогенізатора для проведення експериментальних досліджень представлена на рисунку 1.



1 – насос роторного типу; 2 – ємність для знежиреного молока; 3 – манометр; 4 – камера гомогенізації; 5 – направляючі; 6 – регулювальні тяги; 7 – насос подачі жирової фази; 8 – ємність для приймання готового продукту; 9 – трубопроводи; 10 – шарніри; 11 – канал подачі вершків; 12 – ємність для вершків.

Рисунок 1. Схема експериментального зразка струминного гомогенізатора молока

Пристрій працює наступним чином. З ємності 2 знежирене молоко через насос 1 по трубопроводах надходить до камери гомогенізації 4. З ємності для вершків 12, насосом 7 через канал 11 жирова фаза подається до центральної зони камери гомогенізації у потік знежиреного молока, де відбувається процес диспергування.

Для підвищення потоку знежиреного молока в камері гомогенізації встановлені направляючі потоку 5, виготовлені з нержавіючої сталі, які закріплені шарнірами 10 та мають регулювальні тяги для можливості регулювання відстані між направляючими. Корпус камери гомогенізації виготовлено з органічного скла для можливості спостереження за процесом. Манометр 3 необхідний для



контролю значень тиску рідини. У ємності 2 передбачено отвір для зливу залишків продукту. Готовий продукт зливається в ємність 8.

Вихідними даними для розрахунку експериментального зразка струминного гомогенізатора є необхідний середній діаметр жирових кульок молока  $d_{cp}$ , що регламентується технічним завданням ( $d_{cp} < 1$  мкм); жирність вершків  $J_6$  і необхідна жирність нормалізованого молока  $J_{н-м}$ , продуктивність гомогенізатора  $Q_2$  [7, 8].

Максимальний ступінь диспергування мають клапанні гомогенізатори, середній діаметр жирових кульок після обробки в яких складає 0,8 мкм. Такої якості достатньо для технологічних процесів виробництва молочних продуктів з використанням гомогенізованого молока. Тому це значення приймаємо за розрахункове. Для експериментального зразку продуктивність, з метою економії сировини для досліджень, необхідно підтримувати на мінімальному рівні. З технічного завдання обираємо  $Q_2 = 500$  кг/год. Жирність молока та вершків, найбільш типові значення, відповідно 3,2% та 20% [9].

Визначаємо подачу вершків  $Q_6$  і знежиреного молока  $Q_{zn}$

$$Q_{zn} = \frac{Q_2 (J_6 - J_{н-м})}{J_6 - J_{zn}}, \quad (1)$$

$$Q_6 = \frac{Q_2 (J_{н-м} - J_{zn})}{J_6 - J_{zn}}, \quad (2)$$

де  $J_{zn}$  - жирність знежиреного молока, %.

$$Q_{zn} = \frac{500(20 - 3,2)}{20 - 0,05} = 421 \text{ кг/год.}$$

$$Q_6 = \frac{500(3,2 - 0,05)}{20 - 0,05} = 79 \text{ кг/год.}$$

Необхідну швидкість знежиреного молока для отримання продукту з заданим середнім розміром жирових часток знаходимо з відомої формули

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

де  $We_k$  – критичне значення критерію Вебера;

$\sigma_{жс-н}$  – поверхневий натяг жирової кульки в плазмі молока, Н/м;

$\rho_{пл}$  – густина молочної плазми, кг/м<sup>3</sup>;

$k_{щ}$  – коефіцієнт щільної гомогенізації.

$$v_{zn} = \sqrt{\frac{28 \cdot 0,1}{2 \cdot 1035 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,8^2}} = 50 \text{ м/с.}$$

Параметри циліндричної камери гомогенізації в місці найбільшого



звуження струминного гомогенізатора

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

де  $\varepsilon_k$  – коефіцієнт звуження потоку;

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

Тоді внутрішній діаметр камери щільного гомогенізатора в місці найбільшого звуження буде дорівнювати [10, 11]

$$d_k = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{zn}}{\rho_{zn} \cdot 3600 \cdot \varepsilon_k \cdot \pi \cdot v_{zn}}}. \quad (6)$$
$$d_k = \sqrt{\frac{4 \cdot 421}{1035 \cdot 3600 \cdot 0,9 \cdot 3,14 \cdot 50}} = 0,002 \text{ м.}$$

Для розрахунків експериментального зразка ширину кільцевої щілини для подачі вершків, виходячи з результатів аналітичних досліджень, приймемо  $h=1$  мм. Але для можливості зміни цього параметра при проведенні експериментальних досліджень, мінімальну ширину приймемо 0,6 мм.

Швидкість подачі жирової фази у місці входження до руху потоку знежиреного молока можна знайти зі співвідношення [12, 13]

$$v_g = \frac{Q_g}{\rho_g \cdot 3600 \cdot \pi \cdot d_k \cdot h}. \quad (7)$$
$$v_g = \frac{79}{960 \cdot 3600 \cdot 3,14 \cdot 0,002 \cdot 0,0006} = 6 \text{ м/с.}$$

Для гарантованого забезпечення подачі знежиреного молока та вершків, слід обирати насоси об'ємного типу дії, надлишкові тиски для підбору яких розраховуються як

$$\Delta p_{zn} = \frac{\rho_{zn} \cdot v_{zn}^2}{2\varphi^2}, \quad (8)$$

$$\Delta p_g = \frac{\rho_g \cdot v_g^2}{2\varphi^2} + \Delta p_{zn}, \quad (9)$$

де  $\varphi_k$  – коефіцієнт швидкості потоку.

$$\Delta p_{zn} = \frac{1035 \cdot 50^2}{2 \cdot 0,85^2} = 1,8 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

$$\Delta p_g = \frac{960 \cdot 6^2}{2 \cdot 0,85^2} + 1,8 \cdot 10^6 = 2 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Потужності насосів, що використовуються для приводу насосів подачі знежиреного молока та вершків можна визначити з залежностей



[14, 15]

$$P_{\epsilon} = \frac{Q_{\epsilon} \cdot \Delta p_{\epsilon}}{3600 \cdot \rho_{\epsilon} \cdot \eta_{\epsilon}}, \quad (10)$$

$$P_{zn} = \frac{Q_{zn} \cdot \Delta p_{zn}}{3600 \cdot \rho_{\epsilon} \cdot \eta_n}, \quad (11)$$

де  $\eta_{\epsilon}$ ,  $\eta_n$  – відповідно коефіцієнти корисної дії насосів подачі вершків і знежиреного молока.

$$P_{\epsilon} = \frac{79 \cdot 2 \cdot 10^6}{3600 \cdot 960 \cdot 0,8} = 60 \text{ Вт.}$$

$$P_{zn} = \frac{421 \cdot 1,8 \cdot 10^6}{3600 \cdot 1035 \cdot 0,8} = 254 \text{ Вт.}$$

Установка, що розробляється призначена для проведення експериментальних досліджень процесу гомогенізації, тобто необхідний тиск повинен бути в 3 рази більше, за мінімальний для можливості варіювання параметрами гомогенізатора, тобто 6 МПа для подачі вершків та 5,4 МПа для насоса подачі знежиреного молока [16, 17]. Тоді потужність електродвигунів для приводу подачі вершків та знежиреного молока

$$P_{\text{дв}\epsilon} = \frac{Q_{\epsilon} \cdot \Delta p_{\epsilon}}{3600 \cdot \rho_{\epsilon} \cdot \eta_{\epsilon} \eta_{\text{дв}\epsilon}}, \quad (12)$$

$$P_{\text{дв}zn} = \frac{Q_{zn} \cdot \Delta p_{zn}}{3600 \cdot \rho_{\epsilon} \cdot \eta_n \eta_{\text{дв}zn}}, \quad (13)$$

де  $\eta_{\text{дв}\epsilon}$ ,  $\eta_{\text{дв}zn}$  – коефіцієнти корисної дії двигунів приводу насосів подачі вершків і знежиреного молока.

$$P_{\text{дв}\epsilon} = \frac{79 \cdot 6 \cdot 10^6}{3600 \cdot 960 \cdot 0,8 \cdot 0,7} = 257 \text{ Вт.}$$

$$P_{\text{дв}zn} = \frac{421 \cdot 5,4 \cdot 10^6}{3600 \cdot 1035 \cdot 0,8 \cdot 0,7} = 1100 \text{ Вт.}$$

Для приводу насоса подачі вершків обираємо електронасос (насос, спущений з електродвигуном) REOF 10A, потужністю 300 Вт [18].

Для приводу насоса знежиреного молока використовується електричний двигун АІР80В4 з частотою обертання 1400 об/хв та потужністю 1,5 кВт.

Таким чином загальна максимальна споживана потужність експериментального зразка гомогенізатора становить  $1100+257=1357$  Вт. Загальна розрахункова споживана потужність  $60+254=314$  Вт.

Питомі витрати енергії гомогенізатора при розрахунковому режимі роботи [8]



$$E_{num} = \frac{P}{Q_2} \quad (14)$$
$$E_{num} = \frac{314}{500} = 0,6 \text{ Вт/кг.}$$

або 0,6 кВт/т молока.

Вибір діаметрів трубопроводів залежить від витрати продукту, що транспортується та його виду. Швидкість руху продукту по трубах залежить від її в'язкості та повинна забезпечувати ламінарний режим руху потоку. Такий режим забезпечується при русі молока зі швидкістю 0,5 – 1,5 м/с, вершків – 0,5 м/с.

При перекачування знежиреного молока діаметр трубопроводу, який з'єднує насос з форсунками  $d_{Тзн}$ , м, розраховується за формулою

$$d_{Тзн} \geq 2 \sqrt{\frac{Q_{зн}}{3600 \cdot \rho_{зн} \cdot \pi \cdot v_{зн}}} \quad (15)$$
$$d_{Тзн} \geq 2 \sqrt{\frac{421}{3600 \cdot 1035 \cdot 3,14 \cdot 1,5}} = 0,010 \text{ м.}$$

Тобто внутрішні діаметри трубопроводів подачі знежиреного молока повинні бути більше 10 мм.

Аналогічно розраховуємо мінімальний діаметр трубопроводів для подачі вершків

$$d_{Тв} \geq 2 \sqrt{\frac{Q_v}{3600 \cdot \rho_v \cdot \pi \cdot v_v}} \quad (16)$$
$$d_{Тв} \geq 2 \sqrt{\frac{79}{3600 \cdot 960 \cdot 3,14 \cdot 0,5}} = 0,0076 \text{ м.}$$

Тобто внутрішні діаметри трубопроводів подачі вершків повинні бути більше 8 мм.

Фрагмент кресленника розробленого струминного гомогенізатора молока показаний на рисунку 2.

Основні характеристики розробленого пристрою: продуктивність – 500 кг/год, питомі енерговитрати – 0,6 кВт/т, маса – 80 кг, габаритні розміри 900 мм x 580 мм x 420 мм,

*Висновки.* В результаті проведених досліджень розроблена методика розрахунку експериментального зразка струминного гомогенізатора молока. Такий зразок призначений для проведення експериментальних досліджень процесу струминного диспергування молочної емульсії. Приведено опис принципу дії гомогенізатора, що



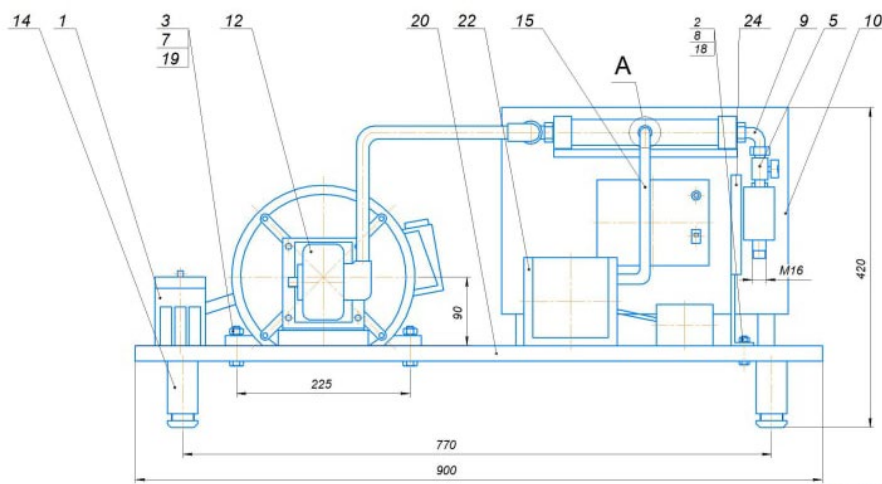


Рисунок 2. Фрагмент кресленника розробленого струминного гомогенізатора молока

базується на подачі тонкого струменя вершків у швидкісний потік знежиреного молока. Розраховані його технічні характеристики: продуктивність – 500 кг/год, питомі енерговитрати – 0,6 кВт/т, маса – 80 кг, габаритні розміри 900 мм х 580 мм х 420 мм, які не мають відхилень від вимог, встановлених технічним завданням.

Приведено методику та здійснені основні розрахунки експериментального зразка струминного гомогенізатора. В якості приводу для роботи насоса подачі вершків було обрано електронасос (насос, поєднаний з електродвигуном) REOF 10A, потужністю 300 Вт. Для приводу насоса знежиреного молока обрано електричний двигун АІР80В4 з частотою обертання 1400 об/хв та потужністю 1,5 кВт. Загальна максимальна споживана потужність експериментального зразка гомогенізатора становить близько 1,4 кВт.

Проведені дослідження дають можливість розробити конструкції гомогенізаторів та диспергаторів, енергоефективність яких значно перевищує існуючі. Причому не тільки в харчовій і переробній, але і хімічній, фармацевтичній, сільськогосподарській та багатьох інших галузях промисловості. Розроблена методика розрахунку гомогенізатора завдяки підвищеній енергоефективності буде затребувана підприємствами-виробниками обладнання для харчової промисловості.

#### Список використаних джерел

1. Дейниченко Г. В., Самойчук К. О., Івженко А. О., Левченко Л. В. Аналіз конструкцій гомогенізаторів молочної промисловості. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*: зб. наук. праць. Мелітополь: ТДАТУ, 2016. Вип.16. Т.1. С. 9–15.
2. Дейниченко Г. В., Самойчук К. О., Кюрчев С. В.,



Олексієнко В. О., Паляничка Н. О., Верхованцева В. О. Протитечійно-струминна гомогенізація молока: монографія. Мелітополь: Видавничий будинок ММД, 2017. 188 с.

3. Нужин, Е. В., Гладушняк А. К. Гомогенизация и гомогенизаторы: монографія. Одесса: Печатный дом, 2007. 264 с

4. Самойчук К. О., Бойко В. С., Олексієнко В. О., Петриченко С. В., Тарасенко В. Г., Паляничка Н. О., Верхованцева В. О., Ковальов О. О., Задосна Н. О. Основи розрахунку та конструювання обладнання переробних і харчових виробництв: підручник. К : ПрофКнига, 2020. 428 с.

5. Самойчук К. О., Ковальов О. О. Експериментальні дослідження струминного гомогенізатора з роздільним подаванням жирової фази. *Обладнання та технології харчових виробництв: зб. наук. праць. Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського*. Донецьк: ДонНУЕТ ім. М. Туган-Барановського, 2012. Вип. 28. С. 42–46.

6. Самойчук К. О., Ковальов О. О. Розробка лабораторного зразка струминного гомогенізатору з роздільною подачею вершків. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*: зб. наук. праць. Мелітополь: ТДАТУ, 2011. Вип. 11. Т.6. С. 77–83.

7. Самойчук К. О., Ковальов О. О., Султанова В. О. Якість та енергетична ефективність процесу струминної гомогенізації молока з роздільною подачею вершків. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*: зб. наук. праць. Мелітополь: ТДАТУ, 2015. Вип.15. Т.1. С. 240–248.

8. Ялпачик В. Ф., Ломейко О. П., Циб В. Г., Ялпачик Ф. Ю., Самойчук К. О., Олексієнко В. О., Шпиганович Т. О. Монтаж експлуатація і ремонт машин та обладнання переробних підприємств. Навчальний посібник: Практикум. Мелітополь: Видавничий будинок ММД, 2014. 235 с.

9. Ялпачик В. Ф., Буденко С. Ф., Ялпачик Ф. Ю., Гвоздєв О. В., Циб В. Г., Бойко В. С., Самойчук К. О., Олексієнко О. В., Клевцова Т. О., Паляничка Н. О. Розрахунки обладнання харчових виробництв: навч. посібник. Мелітополь: Видавничий будинок ММД, 2014. 264 с.

10. Ялпачик В. Ф., Загорко Н. П., Паляничка Н. О., Буденко С. Ф., Самойчук К. О., Кюрчев С. В., Верхованцева В. О., Олексієнко В. О., Циб В. Г. Технологічне обладнання для переробки продукції тваринництва: Лабораторний практикум. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. 274.

11. Dhankhar P. Homogenization fundamentals. *IOSR J. Eng.* 2014, 4, 1–8. <https://doi.org/10.9790/3021-04540108>

12. Huppertz T. Homogenization of Milk Other Types of Homogenizer



(High-Speed Mixing, Ultrasonics, Microfluidizers, Membrane Emulsification). In *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2nd ed.; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2011, 761–764. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00226-0>

13. Ciron C., Gee V., Kelly A., Auty M. Comparison of the effects of high-pressure microfluidization and conventional homogenization of milk on particle size, water retention and texture of non-fat and low-fat yoghurts. *Int. Dairy J.* 2010, 20, 314–320. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.11.018>

14. 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. *Chem. Eng. Commun.* 2013, 200, 93–114. <https://doi.org/10.1080/00986445.2012.691921>

15. Yong A., Islam M., Hasan N. The Effect of pH and High-Pressure Homogenization on Droplet Size. *Sigma J. Eng. Nat. Sci.* 2017, 35, 1–22. <https://doi.org/10.26776/IJEMM.02.04.2017.05>

16. Wang X., Wang Y., Li F., Li L., Ge X., Zhang S., Qiu T. Scale-up of microreactor: Effects of hydrodynamic diameter on liquid–liquid flow and mass transfer. *Chem. Eng. Sci.* 2020, 226, 115838. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2020.115838>

17. Valencia-Flores D., Hernández-Herrero M., Guamis B., Ferragut V. Comparing the Effects of Ultra-High-Pressure Homogenization and Conventional Thermal Treatments on the Microbiological, Phys, and Chem Quality of Almond Beverages. *J. Food Sci.* 2013, 78, 199–205. [https://doi.org/10.1111/1750\\_3841.12029](https://doi.org/10.1111/1750_3841.12029)

18. Acharyaa S., Mishrab V., Patelc J. Enhancing the mixing process of two miscible fluids: A review. *AIP Conference Proceedings* 2021, 2341, 030025 <https://doi.org/10.1063/5.0051818>

*Дослідження виконано в рамках науково-технічної роботи "Розроблення технології переробки молочних продуктів з використанням нових типів гомогенізаторів", яка фінансується МОН за договором № ДЗ/132 - 2022.*

Стаття надійшла до редакції 20.02.2023 р.

**S. Kiurchev, K. Samoichuk, O. Lomeiko, O. Kovalov**  
**Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University**

## **CALCULATION METHODOLOGY OF THE EXPERIMENTAL SAMPLE OF THE STREAM MILK HOMOGENIZER**

### ***Summary***

For the development and research of new types of homogenizers, as well as the



theories of dispersion and homogenization of microemulsions, an important stage is the development of a methodology for calculating an experimental sample of an experimental homogenizer. But the main problem in conducting research on jet homogenizers is the lack of a single theory, and, as a result, the methodology for calculating such machines. Therefore, the purpose of this article is to develop a methodology for calculating an experimental sample of a jet milk homogenizer. As a result of the conducted research, an installation designed for conducting experimental studies of the process of jet dispersion of milk emulsion was developed. The description of the principle of action of the homogenizer, which is based on the introduction of a thin stream of cream into a high-speed flow of skimmed milk, is given. Its technical characteristics are calculated. The methodology and basic calculations of the experimental sample of the jet homogenizer are given. Formulas for determining productivity, cream and skimmed milk drive power, homogenizer chamber dimensions, pipeline parameters depending on the required size of fat balls are given. The total maximum power consumption of the experimental sample of the homogenizer is about 1.4 kW.

The conducted research makes it possible to develop the designs of homogenizers and dispersers, the energy efficiency of which significantly exceeds the existing ones. And not only in food and processing, but also in chemical, pharmaceutical, agricultural and many other industries. The developed method of calculating the homogenizer due to increased energy efficiency will be in demand by enterprises producing equipment for the food industry.

**Key words:** homogenization, dispersion of milk, jet homogenizer, experimental sample, calculation