

ПЕРЕМЕЩЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ СМЕШИВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

М.М. Свиридов, В.М. Червяков

Кафедра «Теория механизмов машин и деталей машин»

Представлена членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым

Ключевые слова и фразы: смешивание; сопротивление; сыпучие материалы; траектории движения; энергия.

Аннотация: Рассмотрена последовательность определения перемещений микрообъемов (частиц) компонентов смеси в процессе смешивания.

Определение энергозатрат на образование смеси сыпучих материалов требует знания перемещений микрообъемов (в пределе частиц) веществ в процессе смешивания. В основе предлагаемой последовательности расчета перемещений использованы структуры готовой смеси и первоначального раздельного положения смешиваемых объемов исходных компонентов [1]. Для простоты решения задачи принято: диаметры частиц основного – d_o и ключевого – d_k компонентов равны и в реализации процесса смешивания участвуют одинаковое число частиц основного и ключевого материалов. При решении используем значение объемной концентрации ключевого компонента в составе смеси – c . Произведенные перемещения частиц проиллюстрируем на схемах рис. 1.

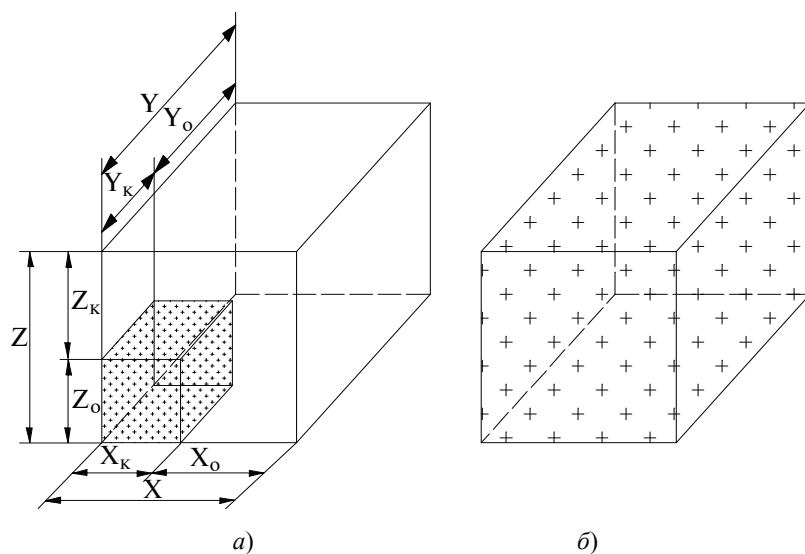


Рис. 1 Схема положения частиц компонентов смеси:
а) исходная загрузка, б) готовая смесь

Объем емкости смесителя

$$X \cdot Y \cdot Z = V \quad (1)$$

Объем ключевого компонента

$$X_k \cdot Y_k \cdot Z_k = V_k. \quad (2)$$

Объем основного компонента

$$X \cdot Y \cdot Z - X_k \cdot Y_k \cdot Z_k = V_o. \quad (3)$$

Тогда, согласно схеме (рис. 1, а), имеем:

$$X = X_k + X_o, \quad (4)$$

$$Y = Y_k + Y_o, \quad (5)$$

$$Z = Z_k + Z_o, \quad (6)$$

$$V = V_k + V_o, \quad (7)$$

$$c = \frac{V_o}{V_k + V_o}. \quad (8)$$

Учитывая, что занимаемые объемы – кубы, линейные концентрации по координатным осям:

$$\sqrt[3]{c} = \sqrt[3]{\frac{V_k}{V_k + V_o}} = c_x = c_y = c_z, \quad (9)$$

$$c_x = \frac{X_k}{X_k + X_o}, \quad (10)$$

$$c_y = \frac{Y_k}{Y_k + Y_o}, \quad (11)$$

$$c_z = \frac{Z_k}{Z_k + Z_o}. \quad (12)$$

Тогда количество частиц ключевого компонента по осям в рассматриваемом объеме:

$$\frac{X_k}{d_k} = n_{kx}, \quad (13)$$

$$\frac{Y_k}{d_k} = n_{ky}, \quad (14)$$

$$\frac{Z_k}{d_k} = n_{kz}, \quad (15)$$

$$n_k = n_{kx} \cdot n_{ky} \cdot n_{kz}. \quad (16)$$

Число частиц ключевого компонента, подлежащее перемещениям

$$n_k \cdot (1 - c). \quad (17)$$

Рассмотрим перемещение частиц ключевого компонента по координатным осям. Первоначально частицы составляют ряд с длиной X_k :

$$X_k = X \cdot c_x. \quad (18)$$

Расстояние между частицами этого компонента в готовой смеси X_{\min} :

$$X_{\min} = \frac{X}{n_k}. \quad (19)$$

Учитывая, что при смесеобразовании в движении участвует лишь часть частиц ключевого компонента: $n_{кxg}$:

$$n_{кxg} = n_{кx} \cdot (1 - c_x), \quad (20)$$

определяем перемещения каждой из названных частиц, при этом получаем ряд значений, соответствующих арифметической прогрессии:

$$\left. \begin{array}{l} n_{кxg} - \text{ -- переместитс на } -X \cdot (1 - c_x) \\ (n_{кxg} - 1) - \text{ -- // - // - // - // - // } - (X \cdot (1 - c_x) - X_{\min}) \\ \dots\dots\dots \\ (n_{кxg} - i) - \text{ -- // - // - // - // - // } - (X \cdot (1 - c_x) - X_{\min} \cdot i) \\ \dots\dots\dots \\ 1 - \text{ -- // - // - // - // - // } - X_{\min} \end{array} \right\} \quad (21)$$

Аналогичные результаты получаем при определении перемещений частиц ключевого компонента по осям Y и Z :

по Y

$$\left. \begin{array}{l} n_{кyg} - \text{ -- переместитс на } -Y \cdot (1 - c_y) \\ (n_{кyg} - 1) - \text{ -- // - // - // - // - // } - (Y \cdot (1 - c_y) - Y_{\min}) \\ \dots\dots\dots \\ (n_{кyg} - i) - \text{ -- // - // - // - // - // } - (Y \cdot (1 - c_y) - Y_{\min} \cdot i) \\ \dots\dots\dots \\ 1 - \text{ -- // - // - // - // - // } - Y_{\min} \\ Y_{\min} = \frac{Y}{n_y} \end{array} \right\} \quad (22)$$

по Z

$$\left. \begin{array}{l} n_{кzg} - \text{ -- переместитс на } -Z \cdot (1 - c_z) \\ (n_{кzg} - 1) - \text{ -- // - // - // - // - // } - (Z \cdot (1 - c_z) - Z_{\min}) \\ \dots\dots\dots \\ (n_{кzg} - i) - \text{ -- // - // - // - // - // } - (Z \cdot (1 - c_z) - Z_{\min} \cdot i) \\ \dots\dots\dots \\ 1 - \text{ -- // - // - // - // - // } - Z_{\min} \\ Z_{\min} = \frac{Z}{n_z} \end{array} \right\} \quad (23)$$

Тогда суммарные перемещения частиц ключевого компонента по координатным осям:

$$\left. \begin{array}{l} \sum X_k = \frac{X(1 - c_x) + X_{\min}}{2} \cdot n_{кx} \cdot (1 - c_x) \\ \sum Y_k = \frac{Y(1 - c_y) + Y_{\min}}{2} \cdot n_{кy} \cdot (1 - c_y) \\ \sum Z_k = \frac{Z(1 - c_z) + Z_{\min}}{2} \cdot n_{кz} \cdot (1 - c_z) \end{array} \right\} \quad (24)$$

Эффективность процесса смешивания наивысшая при перемещении частиц по кратчайшим путям от положений при загрузке смесителя до мест, занимаемых ими в готовой смеси, тогда, соблюдая нумерацию частиц:

$$\left. \begin{aligned}
 n_g - & \text{ пройден путь:} \\
 S_{\max} &= \sqrt{[X \cdot (1 - c_x)]^2 + [Y \cdot (1 - c_y)]^2 + [Z \cdot (1 - c_z)]^2} \\
 \dots\dots\dots \\
 n_g - i - & \text{ // - // - // - // :} \\
 S_{n_g-i} &= \sqrt{[X \cdot (1 - c_x) - X_{\min} \cdot i]^2 + [Y \cdot (1 - c_y) - Y_{\min} \cdot i]^2 + [Z \cdot (1 - c_z) - Z_{\min} \cdot i]^2} \\
 \dots\dots\dots \\
 1 - & \text{ // - // - // - // - // - // :} \\
 S_{\min} &= \sqrt{X_{\min}^2 + Y_{\min}^2 + Z_{\min}^2}
 \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

Суммарные перемещения частиц ключевого компонента с учетом образовавшегося ряда (25)

$$\sum S = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2} \cdot \frac{n_k \cdot (1 - c)}{2} \quad (26)$$

Реализация рассмотренных перемещений частиц компонентов смеси требует обмена в положениях, поэтому число частиц (ключевого и основного компонентов), участвующих в движении, при равенстве средних диаметров частиц равно $n_k \cdot (1 - c)$. Тогда суммарные перемещения частиц в процессе смесеприготовления:

$$\sum S = N_k \cdot (1 - c) \cdot \frac{\sqrt{[X \cdot (1 - c_x)]^2 + [Y \cdot (1 - c_y)]^2 + [Z \cdot (1 - c_z)]^2}}{2} + \frac{\sqrt{X_{\min}^2 + Y_{\min}^2 + Z_{\min}^2}}{2} \quad (27)$$

Приведенная последовательность определения перемещений частиц при смесеприготовлении применима для любых первоначальных схем загрузки компонентов и форм объемов компонентов и смесителя. Следует отметить, что конкретизация названных условий и различие в средних размерах частиц компонентов усложнит вышеприведенные формулы, но не исключит применимость предлагаемой в настоящей работе методики. Для получения величины работы, необходимой для приготовления смеси, следует определить силы сопротивления перемещения частиц компонентов по методике, изложенной в работе [2].

Список литературы

1. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов. – М.: Машиностроение, 1973. – 215 с.
2. Свиридов М.М., Шубин И.Н. К вопросам определения работы на процесс смешивания сыпучих компонентов // Труды ТГТУ. Вып. 8. – Тамбов 2001, – С. 77-81.

Components Movement in the Process of Granular Materials Mixing

M.M. Sviridov, V.M. Chervyakov

Department "Theory of Machine Mechanisms and Machine Parts", TSTU

Key words and phrases: mixing; granular materials; movement tracks; resistance; energy.

Abstract: Sequence of determination of micro-volume of mixture components movement in the process of mixing is considered.

**Verlagerungen der Komponente im Prozeß
der Vermischung der Schüttstoffe**

Zusammenfassung: Es ist die Reihenfolge der Bestimmung der Verlagerungen des Mikrovolumens (der Teilchen) der Komponente der Mischung im Vermischungsprozeß betrachtet.

**Déplacement des composants au cours du mélange
des matériaux pulvérilents**

Résumé: On a examiné la succession de la définition des particules des composants dans le processus du mélange.
