

УДК 628.5.66.002.09

І.І. КОРСАК, маг. НТУУ «КПІ», м. Київ

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ДИСПЕРГУВАННЯ РІДКОЇ ФАЗИ

Досліджено складний рух течії рідини в конічному диспергаторі з урахуванням гідрофобності поверхні. Визначено вплив перфорації робочого елемента диспергатора на розподілення рідини.

Ключові слова: диспергатор, гранулоутворення, псевдозріджений шар.

Исследовано сложное движение жидкости в коническом диспергаторе с учетом гидрофобности поверхности. Изучено влияние перфорации рабочего элемента диспергатора на распределение жидкости.

Ключевые слова: диспергатор, гранулообразование, псевдосжиженный слой.

Investigated the complex motion of fluid in the conical disperser, taking into account the hydrophobicity of the surface. The effect of perforation of the working element on the distribution of the dispersant liquid.

Keywords: dispersant, granules, fluidized bed.

Вступ

Для створення кристалічно-аморфних сполук з розподілом компонентів на нанорівні, доцільно застосовувати зневоднення комплексних рідких систем у псевдозрідженому шарі. Основною умовою для досягнення таких процесів є умова формування рідкої фази на поверхні зернистого матеріалу у вигляді тонкої плівки. В цьому процесі визначальним є спосіб введення рідкої фази.

В залежності від способу введення рідкої фази і наявності вертикальної направленої циркуляції зернистого матеріалу в псевдозрідженому шарі, може здійснюватись два механізми гранулоутворення: багатшарових капілярно-пористих структур за рахунок багатократної масової кристалізації мінеральних компонентів; твердих структур за рахунок агломерації дрібних частинок.

Останній механізм є небажаним, оскільки не дозволяє забезпечити рівномірне розподілення компонентів по всьому об'єму композиту і призводить до непередбачуваної зміни дисперсного складу частинок та до розбалансування процесу.

Попередніми дослідженнями встановлено, що підвищення щільності зрошення спричиняє зниження температури, що збільшує вірогідність утворення агломератів.

Краплі рідкої фази, які вводяться в дисперсну систему тверді частинки-газ, повинні бути щонайменше в 3 рази меншими за розмір мінімальних твердих частинок. В іншому випадку відбувається спонтанне утворення агломератів.

Авторами [1, 2, 3] проводились дослідження механічних дискових диспергаторів для розпилювання рідких систем в розпилювальних сушарках. При

цьому розмір крапель визначався швидкістю випаровування розчинника в області активного теплообміну. При цьому лінійна швидкість ротора підтримувалась $w_{\text{л}} \geq 130$ м/с. Тому дослідження роботи диспергатора механічного типу для введення рідкої фази при одержанні твердих органо-мінеральних композитів з пошаровою структурою є актуальним.

Мета роботи

Перевірити фізичну і математичну модель руху рідини в конічному диспергаторі та оцінка впливу перфорації диспергатора на розподіл маси по довжині диспергатора.

Постановка задачі

Моделювання складного руху течії рідини по пласкому диску з вертикальним розташуванням осі обертання наведено в роботі [1]. При застосуванні таких диспергаторів рідка фаза вводиться через невеликий об'єм зони диспергування, що призводить до спонтанної агломерації твердих частинок в псевдозрідженому шарі і припинення процесу гранулоутворення в цілому.

Для зменшення товщини плівки рідкої фази доцільно застосовувати диспергатори конічного типу. Окрім того за рахунок перфорації бічної поверхні можна суттєво збільшити об'єм зони диспергування, тобто зменшити об'єм питомого навантаження за вологою і, відповідно, зменшити вірогідність агломерації.

Моделювання течії рідини по конічному робочому елементу наведено в роботі [4]. Схема дії сил в конічному диспергаторі наведена на рис. 1.

На елементарний об'єм рідини масою dm , розташований на радіусі r , діє відцентрова сила C , яка формує силу P , що зумовлює рух рідини вздовж поверхні диспергатора та сила опору T , що направлена в протилежну сторону:

$$P + T = 0 \quad (1)$$

Відповідно сила P , що діє вздовж чаші диспергуючого органу:

$$P = C \sin \beta = \omega^2 r dm \sin \beta, \quad (2)$$

де C – відцентрова сила, $C = \omega^2 r dm$.

Сила опору визначається:

$$T = d\tau dS = 2\pi r d\tau dl, \quad (3)$$

де dS – елементарна поверхня, m^2 ; $dS = 2\pi r dl$; 2β ; – кут конусності розпилювача, град; dm – маса елемента рідини, кг; $dm = 2\pi r dr dl$; $d\tau = \nu \rho \frac{dw}{dn}$ – дотична напруга; dl –

довжина елемента рідини, м; dr – товщина елемента рідини, м; ν – кінематична в'язкість рідини, m^2/s ; ρ – густина рідини, kg/m^3 ; r – розрахунковий радіус, м; ω – кутова швидкість обертання диспергатора, $1/s$.

Після підстановки значень P і T у рівняння (1) отримаємо:

$$\int_0^{\tau} d\tau = - \int_{r_m}^r \rho \omega^2 r \sin \beta dr. \quad (4)$$

Після інтегрування рівняння (4) відповідно:

$$\tau = -0,5 \rho \omega^2 \sin \beta (r^2 - r_m^2), \quad (5)$$

де r_m – радіус повітряної порожнини в диспергаторі.

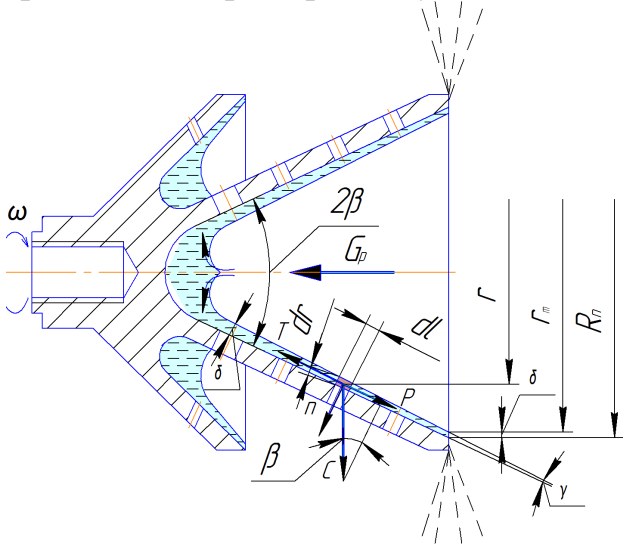
Підставивши τ в рівняння (5) та про інтегрувавши його отримаємо вираз для визначення швидкості руху плівки вздовж чаші диспергатора:

$$W = \frac{\omega^2}{6\nu} \sin\beta (R_n^3 - 3R_n r_m^2 + 3r_m^2 r - r^3) \quad (6)$$

де R_n - радіус чаші диспергатора.

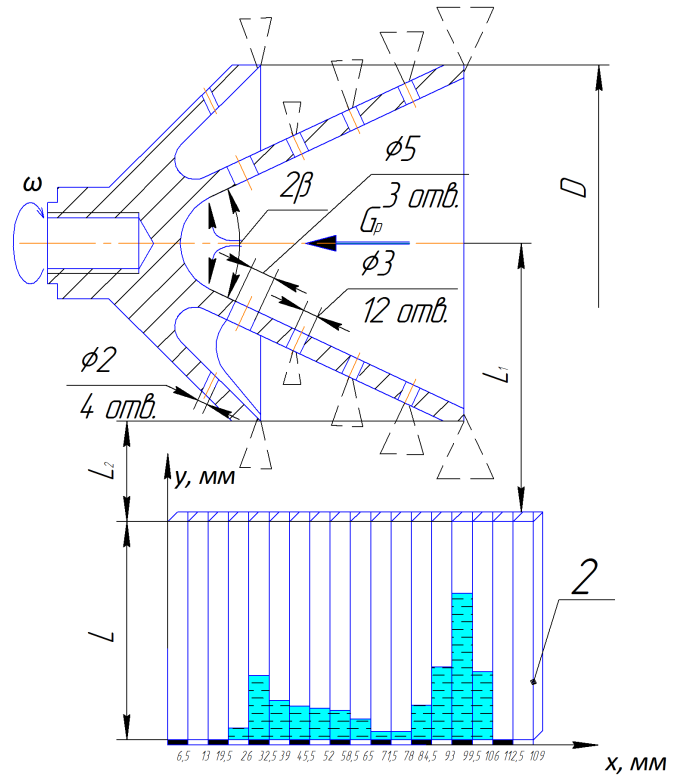
Приймаємо, що біля стінки диспергатора, тобто при $r_m = R_n$, миттєва швидкість рівна нулю.

Радіус повітряної порожнини r_m в диспергаторі може бути визначений із рівняння витрати розчину:



G_p – об'ємна витрата рідкої фази, $\text{м}^3/\text{с}$

Рис. 1 – Схема руху рідини по конічному диспергаторі



1 – механічний диспергатор конічного типу; 2 – касета

Рис. 2 – Схема для визначення масового розподілення

$$Q = \int_{r_m}^R 2\pi r W \cos\beta dr. \quad (7)$$

Після відповідних перетворень, та враховуючи що $\delta = R_n - r_m$, мала у порівнянні з R_n , отримаємо значення середньої та повної швидкості частинок рідини відповідно:

$$W_{cp} = \frac{Q}{\pi(R_n^2 - r_m^2)\cos\beta}, \quad (8)$$

$$W_c = \sqrt{0,25\omega^2(R_n + r_m)^2 + W_{cp}^2}. \quad (9)$$

Якщо рідина виходить з розпилювача у вигляді струменів траєкторія руху цих струменів внаслідок в'язкості рідини має форму спіралі. Умова переходу струминного режиму до плівкового характеризується нерівністю:

$$\frac{G^2 v^{0,34} \omega^{1,2}}{\rho^{0,23} (2R)^{1,37} \sigma^{1,77}} > 0,197 \left(\frac{\pi}{30}\right)^{1,2}, \quad (10)$$

де σ – коефіцієнт поверхневого натягу рідини, Н/м; G – масова витрата рідини,

кг/с.

Для визначення максимального діаметра утворених основних крапель, виходячи з умови рівності діючої на крапельку відцентрової сили і сили поверхневого натягу σ , автори [1, 2] пропонують застосувати залежність:

$$d_k = \frac{c}{\omega} \sqrt{\frac{\sigma}{R\rho}}, \quad (11)$$

де d_k – діаметр крапель, м; c – константа (1,9 ÷ 4,6). Встановлено, що c мало залежить від профілю диспергатора.

Для другого конусу проводимо аналогічні розрахунки.

Експериментальні дослідження

Для перевірки фізичної та математичної моделей були проведені експериментальні дослідження. Одночасно експериментально визначалось масове розподілення рідини вздовж вісі обертання диспергатора.

Досліди проводились на конічних диспергаторах виготовлених з фторопласту з гідравлічно гладенькою, гідрофобною поверхнею. Кут при вершині конуса становив $2\beta = 50^\circ$, відношення висоти до діаметра конуса $h/D = 1$ (рис. 2). Лінійна швидкість крайки диспергатора $w_d = 8 \div 11$ м/с. В якості модельної рідини використовувалась робоча гетерогенна рідина при температурі 20°C , об'ємні витрати якої змінювались в межах $G = 0,5 \div 2,2 \cdot 10^{-6}$ м³/с.

Схема виміру масового розподілення рідини для двох типів диспергаторів із суцільною та перфорованою бічною поверхнею наведена на рис. 2. Візуальне спостереження за процесом розпилення двох конічних диспергаторів відбувалась при фіксації факелу за допомогою стробоскопа СШ-2.

При роботі диспергатора з фторопласту, з гідравлічно гладенькою, гідрофобною поверхнею спостерігається утворення виражених струменів, максимальний розмір крапель до 250 мкм.

Порівняння розподілення крапель за розмірами наведено на рис. 3 і показує розбіжність не перевищує 10%.

В діапазоні зміни параметрів не спостерігалось плівкового режиму диспергування, що суперечить умові (10).

Наведені дослідження підтверджують положення фізичної моделі і зумовлюють доцільність введення додаткового коефіцієнту у вираз (11), який би враховував характеристики поверхні диспергатора та її гідрофобність.

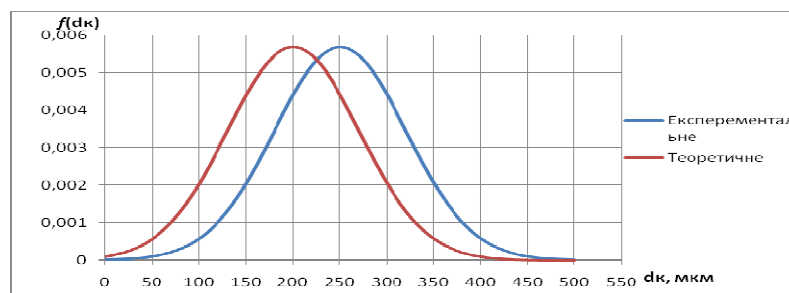
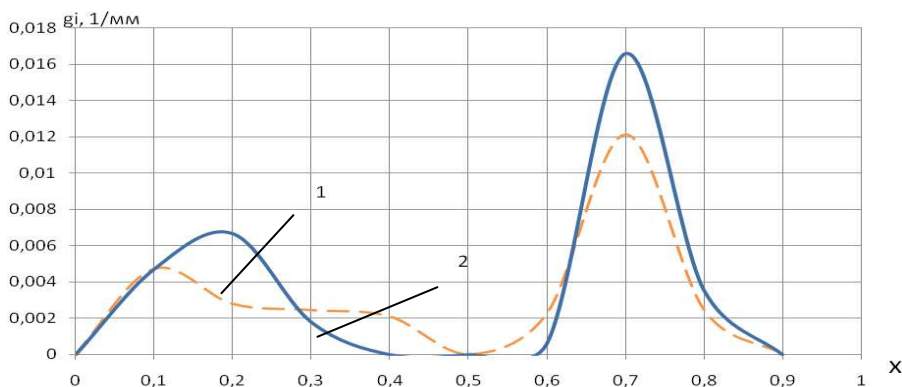


Рис. 3 – Розподілення крапель за розмірами

Щільність масового розподілу рідини по приведеній довжині диспергатора з фторопласту наведено на рис. 4.



$$G = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}; w_{\text{п}} = 9 \text{ м/с}$$

1 – суцільний диспергатор; 2 – перфорований диспергатор

Рис. 4 – Щільність розподілу маси рідини по довжині зони диспергування

У випадку перфорованої поверхні з коефіцієнтом живого перетину 2% діапазон розподілу збільшився майже в 2 рази до 0,8 приведеної довжини при одночасному зменшенні максимальних значень $g_i = 0,012 \text{ 1/мм}\cdot\text{с}$.

Висновки

Проведені експериментальні дослідження підтвердили положення фізичної та математичної моделей диспергування рідини конічним диспергатором. У випадку гідрофобних поверхонь диспергатора доцільно застосовувати їх з шорсткою перфорованою бічною поверхнею, що дозволить зменшити питоме навантаження на периметр диспергатора при одночасному збільшенні зони зрошення. Остаточну перевірку результатів досліджень доцільно провести в умовах реального експерименту одержання азото-кальцієво-гумінових багатошарових композитів на діючій пілотній установці.

Список літератури: 1. Пажі Д. Г. Галустов В. С. Основы техники распыления жидкостей. – Москва: Химия, 1984. – 256 с. 2. Соколов В. Н., Яблокова М. А. Аппаратура микробиологической промышленности. – Ленинград: Машиностроение, 1988. – 278 с. 3. Ликов М. В., Леончик Б. И. Распылительные сушилки. – Москва: Машиностроение, 1966. – 334 с. 4. Дитякин Ю. Ф. Распыление жидкостей. – Москва: Машиностроение, 1977, 208 с.

Поступила в редколлегию 13.03.2011

УДК 539.3:004.942

В. Т. СМЕТАНИН докт. сельхоз. наук, проф., зав. кафедрой
Днепропетровский государственный аграрный университет

ЦЕЛЕВОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ВНУТРИПОПУЛЯЦИОННЫХ СТРУКТУР В КУЛЬТУРНЫХ СТАДАХ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ

Представлены результаты формирования линии свиней с помощью иммуногенетических маркеров для сохранения разнообразия аллелофонда популяции.