

Д.К. Каляпин, А.А. Осипов, С.В. Першина

ПРИГОТОВЛЕНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ДВУХСТАДИЙНОГО ДОЗИРОВАНИЯ*

Многокомпонентные смеси из зернистых материалов широко используются в различных отраслях промышленности. Ключевым оборудованием в процессе приготовления смесей являются дозаторы компонентов и смеситель. Многие исследователи отмечают, что при проектировании смесительных установок необходимо учитывать характеристики дозаторов. Нами разработана установка для непрерывного приготовления смесей из зернистых материалов [1]. Установка содержит непрерывные дозаторы компонентов, расположенные последовательно вдоль ленточного транспортера с поперечными перегородками; плиту, на которой установлен ленточный транспортер, соединенную с основанием через амортизаторы, и вибратор, установленный на основании и соединенный с плитой [2].

Каждый непрерывный дозатор содержит порционный дозатор и наклонный вибрлоток для преобразования отдельных порций материала в непрерывный поток. Устройство снабжено блоком управления порционными дозаторами. Вибрлотки устанавливаются с возможностью перемещения вдоль ленточного транспортера. Вибратор соединен с плитой и основанием с помощью шаровых шарниров и установлен на основании с возможностью перемещения в горизонтальной плоскости. Поперечные перегородки на ленточном транспортере установлены с возможностью фиксированного перемещения вдоль ленты транспортера. Кроме того, устройство дополнительно снабжено датчиком фиксации положения, по крайней мере, одной поперечной перегородки ленточного транспортера, причем этот датчик соединен с блоком управления порционными дозаторами, что позволяет синхронизировать работу дозаторов и смесителя.

С учетом смещения разгрузочных узлов вдоль ленты транспортера и определенных промежутков между подачей отдельных порций компонентов в разные ячейки транспортера попадают разные объемы компонентов, но их соотношение всегда постоянно и равно заданному соотношению компонентов в готовой смеси. Для варианта приготовления трехкомпонентной смеси ($A + B + C$) с концентрациями соответственно равными 0,5; 0,3; 0,2, математически это можно представить следующим равенством

*Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. В.Ф. Першина.

$$\int_0^{\Delta\tau} f_1(T)dT \Big/ \int_{\Delta\tau_{AB}}^{\Delta\tau+\Delta\tau_{AB}} f_2(T)dT \Big/ \int_{\Delta\tau_{AC}}^{\Delta\tau+\Delta\tau_{AC}} f_3(T)dT = 0,5/0,3/0,2. \quad (1)$$

Поперечные перегородки на ленте можно установить таким образом, чтобы в каждую ячейку попадало одинаковое суммарное количество компонентов. В этом случае ширина ячеек ΔS разная и пропорциональна изменению производительности на сыпающихся краях дозаторов. Математически это можно представить следующим образом

$$\frac{\Delta S(1)}{V} \int_0^V f_1(T)dT = \frac{\Delta S(2)}{V} \int_0^V f_1(T)dT = \dots = \frac{\Delta S(M)}{V} \int_0^V f_1(T)dT. \quad (2)$$

При выполнении равенства (1) для компонента A будет выполняться равенство (2). Аналогично для компонентов B и C . Это целесообразно делать в тех случаях, когда готовую смесь необходимо упаковывать или передавать на дальнейшую переработку в виде отдельных порций одинакового веса, например, при производстве таблеток или брикетов.

Ранее [2], использовались дозаторы, каждый из которых содержал один наклонный вибрирующий лоток. В процессе преобразования отдельных порций зернистого материала, порции частично накладывались одна на другую. Наложения происходили случайным образом, что снижало равномерность непрерывного потока на выходе из дозатора и, следовательно, ухудшало качество готовой смеси.

Нами были проведены теоретические и экспериментальные исследования по определению точности непрерывного дозирования с использованием лотка, разделенного по длине на две части. Каждая порция материала весом ΔP , объемным способом разделялась на две порции. В результате деления образовывались порции ΔP_1 и ΔP_2 , причем сумма ΔP_1 и ΔP_2 всегда была точно равна ΔP . Результаты экспериментальных исследований показали, что за счет конструктивного оформления всегда можно разделить порцию ΔP таким образом, что относительная разность между ΔP_1 и ΔP_2 не превышает 5 %. Полученные порции подавались поочередно в части лотка через промежутки времени

$$\Delta T/2 = \Delta P/2Q,$$

где Q – заданная весовая производительность дозатора.

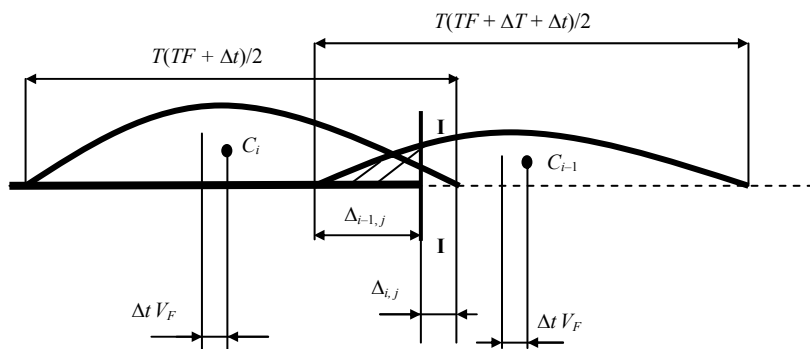


РИС. 1 СХЕМА К РАСЧЕТУ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВИБРАЦИОННОГО ДОЗАТОРА

Схема к расчету количества материала, сыпающегося с лотка за интервал времени Δt , показана на рис. 1.

Сыпающийся край лотка обозначен вертикальным сечением $I-I$. При одновременном сыпании материала из предыдущей порции $i-1$ (на рис. 1 центр тяжести порции обозначен C_{i-1}) и последующей порции i (центр тяжести порции обозначен C_i), количество материала (ΔQ), сыпающегося с лотка, определяли как сумму ΔQ_i и ΔQ_{i-1} . Численное значение ΔQ_i рассчитывалось, как разность количества материала порции i , находящегося левее сечения $I-I$ в момент времени TF и аналогичного количества ма-

териала в момент времени $TF + \Delta t$. Аналогичным образом определяется значение ΔQ_{i-1} . Фактически, на сыпавшем крае лотка складывалась точно такая же ситуация, как и при использовании лотка не разделенного на две части [2]. Однако, в предлагаемом варианте, объединение порций осуществляется независимо друг от друга и, следовательно, более стабильно. Анализ результатов экспериментальных исследований показал, что за счет деления лотка на две части, неравномерность непрерывного потока снижается не менее чем на 30 %, по сравнению с прототипом.

При математическом моделировании процесса непрерывного дозирования также использовались результаты работы [2]. В частности, используя уравнение кривой, описывающей верхнюю границу порции сыпучего материала в процессе вибрации

$$y(t) = A_0 e^{-\beta(S)t} \sin \frac{2\pi}{T} t, \quad (3)$$

определяли параметры математической модели процесса непрерывного дозирования, полученной с использованием математического аппарата случайных Марковских процессов [3].

БЫЛИ ПРОВЕДЕНЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СМЕШЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ В ОТДЕЛЬНОЙ СЕКЦИИ СМЕСИТЕЛЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВИБРАЦИИ, ЧТО ПОЗВОЛИЛО ВЫЯВИТЬ ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССА И РАЗРАБОТАТЬ МОДЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА СЛУЧАЙНЫХ МАРКОВСКИХ ПРОЦЕССОВ, ДИСКРЕТНЫХ В ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ. КАЖДАЯ СЕКЦИЯ СОСТОЯЛА ИЗ ЯЧЕЕК ИДЕАЛЬНОГО СМЕШЕНИЯ, СОЕДИНЕННЫХ МЕЖДУ СОБОЙ В ОДНОРОДНУЮ НЕЗАМКНУТУЮ МАРКОВСКУЮ ЦЕПЬ. ПОСКОЛЬКУ РАССМАТРИВАЛСЯ ПРОЦЕСС СМЕШЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ, СКЛОННЫХ К СЕГРЕГАЦИИ, СДЕЛАНО ДОПУЩЕНИЕ О ТОМ, ЧТО ЗА ОДИН ПЕРЕХОД ЧАСТИЦА КЛЮЧЕВОГО КОМПОНЕНТА ЛИБО ОСТАНЕТСЯ В ДАННОЙ ЯЧЕЙКЕ, ЛИБО ПЕРЕЙДЕТ В ЯЧЕЙКУ, РАСПОЛОЖЕННУЮ БЛИЖЕ К ЯДРУ СЕГРЕГАЦИИ.

При моделировании процесса смешения трех и более компонентов, например $A + B + C$, общий процесс рассматривали как три процесса, протекающих независимо ($A + C$, $A + B$, $B + C$). В этом случае по результатам экспериментальных исследований процессов приготовления двухкомпонентных смесей определяли исходные вероятности, аналогичные P_0 . В частности, исследуя процесс приготовления смеси $A + C$ определяли вероятность P_{0AC} . Аналогичным образом определяли вероятности P_{0AB} и P_{0BC} .

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОКАЗАЛИ, ЧТО ПОВЫШЕНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ НЕПРЕРЫВНЫХ ПОТОКОВ НА ВЫХОДАХ ИХ ДОЗАТОРОВ СУЩЕСТВЕННО ПОВЫШАЕТ КАЧЕСТВО ГОТОВОЙ СМЕСИ.

Список литературы

- 1 Пат. № 2242273 Российской Федерации. Способ приготовления многокомпонентных смесей и устройство для его реализации / В.Ф. Першин, С.В. Барышникова и др.; Заявл. 05.05.2003; Оpubл. 20.12.2004.
- 2 Осипов А.А., Шершукова А.И. Приготовление многокомпонентных смесей на основе технологии двухстадийного дозирования // Труды ТГТУ: Сб. науч. ст. молодых ученых и студентов. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. Вып. 15. С. 81 – 85.
- 3 Каляпин Д.К. Моделирование процесса двухстадийного дозирования сыпучих материалов // Труды ТГТУ: Сб. науч. ст. молодых ученых и студентов. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. Вып. 15. С. 20 – 23.