

– №U200705886, заявл. 29.05.2007, опубл. 10.10.2007, Бюл.№16, –22с. 3. Патент 2027902, Российская Федерация, МПК<sub>7</sub> F03H 5/00, F04D 19/00. Способ создания тяги Б.Ш.Мамедов (Украина), №4652005/23, заявл. 24.12.1988, опубл. 27.01.95, Бюл.№3, –4с. 4. Патент 46407, Украина, МПК F04D 27/00, F02K 1/00, F02K 3/00, F02C 7/00. Спосіб підвищення газодинамічної стійкості роботи повітря-реактивних двигунів. Б.Ш.Мамедов, –№U200905152, заявл. 25.05.2009; опубл. 25.12.2009, Бюл.№24, –26с. 5. Привалов Л. Винт преодолел звуковой барьер /Техника молодежи, М, 2005, –№2, – С.18-21.

*Поступила в редколлегию 17.09.2011*

**УДК 669:162.24.001.57**

**Ю.М. ПАЗЮК**, канд. техн. наук, доц., ЗДІА, Запоріжжя

## **ПРО МОДЕЛЮВАННЯ ОСНОВНИХ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ СТАЦІОНАРНОГО ШАРУ ПОЛІДИСПЕРСНОГО МАТЕРІАЛУ**

Розглянуті загальні питання формування структури шару полідисперсного сипкого матеріалу при його взаємодії з технологічним обладнанням. Встановлено, що моделювання розподілу фракцій зазначеного матеріалу щодо зон шару є можливим на основі інформації про середній діаметр частинок матеріалу в кожній зоні шару та фракційний склад матеріалу.

Ключові слова: полідисперсний сипкий матеріал, структура шару, фракційний склад, моделювання.

Рассмотрены общие вопросы формирования структуры слоя полидисперсного сыпучего материала при его взаимодействии с технологическим оборудованием. Установлено, что моделирование распределения фракций указанного материала по зонам слоя возможно на основе информации о среднем диаметре частиц материала в каждой зоне слоя и фракционном составе материала.

Ключевые слова: полидисперсный сыпучий материал, структура слоя, фракционный состав, моделирование.

There are considered the general questions of forming for structure of layer polydisperse friable material at his co-operating with a technological equipment. It is set that modelling of distributing of fractions of this material on areas layer possibly on the basis of information about the middle diameter of particles of material in every area of layer and fractious composition of material.

Keywords: polydisperse friable material, structure of layer, fractions composition, modelling.

### **1. Вступ**

Взаємодія сипких полідисперсних матеріалів із різним технологічним обладнанням супроводжується появою об'ємних неоднорідностей, обумовлених переміщенням локальних масивів. Відомо три основні види неоднорідностей, що впливають на умови формування властивостей сипкої маси: структурна, яка полягає в неоднорідному розподілі фракцій в різних об'ємах матеріалу; хімічна, що спричинена різним речовинним складом гранул і неоднорідність матеріалу щодо щільності, яка обумовлена закономірностями формування структури сипкого матеріалу [1].

### **2. Постановка задачі**

Виникнення структурої неоднорідності в шару матеріалу впливає на протікання технологічних процесів. Тому виникає завдання теоретичного дослідження процесів формування структури шару полідисперсного матеріалу.

### 3. Розробка моделі

Вважаючи, що у процесі завантаження фракційний склад сипкого матеріалу не змінюється, перерозподіл фракцій усередині маси матеріалу, який спостерігається під час надходження її на спікальні візки, може характеризуватися системою рівнянь:

$$\Phi_{11} + \Phi_{21} + \dots + \Phi_{k1} = \Phi_{1\Sigma}; \quad (1)$$

$$\Phi_{12} + \Phi_{22} + \dots + \Phi_{k2} = \Phi_{2\Sigma}; \quad (2)$$

-----

$$\Phi_{1n} + \Phi_{2n} + \dots + \Phi_{kn} = \Phi_{n\Sigma} \quad (3)$$

де  $\Phi_{j\Sigma}$ ,  $\Phi_{ij}$  – відповідно загальна кількість матеріалу та кількість матеріалу  $i$ -ої фракції, що знаходяться у  $j$ -ій зоні шару, % від загальної маси матеріалу;  $n$  - кількість зон у шарі;  $k$  - кількість фракцій.

Для окремо взятої фракції дотримується умова

$$\Phi_{11} + \Phi_{12} + \dots + \Phi_{1n} = \Phi_1; \quad (4)$$

$$\Phi_{21} + \Phi_{22} + \dots + \Phi_{2n} = \Phi_2; \quad (5)$$

-----

$$\Phi_{k1} + \Phi_{k2} + \dots + \Phi_{kn} = \Phi_k \quad (6)$$

Відповідно до початкових умов, можна записати

$$\Phi_{1\Sigma} + \Phi_{2\Sigma} + \dots + \Phi_{n\Sigma} = 100 \%; \quad (7)$$

$$\Phi_1 + \Phi_2 + \dots + \Phi_k = 100 \%; \quad (8)$$

У разі, коли відомі середні діаметри частинок матеріалу в кожній зоні, залежність між ними та фракційним складом може бути подана системою рівнянь:

$$d_1 \cdot \Phi_{11} + d_2 \cdot \Phi_{21} + \dots + d_k \cdot \Phi_{k1} = d_{1,cep} \cdot \Phi_{1\Sigma}; \quad (9)$$

$$d_1 \cdot \Phi_{12} + d_2 \cdot \Phi_{22} + \dots + d_k \cdot \Phi_{k2} = d_{2,cep} \cdot \Phi_{2\Sigma}; \quad (10)$$

-----

$$d_1 \cdot \Phi_{1n} + d_2 \cdot \Phi_{2n} + \dots + d_k \cdot \Phi_{kn} = d_{n,cep} \cdot \Phi_{n\Sigma} \quad (11)$$

де  $d_i$  - середній діаметр  $i$ -ої фракції, мм;  $d_{j,cep}$  - середній діаметр частинок шихти в  $j$ -ій зоні шару, мм.

Залежність між  $d_{j,cep}$  і середнім діаметром частинок ( $d_{cep}$ ) має вигляд:

$$d_{cep} = \frac{1}{k} \cdot \sum_{j=1}^k d_{j,cep} \cdot \Phi_{j\Sigma} \quad (12)$$

Під час досліджень і розрахунків визначають  $d_{j,cep} = f(\Phi_{ij})$ , оскільки вирішення зворотної задачі у загальному вигляді не дозволяє одержати однозначний результат. В той же час для моделювання роботи технологічного обладнання необхідним є визначення залежності виду  $\Phi_{ij} = f(d_{j,cep})$ .

Для вирішення даного завдання розглядають процес сегрегації двохфракційної сипкої суміші у шарі, що складається з  $n$  зон. Розподіл фракцій щодо зон шару характеризується системою рівнянь (1)-(8), а також нижченаведеними рівняннями

$$\Phi_1 + \Phi_2 = 100 \%; \quad (13)$$

$$\Phi_{1\Sigma} + \Phi_{2\Sigma} + \dots + \Phi_{n\Sigma} = 100 \%; \quad (14)$$

Розглядають рівняння, що відносяться до однойменних зон шару:

$$\Phi_{1j} + \Phi_{2j} = \Phi_{j\Sigma} \quad (15)$$

$$d_1 \cdot \Phi_{1j} + d_2 \cdot \Phi_{2j} = d_{j,cep} \cdot \Phi_{j\Sigma} \quad (16)$$

Вирішуючи систему рівнянь (15)-(16) методом підставлення, одержують:

$$\Phi_{1j} = \Phi_{j\Sigma} \cdot \left( 1 - \frac{d_{j,cep} - d_1}{d_2 - d_1} \right); \quad (17)$$

$$\Phi_{2j} = \Phi_{j\Sigma} \cdot \frac{d_{j,cep} - d_1}{d_2 - d_1}. \quad (18)$$

Знайдене вирішення є справедливим для кожної зони шару.

З наведених вище формул виходить, що співвідношення фракцій, що містяться у кожній зоні шару, можуть бути аналітично визначеними, якщо середні діаметри частинок шихти в кожній зоні шару є відомими. Тому, знаючи вміст однієї з фракцій у всіх зонах шару (в наведеному вище прикладі фракції  $\Phi_1$ ), можна знайти і вміст решти фракцій для кожної зони шару.

Під час визначення вмісту фракції  $\Phi_1$  необхідно враховувати обмеження, що вводять умови вирішуваного завдання. Зокрема, для фракції  $\Phi_1$  (і для решти всіх фракцій) повинна дотримуватися умова (4)-(6).

Окрім перерахованих обмежень, для визначення вмісту фракцій у різних зонах шару можна використовувати наступне припущення. Згідно з результатами експериментальних досліджень [1,2], коефіцієнт тертя частинок сипкого матеріалу монотонно зменшується обернено пропорційно до зростання їх розмірів. Виходячи з цього, за інших рівних умов руху завантажувальним вузлом, повинен дотримуватися відповідний розподіл частинок різного розміру щодо висоти шару. Дрібна фракція, частинки якої мають максимальне тертя, розміщуватиметься переважно у верхній половині шару, її концентрація монотонно знижуватиметься у напрямку до його нижніх горизонтів. Крупна фракція переміщується, в основному, до нижніх зон шару. Розподіл проміжної фракції визначається умовами роботи завантажувального вузла та станом рухомої сипкої маси. Тому, закономірність розподілу проміжної фракції за висотою шару змінюватиметься, що обумовлює непостійність структури та газодинамічних характеристик сипкої маси.

Вважаючи, що найдрібнішою фракцією є  $\Phi_1$ , а найбільшою –  $\Phi_k$ , можна сформулювати наступне обмеження на співвідношення дрібних і крупних фракцій у шарі  $n$ -ої зони (номери зон надають зверху вниз):

$$\Phi_{11} > \Phi_{12} > \Phi_{13} > \dots > \Phi_{1n}; \quad \Phi_{k1} < \Phi_{k2} < \Phi_{k3} < \dots < \Phi_{kn}. \quad (19)$$

Використовуючи наведені вище обмеження, можна визначити вміст фракції  $\Phi_1$  для всіх зон шару з деякою мірою достовірності. Потім, знаючи середні діаметри частинок шихти у кожній зоні шару, можна визначити розподіл фракцій щодо його зон.

#### 4. Висновок

Запропонований метод розрахунку дозволяє з достатньою мірою достовірності визначити фракційний склад сипкого матеріалу в кожній з зон шару.

**Список літератури:** 1. Гранковский В.И. Особенности формирования слоя полидисперсных сыпучих материалов [Текст] / В.И. Гранковский, М.Ю. Пазюк, Г.В. Туровцев // Известия Вузов. Черная металлургия. – 1983. – № 10. – С. 13-16. 2. Гранковский В.И. Исследование физико-механических свойств агломерационной шихты [Текст] / В.И. Гранковский, М.Ю. Пазюк, А.Н. Николаенко // Известия Вузов. Черная металлургия. – 1980. – № 10. – С. 15-17.

*Поступила в редколлегию 13.10.2011*