

УДК 637.134

ГОМОГЕНІЗАЦІЯ ЖИРОВОЇ ФАЗИ МОЛОКА В ПУЛЬСАЦІЙНОМУ АПАРАТІ З РОТОРОМ, ЩО ВІБРУЄ

Самойчук К. О., Паляничка Н. О., Верхованцева В. О.

В сучасних технологічних схемах виробництва молочної продукції, зважаючи на високі енерговитрати найбільш розповсюджених – клапанних машин, існує тенденція до зниження енерговитрат при проведенні процесу гомогенізації. Один з перспективних шляхів підвищення енергоефективності гомогенізації є дослідження та розробка різновиду роторно-пульсаційного апарата – пульсаційного апарату з вібруючим ротором (ПА з ВР), який є об'єктом проведених досліджень. Гомогенізація у такому апараті дозволяє отримати великі значення прискорення потоку емульсії та використати явище резонансу, що позитивним чином впливає на якість та енерговитрати апарату. Однак конструкція такого апарату є новою і практично не дослідженою, тому для висновку про ефективність використання ПА з ВР необхідні теоретичні й експериментальні дослідження, завданням яких є встановлення зв'язку його конструктивних, кінематичних, технологічних та енергетичних параметрів з дисперсними показниками молочної емульсії після обробки.

Принцип гомогенізації в ПА з ВР полягає в наступному. При обертанні ротора ПА з ВР його отвори періодично збігаються та перекриваються з отворами статора, змінюючи площу прохідного перерізу переривника РПА. При обертанні ротора з лопатками, встановленими всередині ротора, створюється відцентровий тиск рідини. При періодичній зміні площі переривника, в його каналах відбуваються пульсації тиску та швидкості молока. При вібрації ротора вздовж власної осі, також утворюються пульсації тиску. Частота обертання ротора узгоджена з частотою обертання валу кривошипу таким чином, що ці пульсації накладаються і підсилюють одне одного.

Для проведення аналітичних досліджень була складена розрахункова схема ПА з ВР і визначені рівняння швидкості емульсії при проходженні отворів переривника, миттєвого прискорення та середнього прискорення в залежності від конструктивних, кінематичних та технологічних показників апарата. Встановлено, що для підвищення ступеня диспергування жирової емульсії необхідно підвищувати частоту обертання й амплітуду коливання та діаметр ротора, зменшувати кількість отворів у роторі, довжину статора, ротора та зазор між ними. В процесі проведених раніше досліджень висунута гіпотеза про ключову роль прискорення емульсії в процесі диспергування жирової фази молочної емульсії в ПА з ВР. Для перевірки цієї гіпотези розроблена лабора-

торна установка для проведення експериментальних досліджень гомогенізації молока в ПА з ВР, яка дозволяє змінювати частоту обертання і амплітуду коливання ротора. Для визначення дисперсних показників молока використовувався метод вимірювання жирових кульок з мікрофотографій, отриманих за допомогою оптичного мікроскопа та цифрової камери і комп'ютерної системи. В результаті експериментальних досліджень встановлений взаємозв'язок між прискоренням емульсії та дисперсністю жирової фази молока, що підтверджує гіпотезу про основну роль прискорення емульсії у механізмі гомогенізації у ПА з ВР. Відмічена подібність отриманої залежності з формулою нестійкості Релея-Тейлора для руйнування крапель рідини. Це свідчить про подібність механізмів руйнування за нестійкістю Релея-Тейлора з диспергуванням жирових кульок у ПА з ВР. Грунтовно причини подібності диспергування за механізмом Релея-Тейлора та під час гомогенізації у ПА з ВР ще має з'ясуватися.

Визначена залежність середніх розмірів жирових кульок молока від частоти обертання й амплітуди вібрації ротора. Показано, що при створенні промислових зразків ПА з ВР при виборі раціональних режимів гомогенізації слід обирати режими з мінімальною амплітудою вібрації ротора. Це пояснюється тим, що при збільшенні амплітуди осьових вібрацій ротора, прискорення збільшується менш істотно, ніж при збільшенні частоти обертання.

Експериментальні результати дослідження дисперсного складу молока після обробки в ПА з ВР і порівняння їх клапанною (якість якої є повністю задовільною для будь-яких процесів молочної промисловості) свідчать про перевагу обробки в ПА з ВР. При частотах обертання валу кривошипу до 2880 об/хв і амплітуді коливання ротора 1 мм можливе отримання молочної емульсії з середнім розміром близько 0,8 мкм, що порівняно з обробкою в клапанних гомогенізаторах (при тиску 16 МПа). Причому ці показники досягаються при питомих енерговитратах у 3 рази менших за обробку в клапанних гомогенізаторах. Слід зауважити, що при вищезазначених перевагах, конструкція ПА з ВР, яка містить вібруючий робочий орган, досить складна і за цим показником наближується до клапанних гомогенізаторів, які є одними з найскладніших і коштовних апаратів для гомогенізації. Тому зниження негативного впливу вібрації – це проблема, яку необхідно буде вирішити при створенні промислових зразків ПА з ВР.

Самойчук Кирило Олегович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра обладнання переробних і харчових виробництв, Таврійський державний агротехнологічний університет, пр. Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь, Україна, 72312
E-mail: samanya_kir@mail.ru

Паляничка Надія Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра обладнання переробних і харчових виробництв, Таврійський державний агротехнологічний університет, пр. Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь, Україна, 72312
E-mail: palyanichkan@gmail.com.

Верхоланцева Валентина Олександрівна, кандидат технічних наук, старший викладач, кафедра обладнання переробних і харчових виробництв, Таврійський державний агротехнологічний університет, пр. Б. Хмельницького 18, м. Мелітополь, Україна. 72312, E-mail: mlaseva.v@mail.ru