

УДК 66.046:664.2

Владімір Літвяк, д.т.н.

Маргарита Алексєєнко

Науково-практичний центр з продовольства Національної академії наук Республіки  
Беларусь, Мінськ

Олена Чепелюк, к.т.н., Олексій Губеня, к.т.н.

Роман Сергійчук

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ ГЕТЕРОГЕННИХ СЕРЕДОВИЩ

**Вступ.** Інтенсифікувати фізико-хімічні процеси в реакторах-змішувачах гетерогенних середовищ доцільно шляхом створення високої регульованої турбулентності у всьому об'ємі реактора-змішувача та усунення застійних зон.

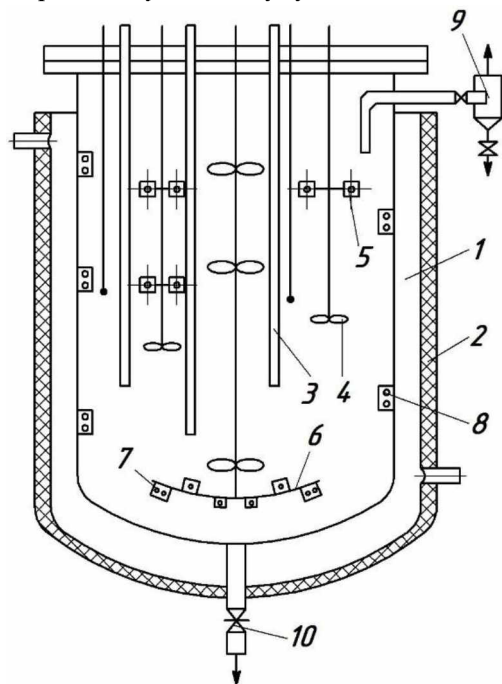


Рис. 1. Змішувач (прототип)

- 1 – парова сорочка, 2 – ізоляція,  
3 – вантажувальна трубка,  
7, 8 – турбулізатори,  
9 – відбірник проб,  
10 – вивантажувальний патрубок.  
Мішалки: 4 – пропелерна, 5 – лопатева, 6 – якірна.

перемішувальних пристроїв різних типів, можливості контролю і регулювання рН реакційної суміші, забезпечення необхідної інтенсивності фізико-хімічних процесів шляхом створення високої регульованої турбулентності у всьому об'ємі реактора-змішувача і усунення застійних зон, забезпечення безпеки його роботи. В реакторі-змішувачі встановлюються декілька перемішувальних пристроїв, додаткова якірна мішалка з турбулізаторами, на внутрішній стінці реактора встановлюються турбулізатори-відбійники.

Проте, вказана конструкція реактора має ряд недоліків, а саме:

1. На одному валі встановлені різні типи мішалок, наприклад, лопатева та пропелерна. Оптимальні швидкості обертання для них є різними, тому ефективність їх поєднання є низькою.

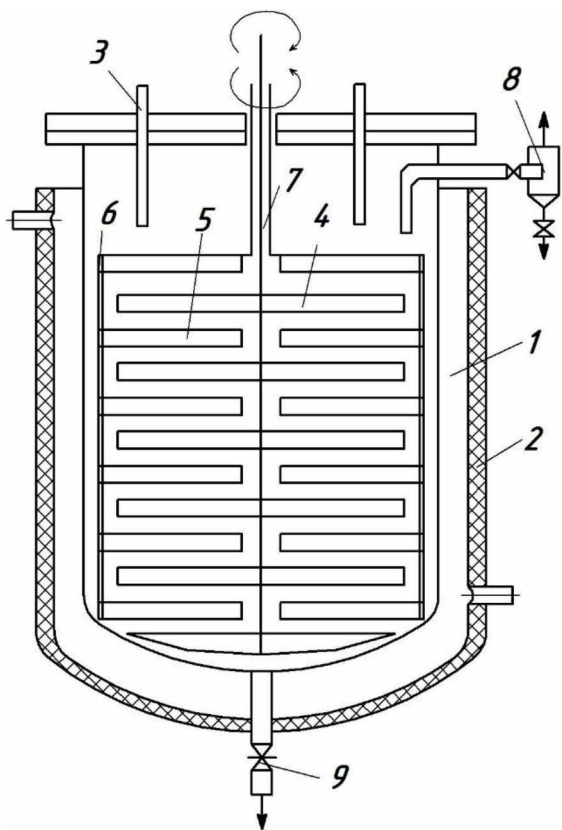
**Матеріали і методи.** Аналіз та удосконалення процесу та конструкції реактора здійснено на основі сучасної наукової літератури та патентної інформації. Дослідження режимів роботи реакторів визначено методом чисельного моделювання з використанням програмного пакету Flow Vision.

**Результати та обговорення.** Загальні недоліки реакторів: неможливість проведення процесів за високої концентрації суспензії, складність конструкції, в деяких випадках існують труднощі отримання продукту високої чистоти, недостатня швидкість утворення кінцевого продукту через неефективне перемішування реагентів, утворення застійних зон, в яких накопичуються речовини, що не прореагували, незадовільне диспергування рідини в реакційній масі, недостатнє відведення тепла за екзотермічної та підведення тепла за ендотермічної реакції, складнощі або неможливість створення реакторів великої одиничної потужності.

В джерелі [1] пропонується удосконалити процес та усунути вказані недоліки за рахунок установки усередині корпусу реактора-змішувача декількох незалежних

2. Під час процесу перемішування швидкість та концентрація частинок суспензії в різних зонах реактора значно відрізняється.

3. Проведення хімічних реакцій зазвичай проводиться за максимально допустимих температур. Під час інтенсивного перемішування частина механічної енергії перетворюється в теплову, виникають локальні зони з підвищеною температурою. Це може призвести до небажаних наслідків. наприклад, клейстеризації крохмлю в зоні перегріву суспензії, внаслідок чого псується весь об'єм продукту.



**Рис. 2. Удосконалена конструкція змішувача:**

- 1 – парова сорочка, 2 – ізоляція,
- 3 – завантажувальна трубка,
- 4,5 – лопатеві мішалки, 6 – рама, 7 – вал, 8 – відбірник проб,
- 9 – вивантажувальний патрубок.

фармацевтичній промисловості для отримання однорідних сумішей рідких компонентів та суспензій.

Враховуючи досвід передових виробників обладнання для змішування, пропонується встановити в реакторі дві мішалки лопатевого типу, які обертаються в різні сторони (рис. 2). Лопаті мішалок закріплені на внутрішньому валу та зовнішній рамі. Рама додатково виконує функцію очищення стінки реактора.

За такої конструкції в реакторі відсутні застійні зони, інтенсивність перемішування у всьому об'ємі реактора однакова, відсутні локальні підвищення температури. Проте зауважимо деякі недоліки – нераціональні витрати енергії на подолання опору руху рами, неможливість значно інтенсифікувати процес перемішування.

Виникає задача в майбутніх дослідженнях встановити раціональні граничні режими обертання робочих органів мішалок (критерій Рейнольдса та інші показники), за межами яких швидкість хімічної реакції не збільшується.

**Висновок.** Удосконалену конструкцію реактора-змішувача рекомендуємо використовувати в процесах модифікації крохмалю, в хімічній, біотехнологічній та

## Література

1. Roman Serhiichuk, Olena Chepeluk, Vladimir Litviak (2015), Improvement of mixing process of heterogeneous system, *The international Conference for Students "Student in Bukovina"*, 7-9 May 2015, Suceava, Romania, Book of abstract, p. 14 – 15.
2. Литвяк В.В., Росляков Ю.Ф., Бутрім С.М., Козлова Л.Н. (2013), *Крахмал и крахмалопродукты: монография*, Краснодар.
3. Melnik O., Dovgun I. (2013), Modified starch properties, *Ukrainian Food Journal*, 2(3), pp. 354-359.
4. Olga Rybak (2013), Some aspects of the formation of emulsions and foams in food industry, *Ukrainian Journal of Food Science*, 1(1), pp. 41-49.
5. Sergii Demytyev (2014), Theoretical aspects of organizational and economic mechanism in vegetable, *Ukrainian Food Journal*, 3(1), pp. 53-63.