

ОЦЕНКА ИНЕРЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВЕРТИКАЛЬНО-ВИБРАЦИОННЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ

В статье приведено описание двух конструкций вертикально-вибрационных смесителей и корреляционный анализ движения в них потоков сыпучих материалов.

Установлено влияние рециркулирующих и опережающих потоков на инерционные свойства аппаратов.

Вертикально-вибрационный смеситель, дисперсия, сглаживающая способность, корреляционный анализ, сыпучий материал.

Неравномерность подачи сырья в смеситель непрерывного действия (СНД) ухудшает качество готового продукта. Для снижения этого эффекта СНД должен иметь определенную инерционность, т.е. способность сглаживать флуктуации входящих потоков, чтобы сводить к минимуму отклонения в соотношении ингредиентов на выходе из аппарата. Фактически степень сглаживания S является отношением дисперсий входящего в устройство потока σ_{xo}^2 к выходящему σ_{xb}^2 :

$$S = \sigma_{xo}^2 / \sigma_{xb}^2. \quad (1)$$

Таким достоинством обладают подъемные лотковые вертикально-вибрационные смесители (ВВС) непрерывного действия [1, 2], техническая новизна которых защищена патентами РФ. Их целесообразно использовать в тех случаях, когда необходимо получать высококачественные сыпучие композиции при соотношении компонентов до 1:50 и производительность до 1,5 м³/ч. Диаметр аппарата, обеспечивающего такую производительность, составляет 1,2 м при высоте 1 м и потребляемой мощности 1,2 кВт.

ВВС можно настраивать на необходимую степень сглаживания благодаря направленной организации движения материальных потоков в совокупности с рециркуляцией и опережением (проскоком), что дало возможность снизить требования, предъявляемые к дозирующему блоку по стабильности поддержания расходов ингредиентов, их соотношению и дискретности подачи.

В смесителях реализован перспективный способ переработки сыпучих материалов в тонких разреженных слоях (20–50 мм) с помощью рабочего органа, интенсивно виброактивирующего дисперсную систему. Это позволяет при небольших габаритах аппарата и потребляемой мощности существенно сократить время смешивания, которое определяется отношением протяженности лотка к скорости транспортирования материала и в большинстве случаев не превышает двух минут.

Рассмотрим две базовые конструкции (патенты РФ 2181664 и 2286203). Схемы движения материальных потоков, реализованных в этих СНД, представлены на рис. 1 и 2.

Устройства имеют вертикальную несущую цилиндрическую колонну, на которой закреплен перфорированный, кроме нижнего витка, рабочий орган в виде винтового лотка с углом подъема, не превышающего 7 градусов. Колонна одновременно играет роль загрузочного бункера, куда подаются исходные компоненты с расходом $X_0(t)$. Далее они через нижнее отверстие в ее стенке поступают на первый нижний сплошной виток. Под действием возвратно-винтовых колебаний всей конструкции, закрепленной на двухвальном четырехдебалансном инерционном вибраторе, ингредиенты по внешнему рабочему органу потоком движутся вверх, одновременно просыпаясь через перфорацию с вышележащих витков на нижележащие, образуя контур внутреннего рецикла. Отношение количества сыпучего материала, просыпавшегося через отверстия верхнего витка $\Sigma X_{отв(i+1)}(t)$, к величине, поступившей на него с нижнего $X_i(t)$, равно коэффициенту внутренней рециркуляции α_i последнего ($\alpha_i = \Sigma X_{отв(i+1)}(t) / X_i(t)$).

На верхнем витке установлен рассекатель, который может возвращать часть готового продукта в загрузочный бункер, образуя при этом контур внешнего рецикла. Отношение количества возвращаемого сыпучего материала ($X_n(t) - X_b(t)$) к величине, поступившей на разделение $X_n(t)$, равно коэффициенту внешней рециркуляции β ($\beta = (X_n(t) - X_b(t)) / X_n(t)$).

Высота виброкипящего слоя материала на витках перемешивающего органа определяется параметрами вибрации, производительностью дозирующего оборудования, размерами перфорации и положением рассекателя.

С целью повышения степени сглаживания без увеличения габарита конструкции в колонну (бункер) смесителя (патент РФ 2286203) установлена перфорированная спиральная лопасть, которая имеет наклон в сторону движения дисперсной фазы. Ингредиенты, попадая на лопасть, под действием направленной вибрации движутся по ней вниз, перемешиваются и просыпаются через отверстия. В результате чего происходит предварительное перемешивание и сглаживание колебаний их расходов. Та часть потока, которая просыпается через перфорацию, образует

опережающий контур потока с расходом $\gamma_i X_i$, другая часть, движущаяся по витку, имеет расход $X_i(1-\gamma_i)$. Далее дисперсная фаза через нижнее отверстие в стенке колонны поступает на первый нижний сплошной виток внешнего рабочего органа и т.д.

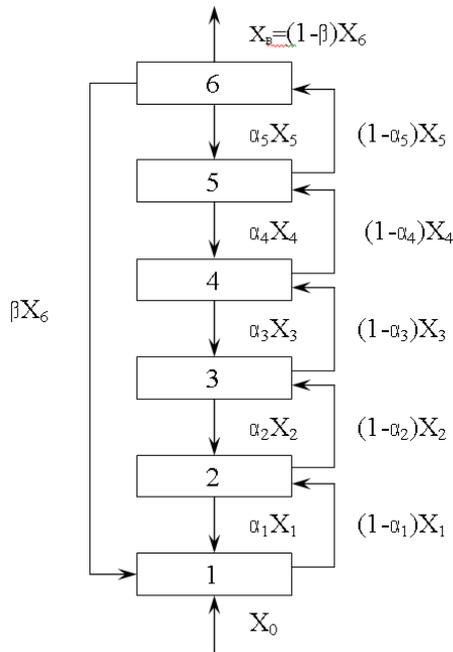


Рис. 1. Схема движения материальных потоков в аппарате, выполненном по патенту РФ 2181664

Процесс движения материальных потоков в первом ВВС (см. рис. 1) с шестью витками рабочего органа опишем системой уравнений:

$$\begin{cases} X_1(t) = X_0(t) + \alpha_1 \cdot X_1(t) + \beta \cdot X_n(t) \\ X_2(t) = (1 - \alpha_1) \cdot X_1(t) + \alpha_2 \cdot X_2(t) \\ X_3(t) = (1 - \alpha_2) \cdot X_2(t) + \alpha_3 \cdot X_3(t) \\ X_4(t) = (1 - \alpha_3) \cdot X_3(t) + \alpha_4 \cdot X_4(t) \\ X_5(t) = (1 - \alpha_4) \cdot X_4(t) + \alpha_5 \cdot X_5(t) \\ X_6(t) = (1 - \alpha_5) \cdot X_5(t) \\ X_B(t) = (1 - \beta) \cdot X_6(t) \end{cases} \quad (2)$$

где $X_0(t)$ – расход дисперсной фазы на входе в смеситель; $X_B(t)$ – расход дисперсной фазы, вышедшей из смесителя; $X_i(t)$ – расход дисперсной фазы, сошедшей с i -го витка; α_i – коэффициент внутренней рециркуляции, $0 \leq \alpha_i \leq 1$; β – коэффициент внешней рециркуляции, $0 \leq \beta \leq 1$; t – текущее время.

Полагая, что взаимная корреляция потоков отсутствует ($Kx_i x_j = 0$ при $i \neq j$), т.е. нет процесса усреднения смеси при движении дисперсной фазы по рабочему органу под действием вибрации, рассмотрим влияние на инерционные свойства аппарата только рециркуляции дисперсной фазы на внешнем рабочем органе.

Проанализируем схемы организации движения материальных потоков в этих аппаратах (рис. 1 и 2) на основе корреляционных функций для определения их влияния на степень сглаживания.

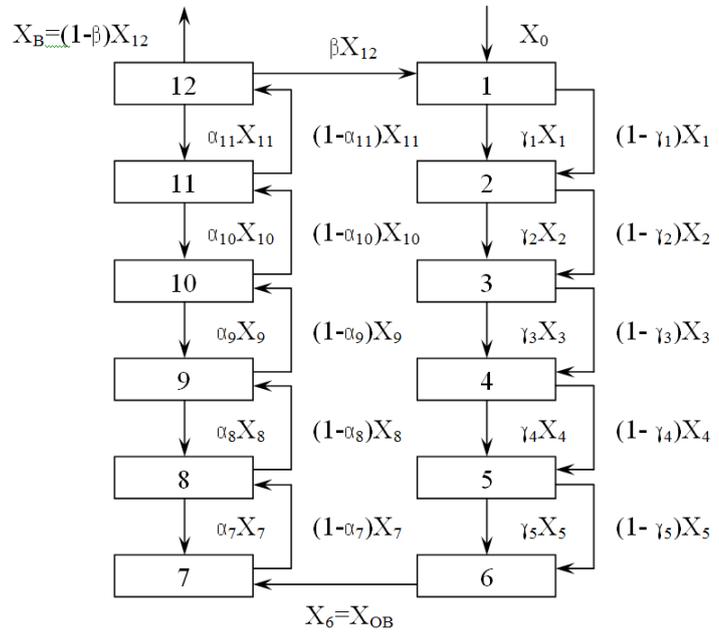


Рис. 2. Схема движения материальных потоков в аппарате, выполненном по патенту РФ 2286203

Тогда система, определяющая корреляционные функции, будет иметь вид:

$$\begin{cases} Kx_1(\tau) = Kx_0(\tau) + \alpha_1^2 \cdot Kx_1(\tau) + \beta^2 \cdot Kx_3(\tau) \\ Kx_2(\tau) = (1 - \alpha_1)^2 Kx_1(\tau) + \alpha_2^2 \cdot Kx_2(\tau) \\ Kx_3(\tau) = (1 - \alpha_2)^2 Kx_2(\tau) + \alpha_3^2 \cdot Kx_3(\tau) \\ Kx_4(\tau) = (1 - \alpha_3)^2 Kx_3(\tau) + \alpha_4^2 \cdot Kx_4(\tau) \\ Kx_5(\tau) = (1 - \alpha_4)^2 Kx_4(\tau) + \alpha_5^2 \cdot Kx_5(\tau) \\ Kx_6(\tau) = (1 - \alpha_5)^2 Kx_5(\tau) \\ Kx_6(\tau) = (1 - \beta)^2 \cdot Kx_6(\tau) \end{cases} \quad (3)$$

где $Kx_0(\tau)$, $Kx_B(\tau)$ – корреляционные функции входящего и выходящего из смесителя потоков соответственно; $Kx_i(\tau)$ – корреляционная функция потока на i -м витке; τ – интервал корреляции.

Решая систему уравнений (3) относительно $Kx_B(\tau)$, получим: $Kx_B = Kx_0 \cdot (1-\alpha_1)^2 \cdot (1-\alpha_2)^2 \cdot (1-\alpha_3)^2 \cdot (1-\alpha_4)^2 \cdot (1-\alpha_5)^2 \cdot (1-\beta)^2 / [(1-\alpha_1)^2 \cdot (1-\alpha_2)^2 \cdot (1-\alpha_3)^2 \cdot (1-\alpha_4)^2 \cdot (1-\alpha_5)^2 - (1-\alpha_1)^2 \cdot (1-\alpha_2)^2 \cdot (1-\alpha_3)^2 \cdot (1-\alpha_4)^2 \cdot (1-\alpha_5)^2 \cdot \beta^2]$.

$$(4)$$

