

DOI <https://doi.org/10.32782/1994-4691-2025-2-76-9>

УДК 631.234

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДИСПЕРГУВАННЯ
МІКРОЕМУЛЬСІЙ****INVESTIGATION OF DISPERSING PARAMETERS OF
MICROEMULSIONS**К. О. Самойчук^{1*}, д.т.н., професор

ORCID: 0000-0002-3423-3510

С. В. Кюрчев¹, д.т.н., професор

ORCID: 0000-0001-6512-8118

Н. О. Паляничка¹, к.т.н., доцент

ORCID: 0000-0001-8510-7146

О. О. Ковальов¹, к.т.н., ст. викладач

ORCID: 0000-0002-4974-5201

¹ Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*e-mail: kyrylo.samoichuk@tsatu.edu.ua

Анотація. У роботі наведено методику розрахунку дисперсності емульсій, що ґрунтується на визначенні критерію Вебера для диспергаторів-гомогенізаторів жирових емульсій, які застосовуються в сільському господарстві, переробній та харчовій промисловості. Подано стислий аналіз існуючих пристроїв для диспергування та гомогенізації емульсій. Описано експериментальні дані з візуального спостереження процесу руйнування дисперсних частинок жирових емульсій і крапель рідини. Охарактеризовано основні теорії та механізми диспергування, на підставі чого виділено узагальнювальний фактор процесу руйнування дисперсних частинок емульсії – швидкість потоку емульсії, яка є визначальною для критерію руйнування рідких частинок – критерію Вебера. Проаналізовано режими руйнування дисперсних частинок за Ю. Ф. Дитякіним та їх застосовність до жирових в'язких емульсій. Розраховано можливість диспергування жирових кульок молочної емульсії під дією вібраційної моди. Обґрунтовано характер руйнування частинок емульсії, що узгоджується з дослідженнями Ю. Ф. Дитякіна, теоріями гомогенізації М. Н. Орешіної, П. О. Ребіндера та Г. Віттіга, а також з візуальними спостереженнями Ф. Іннінгса. Наведено рівняння, що дозволяють розрахувати середню дисперсність емульсії, необхідну швидкість ковзання частинки, критичне значення критерію Вебера та час, потрібний для повного руйнування частинки після обробки в клапанних струминних і пульсаційних диспергаторах та гомогенізаторах для обробки жирових емульсій. Розраховано критичне значення критерію Вебера для гомогенізації молочної емульсії. Алгоритм розрахунку базується на визначенні критеріїв Вебера, Лапласа та розрахунку часу, необхідного для руйнування частинки емульсії.

Ключові слова: диспергування, гомогенізація, емульсія, обчислення, дисперсність, мікроемульсія.

Постановка проблеми.

Процес одержання емульсій широко поширений у сільському господарстві, хімічній, переробній, харчовій та інших галузях промисловості.

У сільському господарстві емульгування є невід'ємною складовою виробництва олійних і концентрованих емульсій пестицидів. Запобігання розшаруванню в процесі зберігання є необхідною умовою для таких харчових продуктів, як: ячні меланжі та суміші на їх основі; згущене молоко комбінованого складу; суміші для морозива (підготовка суміші «молочна основа – рослинний жир»); майонези, маргарини, кетчупи тощо.

Диспергування жирових частинок молока до мікроскопічних розмірів підвищує його харчову цінність, а також покращує сенсорні та смакові властивості [1, 2]. Введення в тісто жирових емульсій замість жиру покращує якість хлібобулочних виробів. Жирові емульсії можуть застосовуватися для змащування форм і листів у хлібопекарстві, що дозволяє заощадити до 90 % жиру, який використовується нині [3].

Ефективним є також введення жирових емульсій у фарш ковбасних виробів замість сирого жиру.

Найважливішою операцією є одержання емульсії на основі знежиреного молока шляхом додавання жиру та інших необхідних інгредієнтів під час виробництва заміників незбираного молока [4].

У парфумерному виробництві відповідальним технологічним процесом є застосування ароматичних емульсій ефірних олій і рівномірний розподіл лікарських рідких препаратів у воді.

Незважаючи на широке поширення процесів одержання емульсій, на сьогодні відсутня єдина методика розрахунку апаратів для емульгування на заданий ступінь дисперсності. Існуючі методики розрахунку здебільшого отримані емпіричним шляхом і не є універсальними — вони застосовуються лише для апаратів суворо визначеного типу.

Аналіз останніх досліджень.

Для здійснення процесів диспергування (або гомогенізації — для дрібнодисперсних емульсій) та одержання емульсій переважно застосовують клапанні, відцентрові, вакуумні, ультразвукові, струминні, пульсаційні, вихрові та роторно-пульсаційні апарати (роторно-імпульсні, у тому числі з ротором, що вібрує вздовж осі). Гомогенізаторами прийнято називати апарати для одержання емульсій із дисперсністю менше ніж 2–2,5 мкм, зокрема молока, тому вимоги до них є значно вищими, ніж до звичайних диспергаторів-емульсорів.

Найвищі показники дисперсності емульсій досягаються в клапанних, роторно-пульсаційних, імпульсних і струминних гомогенізаторах. Спільною рисою цих пристроїв є створення великої різниці швидкостей дисперсних частинок емульсії відносно дисперсійного середовища. Це досягається за рахунок високого градієнта швидкості в щілині клапанного гомогенізатора та зазорі роторно-пульсаційного апарата, зустрічних потоків у протиточно-струминному гомогенізаторі, подачі дисперсної фази у високошвидкісний потік дисперсійного середовища в струминних апаратах із роздільною подачею жирової фази, а також ударно-коливальних рухів емульсії в пульсаційних апаратах.

Чинником, що стримує розроблення єдиної методики розрахунку диспергаторів жирових емульсій, є складність спостереження процесу руйнування частинок мікроскопічних розмірів за високих швидкостей їх руху.

Достовірні візуальні дані щодо деформації та руйнування крапель жиру в потоці рідини були отримані Ф. Іннінгсом (Швеція) [10]. На фотографіях високошвидкісної кінозйомки показано руйнування краплі олії розміром кілька міліметрів за ударної взаємодії з водою, в якій перебувала крапля. Зроблено висновок, що в цьому випадку дроблення відбувається шляхом зриву поверхневих шарів. Результати були перераховані на натурні умови з використанням гідравлічних критеріїв подібності, що для мікрорівня не може вважатися достовірним.

Ф. Іннінгу за допомогою методу пульсуючих мікролазерів вдалося візуалізувати процес дроблення жирових частинок молока розміром 1–3 мкм у клапанній щілині гомогенізатора. Встановлено, що жирові кульки перед руйнуванням витягуються у нитки, після чого відбувається їх розпад. Ці експерименти містять єдині достовірні дані щодо диспергування мікроскопічних частинок жирової емульсії. Утворення тонких ниток узгоджується з дослідженнями Ю. Ф. Дитякіна для високов'язких рідин.

Ускладнює визначення методики розрахунку диспергаторів і велика кількість існуючих теорій та механізмів гомогенізації й диспергування. При цьому автори теорій диспергування часто не узгоджують свої припущення з наявними експериментально підтвердженими механізмами руйнування частинок емульсії.

Огляд механізмів диспергування наведено в роботах [11, 12]. Дослідниками виділено 10 механізмів подрібнення крапель у рідині:

- нестійкість Кельвіна–Гельмгольца [4], що виникає внаслідок достатньої різниці швидкостей між дисперсною та дисперсійною фазами;
- нестійкість Релея–Тейлора [13], яка виникає за напрямку вектора масових або інших сил від важкої рідини до легкої;
- дроблення крапель у турбулентному потоці рідини, зумовлене турбулентними пульсаціями [14];
- нестійкість Толміна–Шліхтинга, що виникає під час переходу від ламінарного режиму до турбулентного, коли паралельно-струминна ламінарна течія стає нестійкою внаслідок домінування інерційних сил над силами в'язкого тертя; може проявлятися і в гомогенних системах [15];
- нестійкість Бенара, що виникає внаслідок флуктуацій густини (коли важчі шари рідини розташовуються над легшими), зумовлених градієнтами температури та концентрації; також можлива в гомогенних системах [16];
- кавітаційний механізм: під час схлопування кавітаційної бульбашки внаслідок локального падіння тиску виникає струмінь на межі поділу рідин з подальшим відривом однієї або кількох крапель [17];
- динамічний механізм – виникнення внутрішнього динамічного тиску в краплі, зумовленого тороїдальною або навіть турбулентною течією, здатного подолати зовнішній тиск і капілярні сили [18];
- дроблення крапель поблизу твердих стінок та інших елементів апарата [7];
- наявність зсувних і розтягувальних напружень у суцільному середовищі, здатних значно деформувати краплю – течія Куетта, різні види гіперболічних течій [19];
- інерційний режим диспергування, що виникає за нестационарного руху дисперсних частинок, експериментально та чисельно досліджений Стоуном [20].

Показано, що основним чинником дроблення частинок за всіма цими механізмами є швидкість потоку (частіше – квадрат швидкості). Лише один із механізмів диспергування – нестійкість Релея–Тейлора – пов'язаний з прискоренням потоку. Водночас саме прискорення потоку емульсії, зумовлене різницею густин між дисперсною та дисперсійною фазами, призводить до виникнення ковзання дисперсної частинки – основної причини руйнування краплі за критерієм Вебера.

Методологія дослідження.

Мета роботи – упорядкувати основні гіпотези, механізми диспергування та гомогенізації емульсій, а також методи розрахунку дисперсності емульсій з метою розроблення єдиної універсальної методики розрахунку диспергаторів-гомогенізаторів жирових емульсій.

Дитякін Ю. Ф. дослідив механізми руйнування крапель різної в'язкості в широкому діапазоні швидкостей ковзання [23]. Проте розміри диспергованих частинок не перевищували 300 мкм через складність спостереження за процесом їх руйнування. Крім того, значна частина досліджень проводилася за співвідношення густин дисперсної та дисперсійної фаз понад 500...800 (вода–повітря, олія–повітря). Водночас емульсії, що використовуються в сільському господарстві, переробній та харчовій промисловості, мають співвідношення густин фаз щонайменше на два порядки менше, наприклад молочний жир – плазма молока або рослинний жир – вода, тобто близьке до одиниці. За такого співвідношення густин створення значної різниці швидкостей між

частинкою та навколишньою дисперсійною фазою є утрудненим. Висока, порівняно з повітрям, в'язкість дисперсійної фази залучає до руху сусідні шари рідини, що в поєднанні з малими розмірами частинок дисперсної фази призводить до суттєвих труднощів у створенні швидкості ковзання, необхідної для руйнування.

Для високов'язких емульсій, до яких належать досліджувані системи, встановлено, що:

- зі зменшенням діаметра частинки критичне значення критерію Вебера We_k зростає;
- We_k залежить від критерію Лапласа;
- збільшується індукційний час і час руйнування частинки;
- у процесі руйнування утворюються не краплі, а тонкі нитки.

За Дитякіним Ю. Ф. режими руйнування крапель залежно від швидкості дисперсійної фази поділяються на два типи: близькі до критичних та надкритичні. Для в'язких рідин за співвідношення густин фаз, близького до одиниці, диспергування за надкритичним режимом є утрудненим. Крім того, руйнування може відбуватися за вібраційною модою або з утворенням тонкої плівки, що здувається потоком.

За формулою Релея [18] для власних частот коливань рідкої краплі справедлива залежність

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{8n \cdot (n-1) \cdot (n+2) \cdot \sigma}{[(n+1) \cdot \rho_2 + n \cdot \rho_1] \cdot d^3}}, \quad (1)$$

де n – номер моди коливань.

Або діаметр частинки, яка резонує з частотою коливань емульсії f та подрібнюється на дрібніші, визначається за формулою

$$d = \sqrt[3]{\frac{2n \cdot (n-1) \cdot (n+2) \cdot \sigma}{(f_n \cdot \pi)^2 [(n+1) \cdot \rho_2 + n \cdot \rho_1]}}, \quad (2)$$

Нульова мода ($n = 0$) відповідає радіальним коливанням розширення–стиснення краплі та є неможливою для нестисливої рідини. Перша мода ($n = 1$) відповідає поступальному руху краплі як цілого, що для рідини з постійним міжфазним натягом також є неможливим. Результати розрахунків за формулою (2) при $n = 2-5$ для розглянутої системи наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Діаметр частинки, що резонує з частотою коливань емульсії f власних коливань сферичних крапель

f_n , Гц	Діаметр частки, мкм			
	2	3	4	5
10	5500	7600	9400	11000
100	1200	1600	2000	2400
1000	260	350	440	510
10000	55	76	94	110
500000	4,1	5,6	6,9	81

З табл. 1 випливає, що для дроблення жирової кульки діаметром 5 мкм необхідна частота близько 500 кГц. Досягнення таких частот є складним навіть в ультразвукових пристроях для диспергування – гідродинамічних свистках, сиренах тощо. Отже, можна зробити висновок, що умови руйнування за вібраційною модою для емульсій сільськогосподарського та харчового призначення не виконуються.

Залежно від характеру зміни потоку в часі руйнування може відбуватися у стаціонарному або нестаціонарному потоці. В імпульсних (ударних) і роторно-пульсаційних диспергаторах реалізується процес дроблення в нестаціонарному потоці,

тоді як у клапанних і струминних апаратах – у стаціонарному.

Таким чином, для диспергаторів жирових емульсій сільськогосподарської, переробної та харчової галузей характерним є диспергування за незначного перевищення критичного значення числа Вебера з утворенням для в'язких емульсій тонких ниток.

Критерій Вебера визначається залежністю

$$We = \frac{\rho_2 \cdot d \cdot v^2}{\sigma}, \quad (3)$$

де ρ_2 – густина дисперсійної фази, кг/м³; d – діаметр дисперсної частинки, стабільної в даному потоці, м; v – швидкість «ковзання», тобто швидкість дисперсної частинки відносно дисперсійного середовища, м/с; σ – поверхневий натяг дисперсної частинки, Н/м.

Критерій Лапласа має вигляд

$$La = \frac{\sigma \cdot \rho_2 \cdot d}{\eta^2}, \quad (4)$$

де μ – динамічна в'язкість дисперсійної фази, Па·с.

Для руйнування частинок дисперсної фази та розрахунку ступеня дисперсності отримуваної емульсії необхідно визначити:

- критичне значення критерію Вебера;
- швидкість ковзання дисперсних частинок і значення критерію Вебера;
- індукційний час і час, необхідний для руйнування дисперсної частинки;
- час впливу робочих органів на емульсію.

Результати дослідження.

Критичне значення критерію Вебера $We_{кр}$ залежить від критерію Лапласа та описується емпіричною формулою:

$$We_{кр} = 10 \cdot (1 + 1,93La^{-0,37}). \quad (5)$$

Наприклад, для молочної емульсії розраховане значення $We_{к2}$ за формулою (5) становить 66.

У реальному потоці визначення швидкості ковзання дисперсної частинки є досить складною задачею, тому було запропоновано використовувати так званий модифікований критерій Вебера [18], у якому замість швидкості ковзання застосовується швидкість потоку дисперсійного середовища:

$$We_m = \frac{\rho_2 \cdot d \cdot v_n^2}{\sigma}, \quad (6)$$

де v_n – швидкість потоку дисперсійної фази, м/с.

У будь-якому диспергаторі визначення v_n не становить труднощів. Такий підхід спрощує розрахунки, однак має суттєві недоліки. По-перше, критичне значення We_m необхідно визначати для кожного диспергатора окремо під час його проектування, що унеможливорює порівняння різних типів гомогенізаторів. По-друге, спотворюється фізичний зміст критерію Вебера, і стає неможливою оцінка енергоефективності пристрою. Наприклад, швидкість потоку може бути довільно великою (і, відповідно, з високими енерговитратами на її створення), тоді як швидкість ковзання може дорівнювати нулю, а отже диспергування в такому потоці взагалі не відбуватиметься.

Для розрахунку швидкості ковзання частинок доцільно застосовувати комп'ютерні програми моделювання течій рідин, зокрема ANSYS, COSMOS, Fluent, COMSOL Multiphysics, RealFlow тощо. Під час розрахунків струминних (із роздільною подачею дисперсної фази та протиточно-струминних) диспергаторів [11, 20] визначення

швидкості ковзання не є складним, на відміну від клапанних і роторно-пульсаційних апаратів.

Час повного руйнування частинки емульсії τ_p визначається за формулою [16]

$$\tau_p = \frac{4,5 \cdot d \cdot (1 + 1,2La^{-0,37})}{v_e}, \quad (7)$$

де v_e – швидкість емульсії, м/с.

Для руйнування дисперсної частинки необхідно, щоб час впливу на неї робочих органів диспергатора τ був більшим за необхідний:

$$\tau > \tau_p. \quad (8)$$

Наприклад, час перебування жирової кульки молока в клапанній щілині довжиною L гомогенізатора визначається як

$$\tau = \frac{L}{v_e}. \quad (9)$$

За $L = 4\text{--}8$ мм і швидкості потоку $v_e = 120\text{--}180$ м/с $\tau = 2,2\text{--}6,6 \cdot 10^{-5}$ с. Час руйнування τ_p , розрахований за формулами (4) і (7) для молочної емульсії, дорівнює $(4\text{--}5) \cdot 10^{-8}$ с, тобто умова (8) виконується.

Потрібна швидкість ковзання для одержання емульсії з розмірами частинок меншими за задане d_z визначається за формулою

$$v \geq \sqrt{\frac{We_{кр} \cdot \sigma}{\rho_2 \cdot d}}. \quad (19)$$

Водночас критичне значення $We_{кр}$ визначається за формулою (5).

Таким чином, використовуючи формули (3–10), можна розрахувати розміри частинок і необхідні швидкості їх ковзання після оброблення в диспергаторах, що застосовуються в сільськогосподарській, переробній та харчовій промисловості.

Висновки.

На основі аналізу існуючих теорій і механізмів диспергування та гомогенізації емульсій подано методику визначення дисперсності емульсії, що ґрунтується на розрахунку критерію Вебера та швидкості ковзання дисперсної частинки. Запропонована методика є придатною для клапанних, струминних і пульсаційних (роторно-пульсаційних, у тому числі з вібруючим ротором) диспергаторів-гомогенізаторів емульсій.

Список використаних джерел.

1. Dhankhar, P. Homogenization fundamentals. *IOSR Journal of Engineering*. 2014. 4. 1–8. <https://doi.org/10.9790/3021-04540108>
2. 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>
3. Rayner, M., Dejmek P. *Engineering Aspects of Food Emulsification and Homogenizations*, Taylor & Francis Group, 2015. 322. <https://doi.org/10.1201/b18436>
4. 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*. 2013. 200. 93–114. <https://doi.org/10.1080/00986445.2012.691921>
5. Yong, A., Islam, M., Hasan, N. The Effect of pH and High-Pressure Homogenization on Droplet Size. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 2017. 35, 1–22. <https://doi.org/10.26776/IJEMM.02.04.2017.05>

6. 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. *Chemical Engineering Science*, 2020. 226. 115838. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2020.115838>
7. Liao Y., Lucas D. A. Literature review of theoretical models for drop and bubble breakup in turbulent dispersions. *Chemical Engineering Science*, 2009. 64. 3389–3406. <https://doi.org/10.1016/J.CES.2009.04.026>
8. Postelmans A., Aernouts B., Jordens J., Van Gerven T., Saeys W. Milk homogenization monitoring: Fat globule size estimation from scattering spectra of milk. *Innovative Food Science Emerging Technologies*, 2020. 60. 102311. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102311>
9. 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. *Journal of Food Science*, 2013. 78. 199–205. https://doi.org/10.1111/1750_3841.12029
10. Дейниченко Г.В., Самойчук К.О., Івженко А.О., Левченко Л.В. Аналіз конструкцій гомогенізаторів молочної промисловості. *Праці ТДАТУ*, 2016. Вип. 16. Т. 1. С. 9–15.
11. Кюрчев С. В., Самойчук К. О., Ломейко О. П. Розробка технології виробництва питного молока із застосуванням струминного та пульсаційного гомогенізаторів. *Науковий вісник ТДАТУ*, 2024. Вип. 14. Т. 2. 10. <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-2-10>
12. Самойчук К.О., Ковальов О.О. Розробка лабораторного зразка струминного гомогенізатору з роздільною подачею вершків. *Праці ТДАТУ*, 2011. Вип. 11. Т. 6. С. 77–83.
13. Кюрчев С. В., Самойчук К. О., Ялпачик В. Ф. Розробка експериментального зразка пульсаційного гомогенізатора молока. *Праці ТДАТУ*, 2023. Вип. 23. Т. 1. С. 27–40. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-2023-23-1-27-40>
14. Кюрчев С. В., Самойчук К. О., Ломейко О. П. Визначення параметрів струминного та пульсаційного гомогенізаторів молока при їх промисловому застосуванні. *Праці ТДАТУ*, 2024. Вип. 24. Т. 1. С. 53–62. <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-1-3>
15. 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.
16. Samoichuk, K., Yalpachyk, V., Kholobtseva, I., Dmytrevskiy, D., Chervonyi, V. Design Improvement of the Rotary-Pulsation Device by Resonance Phenomena. In: Ivanov, V., Pavlenko, I., Edl, M., Machado, J., Xu, J. (eds). *DSMIE-2024: Advances in Design, Simulation and Manufacturing VII. LNME. Springer, Cham*, 2024. 74–83. https://doi.org/10.1007/978-3-031-63720-9_7
17. Самойчук К.О., Ковальов О.О., Султанова В.О. Якість та енергетична ефективність процесу струминної гомогенізації молока з роздільною подачею вершків. *Праці ТДАТУ*, 2015. Вип. 15. Т. 1. С. 240–248.
18. 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. *Chemical Engineering Science*, 2020. 226. 115838. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2020.115838>
19. Morales J., Watts A., McConville J., Mechanical particle-size reduction techniques. *AAPS Advances in the Pharmaceutical Sciences Series*, 2016. 22. 165–213. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42609-9_4
20. 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. *International Dairy Journal*, 2010. 20. 314–320. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.11.018>

Стаття надійшла до редакції 05.11.2025

Стаття прийнята 12.11.2025

Статтю опубліковано 15.12.2025



INVESTIGATION OF DISPERSING PARAMETERS OF MICROEMULSIONS

K. Samoichuk¹, S. Kiurchev¹, N. Palianychka¹, A. Kovalov¹

Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University

Summary

This paper presents a methodology for calculating the dispersion degree of emulsions based on the determination of the Weber criterion for disperser–homogenizers of fat emulsions used in agriculture, food processing, and the food industry. The proposed approach makes it possible to evaluate the conditions of effective droplet breakup depending on hydrodynamic parameters of the flow and physicochemical properties of the dispersed system.

A brief analytical review of existing devices for emulsion dispersing and homogenization is provided, including valve-type, jet, pulsation, and rotor–pulsation homogenizers. Experimental data obtained from visual observations of the deformation and breakup of dispersed particles of fat emulsions and liquid droplets are described, highlighting the characteristic stages of particle elongation and fragmentation under high shear conditions.

The main theories and mechanisms of emulsion dispersing are characterized and systematized. Based on this analysis, a generalized governing factor of the destruction of dispersed emulsion particles is identified, namely the emulsion flow velocity. This parameter plays a decisive role in the particle breakup criterion expressed by the Weber number, which determines the balance between inertial forces and surface tension forces acting on liquid particles.

The modes of dispersed particle breakup according to Yu. F. Dityakin are analyzed, and their applicability to viscous fat emulsions is evaluated. The possibility of dispersing fat globules of a milk emulsion under the action of a vibrational mode is theoretically assessed. The nature of emulsion particle breakup is substantiated and shown to be consistent with the experimental studies of Yu. F. Dityakin, the homogenization theories developed by M. N. Oreshina, P. O. Rebinder, and G. Wittig, as well as the visual observations reported by F. Inning.

Equations are presented that allow the calculation of the average emulsion dispersion, the required particle slip velocity, the critical value of the Weber criterion, and the time necessary for complete particle breakup after treatment in valve-type jet and pulsation dispersers and homogenizers used for fat emulsions. The critical Weber number for the homogenization of milk emulsion is calculated. The calculation algorithm is based on determining the Weber and Laplace criteria, as well as calculating the time required for the breakup of an emulsion particle.

Keywords: dispersing, homogenization, emulsion, calculation, dispersion, microemulsion.