

Д.М. Бородулин, А.А. Андриюшков

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СГЛАЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО СМЕСИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА

В предлагаемой статье предложено математическое описание процесса смешивания дисперсных материалов с использованием корреляционного анализа. Данный анализ проведен для смесителей непрерывного действия центробежного типа, предусматривающих наличие опережающих потоков.

В результате теоретических исследований получены математические модели для конкретных смесителей. Установлено какое влияние оказывает организация опережающих потоков и процесс усреднения материала в аппарате, на снижение флуктуаций входного сигнала в смесителях непрерывного действия.

Корреляция, центробежный смеситель, смешение, дисперсия, сглаживающая способность.

В связи со сложившейся экологической обстановкой в Кузбассе возникает потребность обогащения продуктов питания различными минеральными и биологическими добавками, витаминами и равномерного их распределения в смеси. Поэтому повысились требования, предъявляемые к качеству обогащенных комбинированных продуктов.

В случае, когда продукт представляет собой многокомпонентную смесь дисперсных материалов, находящихся в порошкообразном или мелкозернистом состоянии, его качество во многом зависит от процесса смесеприготовления. Последний, применяется при производстве порошкообразных молочных смесей, киселей, смесей детского питания, комбикормов и других комбинированных продуктов. Их технология предусматривает получение качественных смесей с соотношением компонентов 1:100 и выше. На предприятиях удаётся получать такие смеси на серийном типе оборудования зачастую только за счёт параллельного соединения нескольких аппаратов в смесительном агрегате (СА). Однако качество получаемой композиции в таких СА при соотношении компонентов 1:100 и выше, очень низкое. Поэтому проблема разработки способов и соответствующего оборудования для смешения компонентов с большой разницей содержания их в смеси является актуальной.

Для достижения данной цели в КемТИПП, в лаборатории смесительного и дозирочного оборудования, разработана оригинальная конструкция центробежного смесителя непрерывного действия (СНД). Конструктивное решение нового СНД позволяет значительно повысить сглаживающую способность аппарата и интенсивность смешивания, за счет применения обратной рециркуляции, движения материальных потоков разреженными слоями, их разделения с последующим пересечением в воздушном пространстве.

Центробежный смеситель представленный на рисунке 1, содержит: вертикальный (сужающийся книзу) конический корпус; вал на котором крепятся разделяющий крест и ротор в виде полого усеченного конуса соединенного снизу меньшим основанием с диском. Так же к крышке крепится регулируемый отражатель, имеющий торцовую поверхность.

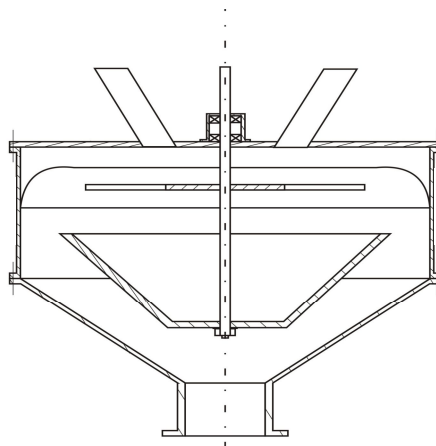


Рис. 1. Центробежный смеситель непрерывного действия.

Аппарат работает следующим образом. Сыпучие компоненты подаются через патрубки на разделяющий крест. На котором сыпучий поток делится на две части, одна из которых попадает на диск вращающегося ротора, а другая, отбрасывается к регулируемому отражателю. Часть входного потока попавшая на диск, под действием центробежной силы равномерно растекается по диску и движется с низу вверх по внутренней поверхности полого усеченного конуса. Таким образом, обеспечивается тонкослойное движение сыпучего материала, что способствует частичному смешиванию компонентов. Этот поток сбрасывается с поверхности конуса и пересекается с потоком, сошедшим с разделяющего креста, что способствует дополнительному смешению материалов в кольцевом пространстве между ротором и корпусом смесителя. Далее смешенный (общий) поток попадает на регулируемый отражатель, который отбрасывает часть материала к основанию конуса, обеспечивая при этом обратную рециркуляцию, а другая часть по внутренней поверхности корпуса ссыпается вниз и выводится из смесителя.

Качество смеси, получаемой в новом СНД, достигается за счет равномерного распределения исходных компонентов по всему объёму смеси и сглаживания флуктуаций входных потоков, поступающих из дозирующих устройств. В настоящей

работе проведен расчет по определению сглаживающей способности СНД, в зависимости от организации схемы направленного движения материальных потоков и последующего их смешивания. Сглаживающая способность исследуемого смесителя центробежного типа определялась на основе корреляционного анализа. В этом случае, в качестве параметра случайного стационарного процесса, используется корреляционная функция. Корреляционный анализ устанавливает зависимость между дисперсиями входного и выходного сигналов, благодаря чему предоставляется возможность прогнозировать однородность материального потока на выходе при известных коэффициентах рециркуляции, времени нахождения материала в смесителе и дисперсии входного сигнала.

Примем, что материальные потоки описываются случайными стационарными эргодическими функциями [1]. Проанализируем схему движения материалов в аппарате (рисунок. 2). В ней происходит разделение входного потока на три части с последующим их двойным наложением, т.е. происходит движение по схеме с двойным опережающим потоком. Материальный баланс для этой схемы описывается следующими уравнениями.

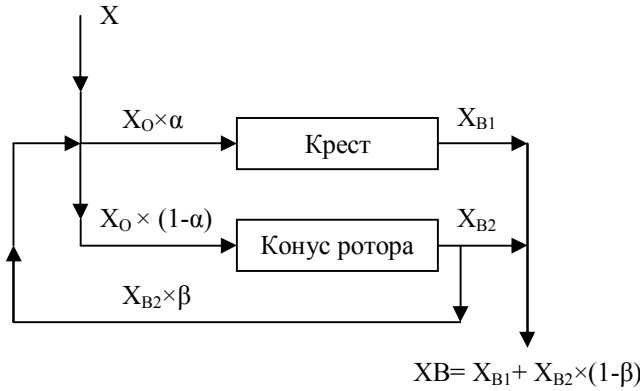


Рис. 2. Схема движения материальных потоков в СНД новой конструкции

$$\begin{cases} X_1 = (X_0 + X_{B2} \times \beta) \times \alpha \\ X_2 = (X_0 + X_{B2} \times \beta) \times (1 - \alpha) \\ X_{B1} = X_1 = (X_0 + X_{B2} \times \beta) \times \alpha \\ X_{B2} = X_2 = (X_0 + X_{B2} \times \beta) \times (1 - \alpha) \\ XB = X_{B1} + X_{B2} \times (1 - \beta) \end{cases} \quad (1)$$

где X_0 – поток материала, поступающего в смеситель;

X_J – поток материала, поступающего на J -ую ступень смесителя, $J = 1 \dots n$;

X_{BJ} – поток материала, выходящего с J -ой ступени смесителя, $J = 1 \dots n$;

XB – поток материала, выходящего из смесителя;

α и β – коэффициенты перераспределения, показывающие какая часть общего

потока попадает на J -ую ступень, $J =$

$1 \dots n$;

n – количество ступеней в смесителе.

На основании выражения (1), запишем систему уравнений, определяющих корреляционные функции потоков при отсутствии их взаимной корреляции.

$$\begin{cases} K_{X1}(\tau) = (K_{X0}(\tau) + K_{XB2}(\tau) \times \beta) \times \alpha \\ K_{X2}(\tau) = (K_{X0}(\tau) + K_{XB2}(\tau) \times \beta) \times (1 - \alpha) \\ K_{B1}(\tau) = (K_{X0}(\tau) + K_{XB2}(\tau) \times \beta) \times \alpha \\ K_{B2}(\tau) = (K_{X0}(\tau) + K_{XB2}(\tau) \times \beta) \times (1 - \alpha) \\ K_{XB}(\tau) = K_{XB1}(\tau) + K_{XB2}(\tau) \times (1 - \beta) \end{cases} \quad (2)$$

где $K_{X0}(\tau)$ – корреляционная функция потока материала, поступающего в смеситель;

$K_{XJ}(\tau)$ – корреляционная функция потока материала, поступающего на J -ую

ступень смесителя, $J = 1 \dots n$;

$K_{XBJ}(\tau)$ – корреляционная функция потока материала, выходящего с J -ой ступени

смесителя, $J = 1 \dots n$;

$K_{XB}(\tau)$ – корреляционная функция потока материала выходящего из смесителя;

τ – интервал корреляции.

При движении потока его корреляционная функция изменяется (уменьшается). Рассмотрим только влияние рециркуляции и разбиения материальных потоков на однородность получаемой смеси. Введем допущение, что $K_{XBJ}(\tau) = K_{XJ}(\tau)$, т.е. отсутствие процесса усреднения потоков. Тогда система (2) запишется в виде:

$$\begin{cases} K_{X1}(\tau) = (K_{X0}(\tau) + K_{X2}(\tau) \times \beta) \times \alpha \\ K_{X2}(\tau) = (K_{X0}(\tau) + K_{X2}(\tau) \times \beta) \times (1 - \alpha) \\ K_{B1}(\tau) = (K_{X0}(\tau) + K_{X2}(\tau) \times \beta) \times \alpha \\ K_{B2}(\tau) = (K_{X0}(\tau) + K_{X2}(\tau) \times \beta) \times (1 - \alpha) \\ K_{XB}(\tau) = K_{X1}(\tau) + K_{X2}(\tau) \times (1 - \beta) \end{cases} \quad (3)$$

Известно [1], что корреляционная функция стационарного процесса при $\tau=0$ равна дисперсии возможных значений его параметра в данный момент времени, т.е. $K_X(0) = \sigma_X^2$. Тогда можно записать:

$$\begin{cases} \sigma_{X1}^2 = (\sigma_{X0}^2 + \sigma_{X2}^2 \times \beta) \times \alpha \\ \sigma_{X2}^2 = (\sigma_{X0}^2 + \sigma_{X2}^2 \times \beta) \times (1 - \alpha) \\ \sigma_{B1}^2 = (\sigma_{X0}^2 + \sigma_{X2}^2 \times \beta) \times \alpha \\ \sigma_{B2}^2 = (\sigma_{X0}^2 + \sigma_{X2}^2 \times \beta) \times (1 - \alpha) \\ \sigma_{XB}^2 = \sigma_{X1}^2 + \sigma_{X2}^2 \times (1 - \beta) \end{cases}$$

Таблица 1.

Анализ схемы движения материальных потоков
в СНД новой конструкции

Численные значения коэффициентов	α	0,3	0,4	0,25	0,35
	β	0,1	0,15	0,1	0,15
Результаты	$\sigma_{XB}^2 / \sigma_{X0}^2$	0,311	0,272	0,324	0,281
	S	3,213	3,674	3,086	3,558

Данную систему уравнений обрабатывали при помощи пакета программ «Matematica», в результате при подстановке различных числовых значений коэффициентов α и β , получили отношение дисперсий на входе и выходе из аппарата. Например, при значениях коэффициентов $\alpha = 0,3$ и $\beta = 0,1$ отношение дисперсий равно $\sigma_{XB}^2 = 0,311 \sigma_{X0}^2$; при значениях коэффициентов $\alpha = 0,4$ и $\beta = 0,15$ отношение дисперсий равно $\sigma_{XB}^2 = 0,272 \sigma_{X0}^2$, т.е. с ростом величины опережающих потоков в аппарате дисперсия выходящего потока значительно уменьшается. Это свидетельствует о их влиянии на сглаживающую способность, которая определяется отношением $S = \frac{\sigma_{X0}^2}{\sigma_{XB}^2}$, численные значения которой равны $S = 3,213$ (в первом случае) и $S = 3,674$ (во втором). Для наглядного представления, результаты корреляционного анализа движения материальных потоков в СНД центробежного типа приведены в таблице 1.

В результате корреляционного анализа установлено, что на снижение дисперсии входного потока в несколько раз, а так же процесс усреднения материала в аппарате, достаточно сильное влияние оказывает применение прямых и обратных рециклов, организованных в СНД.

Смеситель, новой конструкции, по отношению к известным конструкциям, легче в изготовлении и менее энергоемок. Поэтому именно его экономически целесообразнее применять для получения смесей с соотношением компонентов 1:100.

Список литературы:

1. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: Учеб. пособие для студентов вузов. Изд. 5-е. – М.: Высш. шк., 2000. – 400 с.: ил.

ГОУ ВПО «Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности»,
650056, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

SUMMARY

D.M. Borodulin, A. A. Andryushkov

The analysis of the operation of combinuous type mixing on the basis of the covariation approach

The paper deals with the mathematical description of the process of mixing materials on the basis the covariation analysis.

The latter has been conducted for the continuous type centrifugal mixer using by-pass flours. Result of theoretical investigations mathematical models for specified mixer have been obtained.

It has been found out how both the fact of forming the by-pass flours and the process of averaging the material inside the apparatus act upon the induction of input signals fluctuations in combinuous type mixer