

## ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ЗОНИ ПОДАЧІ ВЕРШКІВ У СТРУМИННОМУ ГОМОГЕНІЗАТОРІ МОЛОКА З РОЗДІЛЬНОЮ ПОДАЧЕЮ ЖИРОВОЇ ФАЗИ

Самойчук К.О., докт. техн. наук, доц.,  
Ковальов О.О., асистент

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Гомогенізація відноситься до нормативних операцій та входить до складу технологій виробництва більшості молочних продуктів. Диспергування жирової фази молочної емульсії проводиться з метою зменшення середнього діаметра жирових кульок та забезпечення їх рівномірного розподілу в об'ємі молочної плазми [1]. Разом з цим операція характеризується високими питомими витратами енергії, значення яких для найбільш розповсюджених у промисловості клапанних гомогенізаторів сягає понад 7 кВт·год/т. Спроби дослідників запропонувати енергоефективну конструкцію ускладнюються відсутністю загальної теорії процесу, що пов'язано з мікроскопічним діаметром досліджуваних часток та високими швидкостями їх руху [2].

Результати перспективних досліджень дозволяють стверджувати, що досягти суттєвого зниження питомих енерговитрат на проведення гомогенізації можливо за рахунок дослідження конструкцій струминного типу [3, 4]. Їх принцип дії заснований на створенні конструкцій, у яких забезпечується максимальна різниця між швидкостями дисперсійної та дисперсної фаз [5]. Конструктивні рішення таких диспергаторів як з точки зору забезпечення технологічно заданого середнього діаметра жирових кульок (0,8–1,2мкм), так і з точки зору зниження питомих енерговитрат доцільно планувати на основі принципу роздільної подачі знежиреного молока та вершків. Однією з таких конструкцій є розроблений на базі кафедри ОПХВ (ТДАТУ) лабораторний зразок струминного гомогенізатора молока з роздільною подачею жирової фази (СГЗРФ) [6]. Принцип дії цього гомогенізатора полягає в тому, що після попереднього проведення сепарації знежирене молоко з високою швидкістю подається до місця найбільшого звуження камери гомогенізації. В цій зоні до дисперсійної фази (знежиреного молока) по каналу невеликого діаметра зі меншою швидкістю подається необхідна кількість дисперсної фази (вершків) [7]. Окрім зниження питомих енергетичних витрат процесу диспергування з точки зору конкурентоздатності важливо забезпечити необхідний ступінь гомогенізації, тобто зменшення середнього діаметра жирових кульок. Отже дослідження параметрів СГЗРФ повинно виходити з умов мінімізації енергетичних витрат при отриманні якомога більшого ступеня гомогенізації.

Проведення моделювання полів швидкостей в програмному комплексі кінцево-елементного аналізу ANSYS, дозволяє отримати не осереднені, а миттєві значення швидкостей та скоротити обсяг експериментальних досліджень [8]. Серед отриманих результатів дослідження залежності полів

швидкостей при різних значеннях надлишкового тиску подачі найбільший інтерес являє характер перебігу процесу в центральній частині гомогенізуючого вузлу, де й відбувається диспергування жирової фази молочної емульсії [9, 10]. Отримані дані (рис. 1) дозволяють стверджувати про наявність зсуву зони локалізації максимальної різниці швидкостей фаз в залежності від робочого тиску процесу.

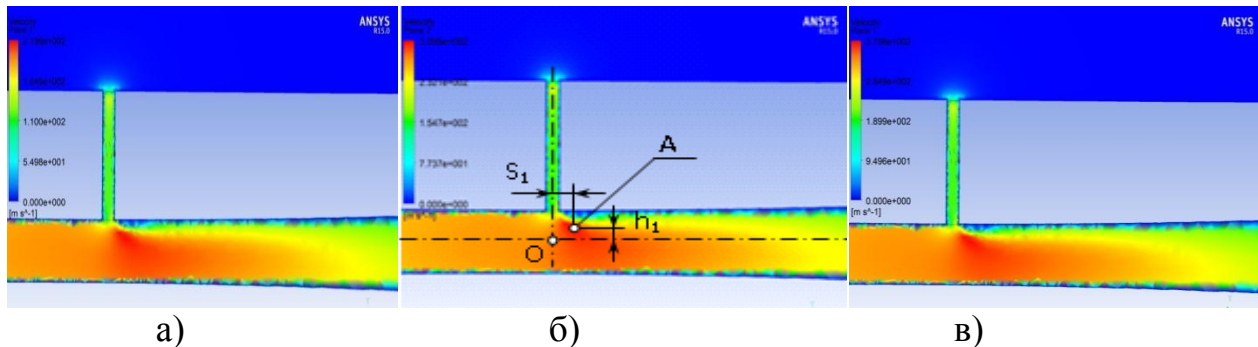


Рис. 1. Поля швидкостей при тиску подачі знежиреного молока: а)  $\Delta p_1=3\text{МПа}$ ; б)  $\Delta p_1=6\text{МПа}$ ; в)  $\Delta p_1=9\text{МПа}$  (при діаметрі центрального каналу  $d_{ц.к.}=2\text{мм}$  і діаметрі каналу подачі вершків  $d=0,5\text{мм}$ ).

Аналіз отриманих залежностей (рис. 1) свідчить, що з підвищенням надлишкового тиску біля поверхні в місці найбільшого звуження центрального каналу зростає градієнт швидкості, та відбувається підвищення ефективності диспергування. Однак в цій зоні проходить незначний об'єм продукту, отже її впливом на процес диспергування можна знехтувати. В процесі руйнування жирових кульок визначальну роль відіграє різниця швидкостей знежиреного молока та вершків в місці входження струменю дисперсної фази до швидкісного потоку дисперсійного середовища. Швидкість подачі дисперсійної фази в місці включення вершків змінюється від 21 м/с при 3 МПа до 36 м/с при 9 МПа. Для підвищення різниці між швидкостями знежиреного молока та вершків необхідно забезпечити подачу дисперсної фази в точці О (рис. 1б). А оскільки ця зона з підвищенням надлишкового тиску змінює положення, необхідно коригувати координати цієї ділянки в горизонтальній та вертикальній площині [8]. Для цього необхідно емпіричним шляхом знайти координати точки подачі вершків у горизонтальній та вертикальній площині  $S_1$  та  $h_1$ .

Проведені експериментальні дослідження дозволили побудувати графіки залежностей в функціях  $S_1=f(\Delta p_1)$  та  $h_1=f(\Delta p_1)$  та знайти емпіричні формули, які являють скориговану координату місця подачі жирової фази (1) та (2) [8]

$$S_1 = 0,05\Delta p_1 + 0,6, \quad (1)$$

$$h_1 = 0,02\Delta p_1 + 0,28. \quad (2)$$

В лабораторній установці СГЗРФ канал подачі дисперсної фази виконано у вигляді голки, відстань якої від торцевої частини якої до стінки камери

гомогенізації  $h_1$  можна регулювати [6]. На бічній поверхні виконано декілька наскрізних отворів, які дозволять забезпечити коригування горизонтальної координати  $S_1$  [6]. Таким чином отримані координати точки подавання вершків дозволять скоригувати подачу вершків, забезпечивши їх надходження в місці максимальної різниці швидкостей фаз, що дозволить підвищити ефективність диспергування молочного жиру.

#### Література:

1. Кузьмін К.С., Ковальов О.О. Технологічні способи забезпечення стабільності дисперсної фази при гомогенізації молока // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Досягнення та перспективи галузі виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції». м. Кропивницький, 9-11 квітня 2020 р. Кропивницький, 2020. С 62 – 64.
2. Ковалев А.А., Колодій А.С. Качество диспергирования и энергозатраты промышленного образца струйно-щелевого гомогенизатора молока // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сборник научных статей по материалам XXIII Международной научно-практической конференции. – Гродно: ГГАУ, 2020. – С. 256 – 258.
3. Самойчук К.О. Механізм руйнування жирових кульок у струминному гомогенізаторі з роздільним подаванням вершків /К.О.Самойчук, О.О.Ковальов// – Донецьк: ДонНУЕТ. – 2013. – Вип. 30. – С.148 – 155.
4. Самойчук К.О. Якість та енергетична ефективність процесу струминної гомогенізації молока з роздільною подачею вершків /К.О.Самойчук, О.О.Ковальов, В.О.Султанова // Праці ТДАТУ – Мелітополь: 2015. – Вип15. – Том1.С 241 – 249.
5. Дейниченко Г. В. Конструкції струминних диспергаторів жирової фази молока /Г. В. Дейниченко, К.О.Самойчук, О.О.Ковальов // Праці ТДАТУ – Мелітополь: 2016. – Вип16. – Том1. С 219 – 227.
6. Самойчук К.О. Розробка лабораторного зразка струминного гомогенізатору з роздільною подачею вершків/ К.О.Самойчук, О.О.Ковальов. Праці ТДАТУ – Мелітополь: 2011 – 77 – 84с.
7. Kovalyov, A. Experimental investigations of the parameters of the jet milk homogenizer with separate cream supply [Text] / A. Kovalyov, K. Samoichuk, N. Palyanychka, V. Verkholtantseva, V. Yanakov // Technology audit and production reserves. - 2017. - № 3/3 (35). –pp 33-39.
8. Самойчук К.О., Ковалев А.А., Бездичный А.А. Моделирование процесса струйной гомогенизации молока с раздельной подачей сливок. Могилев. 2015. Вип.2 (19). С. 69–76.
9. Самойчук К.О. Використання нормалізації у струминному гомогенізаторі молока з роздільною подачею вершків / К.О. Самойчук, О.О. Ковальов// Праці ТДАТУ.: Мелітополь – 2014. – Вип.14, Т.1. – С. 37 – 45.
10. Самойчук К.О. Аналіз сил дроблення жирових кульок в струминному гомогенізаторі/К.О.Самойчук, О.О.Ковальов//Наукові праці півд. Філіалу НАУ біоресурсів та природокористування «Кримський аграрний університет», Симферополь 2013 Технічні науки вип.153, стр 26 – 34.