

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 621.6.04.001.5

*Е.А. Рябова, Е.П. Ларионова**

К ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА НЕПРЕРЫВНОГО СМЕШЕНИЯ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С ВЫСОКОЙ НЕОДНОРОДНОСТЬЮ ДОЗИРОВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ

В работе [1] предложен способ организации процесса непрерывного приготовления смеси при порционном дозировании отдельных компонентов с использованием принципа управления сегрегированными потоками. Способ предполагает воздействие обратными импульсами на сегрегированный поток, обогащенный компонентами, имеющими высокую неоднородность дозирования, с целью сглаживания пульсации концентрации в потоке смеси. Предложенный способ смешения реализован путем управления сегрегированными потоками в барабанном насадочном аппарате.

Кроме того, в работе [1] предложено уравнение динамики продольного распределения контрольного компонента $c(z, \tau)$ в барабанном аппарате, позволяющее прогнозировать характеристики структуры управляемых сегрегированных потоков:

$$S(z)\rho_n(z)\frac{\partial c_j(z, \tau)}{\partial z} = -\frac{\partial(c_j(z, \tau)(G(z) - G_0(z)))}{\partial z} + \quad (1)$$
$$+ D_{\text{пр}}\frac{\partial}{\partial z}\left(\rho_n(z)S(z)\frac{\partial c_j(z, \tau)}{\partial z}\right) + S(z)(I_{\text{Л}}^- + I_{\text{вЛ}}^+ + I_{\text{в0}}^+),$$

где z – продольная координата, м; $D_{\text{пр}}$ – коэффициент продольного перемешивания, $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$; $S(z)$ – площадь поперечного сечения засыпки материала, м^2 ; ρ_n – насыпная плотность частиц, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$; $G(z)$, $G_0(z)$ – технологический и условный обратный потоки материала, $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$; $I_{\text{Л}}^-$, $I_{\text{вЛ}}^+$, $I_{\text{в0}}^+$ – функции источников, определяющих потоки исчерпания и возврата компонента лопастной насадкой и его обратный управляемый сегрегированный поток соответственно, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$; c_j – концентрация контрольного компонента, $\text{кг} \cdot \text{кг}^{-1}$; τ – время, с.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ФГБОУ ВПО «ТГТУ» В.Н. Долгунина, канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» В.А. Пронина.

Краевые условия задачи записаны в виде:

$$\begin{cases} \partial c_j / \partial z = 0, \quad z = \overline{0, L}; \\ c_j(0, \tau) = c_{j1} \text{ при } kT < \tau \leq kT + \tau_{\text{доз}}; \\ c_j(0, \tau) = 0 \text{ при } kT + \tau_{\text{доз}} < \tau \leq (k+1)T; \end{cases} \quad (2)$$

$$c_j(z, 0) = 0, \quad (3)$$

где L – длина барабана, м; T – частота (период) ввода доз, с; $\tau_{\text{доз}}$ – продолжительность операции введения доз в рабочий объем аппарата, с; $k = 0, 1, 2, 3, \dots, \infty$.

Экспериментальное и аналитическое исследование [1] характеристик структуры сегрегированных потоков компонентов смеси позволяет сделать вывод о том, что использование предложенного способа организации процесса непрерывного смешивания в барабанном аппарате позволяет повысить качество смеси с уменьшением коэффициента вариации более чем в 40 раз. Однако повышение качества смеси достигается при значительном (почти на порядок) увеличении времени выхода аппарата на стационарный режим.

В настоящей работе представлено дальнейшее развитие предложенного способа организации процесса за счет улучшения его динамических характеристик. В связи с этим неблагоприятная динамика объясняется длительностью накапливания буферной массы порционно дозируемого компонента в аппарате.

Такая гипотеза подтверждается результатами исследования динамики распределения контрольного компонента $c_j(z, \tau)$ по длине барабана. Исследование выполнено методом математического моделирования на примере приготовления смеси трудно смешиваемых гранул полипропилена и керамзита с порционным микродозированием последнего. Установлено, что в период выхода процесса на стационарный режим происходит постепенное увеличение задержки контрольного компонента в барабане с накоплением его буферной массы. При этом в стационарных условиях средняя концентрация буферной массы компонента в рабочем объеме превышает его номинальную концентрацию в смеси более чем в два раза (рис. 1).

С целью улучшения динамических характеристик предлагаемого способа организации процесса проведена его модернизация. Сущность модернизации заключается в том, что для уменьшения периода выхода аппарата на стационарный режим предлагается размещение в головной части барабана буферной массы порционно дозируемого компонента.

Найденную массу (задержку) контрольного компонента в аппарате некоторым образом распределяют в головной части барабана. В соответствии с этим задаются начальные условия, которые должны выполняться при организации процесса смешения при порционном дозировании одного из компонентов.

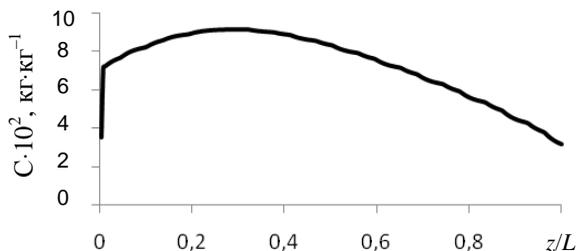


Рис. 1. Распределение концентрации порционно дозируемого компонента вдоль оси барабана в стационарных условиях

В результате моделирования динамики процесса смешения с различными вариантами распределения массы буфера установлено, что наиболее рациональным является его начальное распределение в головной части аппарата на участке, длина которого составляет четверть длины барабана.

Сравнение результатов исследования, представленных на рис. 2, *a* в виде кривых 1, 2 и 3, свидетельствует, что предлагаемая модернизация позволяет почти на порядок уменьшить период выхода процесса на стационарную фазу его протекания и тем самым приблизиться по этому показателю к варианту организации процесса без управления сегрегированными потоками.

Одним из примеров реализации предложенного способа организации процесса смешения при порционном дозировании отдельных компонентов может быть его использование в производстве комбинированных продуктов питания. В частности, таким производством является приготовление различного рода мюсли. Типовыми компонентами мюсли являются хлопья злаковых культур, сушеные фрукты, орехи, цукаты. Смесь названных компонентов отличается высокой склонностью к сегрегации. С учетом того, что некоторые из компонентов мюсли вводятся в небольших дозах и их непрерывное дозирование технически сложно организовать, приготовление соответствующих смесей в непрерывном режиме представляет достаточно сложную технологическую задачу.

В настоящей работе проведено исследование технологических возможностей организации непрерывного процесса приготовления мюсли на основе хлопьев злаковых культур (овса, ячменя, пшеницы и ржи), включающих в свой состав кукурузные хлопья. Как показывает практика, смесь таких хлопьев сильно сегрегирует, поскольку хлопья кукурузы отличаются от хлопьев остальных злаков большими размерами и малой плотностью.

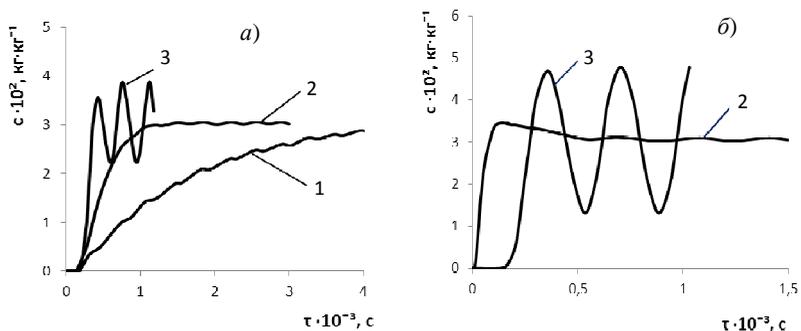


Рис. 2. Моделирование динамики процесса непрерывного приготовления модельных материалов (а) и хлопьев злаковых культур и кукурузы (б) с управлением (1), (2) и без управления (3) сегрегированными потоками: 1 – без использования буферной массы; 2 – с использованием буферной массы порционно дозируемого компонента

Исследование проведено методом математического моделирования. При этом коэффициент истощения порционно дозируемого компонента (хлопьев кукурузы) определен экспериментально по методике, изложенной в работе [1].

На рисунке 2, б приведены результаты моделирования динамики изменения концентрации смеси в период выхода аппарата на стационарный режим для вариантов организации процесса без управления сегрегированными потоками (кривая 3), при воздействии обратными импульсами на поток, обогащенный микрокомпонентом (кривая 2). Порционная подготовка доз смоделирована для периода ввода дозы $T = 350$ с, продолжительность операции ввода дозы $\tau_d = 3$ с.

Результаты исследования свидетельствуют, что предлагаемое техническое решение позволяет почти на два порядка уменьшить вариацию состава смеси практически без изменения периода выхода аппарата на стационарный режим.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Организация процесса смешения путем управления сегрегированными потоками зернистых материалов / В.Н. Долгунин, Ю.В. Шарый, И.А. Лебедеко, О.В. Юмашева // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 17, № 2. – С. 388 – 396.

*Кафедра «Технологии продовольственных продуктов»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*