

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

А. Г. МИРЗАХАНИЯН, Р. Е. АКОПЯН

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА
ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ
ПОЛИДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В ранее опубликованных работах [1, 2] описан способ тонкого разделения полидисперсных материалов на любые узкие фракции. Такое разделение может найти широкое применение в обогащительных, стекольных и других производствах. Классификация проводится в пертикальном аппарате переменного сечения, где полидисперсный материал псевдооживается потоком воды. Профиль аппарата рассчитывается из условия постоянства объемной концентрации частиц и их полной сепарации по высоте псевдооживленного слоя [1, 2].

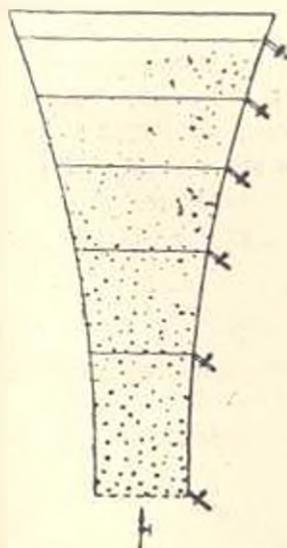


Рис. Схема опытного гидравлического классификатора.

Для установления зависимости степени сепарации от концентрации частиц и их размеров по описанному способу был рассчитан, изготовлен и испытан гидравлический классификатор кварцевого песка с размерами частиц $\delta = 0,1 - 0,4$ м.м. Высота рабочей части классификатора равна 74,9 см, диаметры нижней и верхней частей — 3 см и 9,48 см (рис.). В классификаторе разделялись кварцевые пески в рассчитанных количествах различных фракций так, чтобы получить различные объемные концентрации частиц, постоянные по всей высоте псевдооживленного слоя.

Осуществлено разделение песка при следующих значениях концентрации: $\phi = 0,1; 0,15; 0,25; 0,3$ и $0,4$ объемные доли.

На боковой поверхности классификатора, в сечениях, соответствующих крайним значениям ситовых фракций (0,4, 0,315, 0,25, 0,2 и 0,16 мм) имеются штуцера для отбора частиц на анализ. Фракция отбиралась последовательно, начиная сверху, при постоянном расходе воды. Ситовой анализ каждой снятой фракции показывает ее состав. Результаты ана-

лиза, показывающие степень сепарации в массовых долях, приведены в таблице.

Таблица

№	φ	d_c , м.м	Y_1	Y_{12}	№	φ	d_c , м.м	Y_1	Y_{12}
1	0,1	0,13	0,853	0,845	16	0,3	0,13	0,941	0,935
2		0,18	0,856	0,852	17		0,18	0,949	0,942
3		0,225	0,859	0,859	18		0,225	0,954	0,949
4		0,2825	0,875	0,867	19		0,2825	0,961	0,957
5		0,3575	0,89	0,878	20		0,3585	0,971	0,968
6	0,15	0,13	0,884	0,9	21	0,4	0,13	0,85	0,852
7		0,18	0,892	0,907	22		0,18	0,86	0,859
8		0,225	0,907	0,913	23		0,225	0,868	0,866
9		0,2825	0,914	0,922	24		0,2825	0,87	0,874
10		0,3575	0,92	0,932	25		0,3575	0,873	0,885
11	0,25	0,13	0,943	0,944					
12		0,18	0,957	0,952					
13		0,225	0,961	0,958					
14		0,2825	0,972	0,967					
15		0,3575	0,973	0,978					

Цель настоящей работы — получить математическую модель процесса сепарации твердых частиц кварцевого песка при их жидкофлюидном псевдооживлении, т. е. путем обработки экспериментальных данных найти зависимость степени сепарации Y от концентрации частиц в слое φ и их средних размеров d_c .

Экспериментальные данные показывают, что при данном постоянном значении концентрации φ степень сепарации Y возрастает с увеличением диаметра частиц d_c , а при заданном значении диаметра d_c степень сепарации Y имеет максимальное значение в зависимости от концентрации φ . Исходя из этого, зависимость степени сепарации Y от концентрации φ и диаметра частиц d_c представляем в виде уравнения регрессии типа

$$Y = b_0 + b_1\varphi + b_2d_c + b_{11}\varphi^2 \quad (1)$$

где b_0, b_1, b_2, b_{11} — коэффициенты регрессии, определяемые методом наименьших квадратов.

По приведенным в [3] методам составляются нормальные уравнения:

$$\begin{aligned} b_0N + b_1\sum\varphi + b_2\sum d_c + b_{11}\sum\varphi^2 &= \sum Y; \\ b_0\sum\varphi + b_1\sum\varphi^2 + b_2\sum\varphi d_c + b_{11}\sum\varphi^3 &= \sum Y\varphi; \\ b_0\sum d_c + b_1\sum\varphi d_c + b_2\sum d_c^2 + b_{11}\sum\varphi^2 d_c &= \sum Yd_c; \\ b_0\sum\varphi^2 + b_1\sum\varphi^3 + b_2\sum\varphi^2 d_c + b_{11}\sum\varphi^4 &= \sum Y\varphi^2. \end{aligned} \quad (2)$$

Входящие в систему (2) величины, вычисляемые по данным таблицы, равны: $N = 25$ (число опытов); $\sum\varphi = 6$; $\sum d_c = 5,87$; $\sum Y = 22,762$; $\sum\varphi^2 = 1,725$; $\sum\varphi d_c = 1,41$; $\sum\varphi^3 = 0,555$; $\sum Y\varphi = 8,116$; $\sum d_c^2 = 1,538$; $\sum\varphi^2 d_c = 0,4054$; $\sum Yd_c = 5,372$; $\sum\varphi^4 = 0,1911$; $\sum Y\varphi^2 =$

= 1,567. Подставляя эти величины в систему уравнений (2) и решая последнюю, получаем значения коэффициентов регрессии и, следовательно, вид уравнения (1):

$$Y = 0,6532 + 2,1594\varphi + 0,1441d_c - 4,2735\tau^2. \quad (3)$$

Адекватность полученного уравнения регрессии проверяется по критерию Фишера

$$F = S_y^2/S_{\text{ад}}^2, \quad (4)$$

где S_y^2 — относительная средняя дисперсия; $S_{\text{ад}}^2$ — дисперсия адекватности. Дисперсии S_y^2 и $S_{\text{ад}}^2$ определяются по формулам:

$$S_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (Y_j - \bar{Y})^2; \quad (5)$$

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (Y_j - Y_{j,l})^2. \quad (6)$$

В этих формулах Y_j — результат опыта j ($j = 1, 2, \dots, N$); l — число коэффициентов регрессии ($l = 4$); $Y_{j,l}$ — расчетные по уравнению регрессии значения функции в опыте j (приведены в таблице); \bar{Y} — среднее арифметическое от всех опытов Y_j :

$$\bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N Y_j. \quad (7)$$

Для рассматриваемого случая гидросепарации, рассчитанные по формулам (7), (5) и (6) величины равны: $\bar{Y} = 0,91048$; $S_y^2 = 0,001897$; $S_{\text{ад}}^2 = 0,0000661$; $F = 28,69$.

Табличное значение критерия Фишера F_1 при уровне значимости $P = 0,05$ и числах степени свободы $f_1 = N - 1 = 24$, $f_2 = N - l = 21$ равно $F_1 = 2,07$ [3]. Так как $F > F_1$, уравнение регрессии адекватно описывает рассмотренный процесс гидросепарации.

Приравняв нулю частную производную Y по φ , можем найти то значение φ , при котором функция Y приобретает оптимальное (максимальное) значение

$$\frac{\partial Y}{\partial \varphi} = 2,1594 - 2 \cdot 4,2735\varphi = 0, \quad (6)$$

откуда $\varphi_{\text{опт}} = 0,25$.

ЕрПИ им. К. Маркса

5. VIII. 1984

ЛИТЕРАТУРА

1. Аюбян Р. Е., Мирзаханян А. Г., Мирзаханян Р. М. Псевдооживление твердых частиц жидкостью. — В кн.: Межвуз сб науч. тр. хим. технология, Ереван, 1977, сер. 19, вып. III, с. 114—116.
2. Мирзаханян А. Г. Гидравлический классификатор для разделения полидисперсных материалов. — Инф. лист. АрмНИИТИ, 1980, № 62—80.
3. Бондирь А. Г. Математическое моделирование в химической технологии. — Киев: Вища школа, 1973. — 279 с.