

Объемы М.Г. Ваврик и структура и теплофизические свойства пористой керамики / М.Г. Ваврик, Р.А. Каюмов, Р.З. Рашидов, А.В. Тезеляков // Строительные материалы. – 2005. – № 6. – С. 62 – 65. 5. Пивчук С.И., Организация эксперимента при моделировании и оптимизации технологических систем: учеб. пособие / С.И. Пивчук. – Днепрпетровск: ООО Независимый инициативный образовательный центр «Дава», 2008. – 248 с.

Поступила в редакцию 13.08.09

УДК 685.53.66.021.2

Б.В. ЕГОРОВ, докт. техн. наук, ОНАПТ, г. Одесса

А.В. МАКАРИНСКАЯ, канд. техн. наук, ОНАПТ, г. Одесса

ОЦЕНКА ОДНОРОДНОСТИ СМЕСЕЙ И СТАБИЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ

В статье рассмотрены вопросы, связанные с оценкой однородности смесей сыпучих материалов, та проведено анализ способов оценки стабильности технологического процесса смешивания. Предложено использовать стабильность технологического процесса в качестве критерия степени однородности смеси.

In article the questions connected to definition of uniformity of mixes of loose materials are considered, the analysis of ways of an estimation of stability of technological process mixing is lead. It is offered to estimate stability of technological processes on a degree of renewal of a dispersion of dispersion in time.

Вступление.

Производство однородных смесей или предварительных композиций компонентов твердых материалов, находящихся в зернистом или порошкообразном состоянии является актуальной проблемой во многих отраслях.

Так, например, в тяжелой промышленности при подготовке композитных сплавов, горных обогатительных смесей и пылей [1, 2]; различных тугоплавких неметаллических силикатных материалов и готовых строительных смесей; в сельском хозяйстве при производстве комплексных удобрений; в пищевой промышленности – комбинированных пищевых продуктов (сухие завтраки, смеси специй) [3, 4]; в комбикормовой промышленности – комбикормов, обогатительных смесей [5, 6]; в химической и химико-фармацевтической промышленности при производстве различных лекарственных препаратов, состоящих из двух и более компонентов и т.д. [7, 8].

Во многих отраслях качество смеси, т.е. ее однородность, обеспечивается точным весовым дозированием всех компонентов и последующим их смешиванием. Твердые материалы перерабатываются в промышленности с запамятных времен и почти во всех ее отраслях, но технологический процесс смешивания сыпучих материалов и в настоящее время остается мало изученным физическим процессом [9 – 12]. Теоретически смесь компонентов может быть получена из отдельных частиц с различными физическими свойствами. Влияние различий в физических свойствах частиц компонентов на однородность их смеси весьма значительно, причем, чем больше эти различия, тем хуже смешиваемость [13, 14]. Поэтому с практической точки зрения представляют интерес смеси частиц отдельных компонентов, устойчивые к самосортированию.

Решение проблемы.

В процессе смешивания в микрообъемах смеси возможно бесконечное разнообразие взаимного расположения частиц компонентов. В этих условиях соотношение компонентов в произвольных точках смеси – величина случайная. Повременных методов оценки качества смеси (ее однородности) основаны на методах статистического анализа и наиболее просто анализируется по одной случайной величине. При этом готовую смесь условно считают двухкомпонентной, далее выбирают один компонент, входящий в наименьшем количестве (ключевой), а все остальные компоненты объединяют во второй условный компонент. Тогда случайная дискретная величина X (распределение ключевого компонента) может быть полностью охарактеризована, если известны закон ее распределения, математическое ожидание M , дисперсия D или среднее квадратичное отклонение S . Поэтому в теории производства сыпучих смесей однородность принято оценивать по коэффициенту вариации

$$V_c = \frac{1}{x} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

и степени однородности смеси

$$\Theta = 1 - \frac{V_c}{100} \quad (2)$$

Формулы 1 и 2 учитывают содержание в пробе i -го компонента, выбранного в качестве ключевого (x_i г/т, %), его среднее содержание и количество проб, отобранных для анализа (n не менее 10) [5, 6].

Поскольку производимые смеси не всегда являются конечным продуктом для применения, то представляет интерес, на сколько стабилен их состав в процессе последующего транспортирования, хранения, смешивания и использования. Также необходимо учитывать, что однородность смеси зависит от стабильности функционирования технологических процессов ее производства и системы в целом.

Обобщая наработки таких известных ученых, как В. Афанасьев, Н. Бусленко, И. Железнов, В. Кафаров, В. Панфилов, А. Орлов, С. Саркисян, В. Хубка и др. сравнительная оценка эффективности функционирования технологических систем приведена в таблице 1.

При внедрении методов контроля качества НАССР на предприятиях различного профиля наблюдались колебания качественно-количественных характеристик технологических систем. В связи с этим весьма важным является рассмотрение основ оценки стабильности функционирования технологических систем, которая представлена в таблице 2.

Поскольку дисперсия рассеивания какого-либо параметра технологического процесса как системы характеризует его способность достигать поставленную цель: заданный диапазон рассеивания и заданное абсолютное значение искомой величины X_i , то представляется возможным оценить стабильность технологического процесса по степени возобновления дисперсии рассеивания с течением времени t .

Учитывая важность учета возможных отклонений показателей качества готовых смесей, нами предложено оценивать стабильность функционирования технологических систем по формуле [10]:

$$S_i = 1 - \frac{D[x_i]_{\max} - D[x_i]_{\min}}{D[x_i]_{\max}} = \frac{D[x_i]_{\min}}{D[x_i]_{\max}} \quad (10)$$

где $D[x_i]_{\max}$, $D[x_i]_{\min}$ — максимальная и минимальная дисперсии распределения случайной величины x_i , как параметра оценки стабильности функционирования технологической системы, который измеряется на протяжении интервала времени, позволяющего получать достоверные результаты измерений.

Оценка эффективности функционирования технологических систем

Автор, источник	Показатель оценки
Э. Кафаров и др. [15]	Функционал $R = R(\bar{P}, \bar{W})$ (3) где $\bar{P} = [P_1, P_2, \dots, P_n]$ — вектор параметров элементов технологической системы; $\bar{W} = [W_1, W_2, \dots, W_m]$ — вектор параметров внешнего воздействия.
В. Хубка [16]	Функционал $F = F(T_e, E_e, C_e)$ (4) где T_e — технологическая эффективность; E_e — экономическая эффективность; C_e — потребительская эффективность.
П. Бусленко и др. [17]	Показатель надежности, качества управления и устойчивости системы $\Delta R = R^* - R^*$ (5) где R^* — показатель эффективности в нормальных условиях функционирования системы; $R^* = R(\alpha_1^*, \alpha_2^*, \dots, \alpha_n^*; \beta_1^*, \beta_2^*, \dots, \beta_m^*)$; R^* — показатель эффективности в условиях воздействия на систему внешних и внутренних факторов при реализации управляющего воздействия; $R^* = R(\alpha_1^*, \alpha_2^*, \dots, \alpha_n^*; \beta_1^*, \beta_2^*, \dots, \beta_m^*)$; α_i^* , α_i^* — показатели функционирования системы; β_i^* , β_i^* — параметры внешнего воздействия.
С.А. Саркисян и др. [18]	$K = F \left[\begin{matrix} S_0 \\ C_s \end{matrix} \right] \left[K_s \right] \left[P_s \right] \leq f \left[\begin{matrix} R \\ t \end{matrix} \right] \quad (6)$ где S_0 — стратегия поведения при использовании технологической системы i -го типа в j -й технологической операции; C_s — матрица, которая характеризует затраты на выполнение операций; K_s — параметр, который характеризует потенциал выполнения последовательности технологических операций; R — ресурсные ограничения; t — ограничение времени.
В. Панфилов [3]	$S_i = 1 - \frac{H}{H_{\max}} \quad (7)$ где H — энтропия, которая соответствует данному распределению величины показателя, который анализируется; H_{\max} — максимальная возможная энтропия, которая соответствует нормальному закону распределения. $H = P \log_2 P + (1 - P) \log_2 (1 - P) \quad (8)$ где P — вероятность удовлетворительного результата опыта измерения.
С. Ахмазарова, В. Кафаров	$S[X] = \sum_{i=1}^n (X_i - m_x)^2 \cdot p_i \quad (9)$ где m_x — математическое ожидание случайной величины X_i .

Таблица 2

О стабильности функционирования технологических систем

Автор, источник	Определение
В.Е. Власов и др. [19]	Под стабильностью технологического процесса или системы в целом принято понимать их способность сохранять достигнутую точность во времени.
А.А. Воропов и др. [20]	Стабильность – какого-либо явления – это его способность достаточно долго и с достаточной точностью сохранять те формы своего существования, при потере которых явление перестает быть самим собой.
А.М. Нырнин и др. [21]	Устойчивость (стабильность) – это условие, которое заключается в том, что при сколько-нибудь малых изменениях условий задачи столь же мало изменяются ее решения.
В.А. Панфилов и др. [3]	Стабильность – свойство технологической системы сохранять точность показателей качества продукции во времени, и стабильность – как показатель качественной и количественной изменчивости технологического процесса.
Г.К. [15895-97] "Синтетические методы управления качеством продукции"	Стабильность – это свойство технологического процесса, которое обуславливает стойкость распределения характеристик его параметров на протяжении некоторого интервала времени без вмешательства извне.

Данное выражение является справедливым, в случае, если структура технологического процесса в течение продолжительного времени t между двумя измерениями не изменяется. В этом случае отклонение в оценке дисперсии будет связано с проявлением влияния возмущающих воздействий как в отношении однородности характеристик используемого сырья, так и в отношении достоверности значений конструктивно-технологических и других факторов.

Выводы и рекомендации.

1. Применение предложенного подхода позволяет контролировать технологические процессы пищевых производств не только с помощью методов НАССР, но и оценивать воспроизведение дисперсии исследуемых показателей качества.

2. Компоненты смесей должны быть подобраны таким образом, чтобы наряду с регулируемым фактором, например, размером частиц, их плотность была практически одинаковой.

3. Для получения обогащенных предварительных смесей возможно

применение уплотнения компонентов и порционного принципа получения высокооднородных смесей.

4. Для получения смесей и обогащенных предварительных смесей следует использовать смесители лопастного типа.

Список литературы: 1. Коузов П.А. Основы анализа дисперсии в составе промышленных пылей и измельченных материалов / П.А. Коузов. – М.: Химия, 1974. – 280 с. 2. Коузов П.А. Методы определения физико-химических свойств в промышленных пылях / П.А. Коузов, Л.Я. Скорбякова. – Л.: Химия, 1983. – 143 с. 3. Остапович М.В. Система технологий / М.В. Остапович, Л.В. Сердюк, Л.К. Осиповичева. – К.: Центр учебной литературы, 2007. – 358 с. 4. Панфилов В.А. Научные основы рентабельности технологических линий пищевых производств / В.А. Панфилов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 245 с. 5. Черныш Н.П. Технологии комбикормового производства / Н.П. Черныш. – М.: Агропромиздат, 1985. – 256 с. 6. Мясниковский Н.Н. Производство комбикормов: учебник / Н.Н. Мясниковский, Л.С. Косарово. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Агропромиздат, 1991. – 288 с. 7. Кафаров В.В. Системный анализ процессов химической технологии. Процессы измельчения и смешения сыпучих материалов / В.В. Кафаров, В.Н. Дорозов, С.Ю. Арзуманов. – М.: Наука, 1985. – 440 с. 8. Макаров Ю.И. Проблемы смешения сыпучих материалов / Ю.И. Макаров // Журнал неспециального химического общества им. Д.И. Менделеева. – 1938. – Т. 33, № 4. – С. 384 – 389. 9. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю.И. Макаров. – М.: Машиностроение, 1973. – 216 с. 10. Модестов Б.С. Метод оптимального выбора дитирующего, смеси конного и размоленного оборудования для переработки сыпучего материала химической промышленности с учетом их физико-механических свойств / Б.С. Модестов // Механика сыпучих материалов: 3-й Всесоюзный конференционный доклад – Омск, 1975. 11. Определение физико-механических характеристик сыпучего материала: метод указания / [сост. В.П. Таров, В.Н. Назаров]. – Тамбов: Тамб. ин-т хим. машиностроения, 1991. – 12 с. 12. Свиридов М.М. Причины случайности структуры смеси сыпучих материалов / М.М. Свиридов // Моделирование САПР, АСУПИ, ГАП: Всероссийский конф.: тезисы докладов. – Тамбов, 1989. 13. Ермолова В.А. Параметрическая модель смешивания сыпучих компонентов / В.А. Ермолова, П.П. Ермолов // Хранение и переработка зерна. – 2006. – № 11. – С. 34 – 37. 14. Горшковский В.В. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях / [В.В. Горшковский, А.Ф. Демский, М.С. Воробьев и др.]. – М.: Колос, 1980. – 304 с. 15. Кафаров В.В. Моделирование и системный анализ физико-химических процессов / В.В. Кафаров, А.Ю. Выхарев, П.С. Горшков. – М.: Лесн. пром-сть, 1985. – 280 с. 16. Хубка В. Теория технических систем: [Пер. с нем.]. – М.: Мир, 1987. – 208 с. 17. Бусенко Н.П. Лекции по теории сложных систем / [Н.П. Бусенко, В.В. Колотилкин, И.И. Коваленко и др.]. – М.: Сов. радио, 1973. – 440 с. 18. Саркисян С.А. Анализ и прогноз развития больших технических систем / С.А. Саркисян, В.М. Ахмедов, Э.С. Минаев. – М.: Наука, 1982. – 380 с. 19. Власов В.Е. Системы технологически обеспечения качества компонентов микрорелектронной аппаратуры / В.Е. Власов, В.И. Захаров, А.И. Коробов. – М.: Радио и связь, 1987. – 160 с. 20. Воронин А.А. Устойчивость, управляемость, наблюдаемость / А.А. Воронин. – М.: Наука, 1979. – 135 с. 21. Оптимальное управление техникой и химическими процессами / А.М. Нырнин. – М.: Энергостроиздат, 1986. – 410 с. 22. Есеров Б.В. Математические основы оценки стабильности технологических процессов производства премиксов и комбикормов / Б.В. Есеров, А.В. Макаринович, И.С. Козь В. Зернов. продукты / комбикорм. 2008. – № 2. – С. 35 – 40.

Поступила в редакцию 22.06.09