

УДК 622.75/76

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Ю. П. ГУПАЛО, В. Г. ЗЕРНИЦКИЙ, А. З. ЮРОВСКИЙ
**РАСЧЕТ ЧИСЛА ДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ОБОГАТИТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 22 XI 1971)

Число делительных элементов обогатительного аппарата определяется характеристикой обогатимости исходного материала и требованиями, предъявляемыми к продуктам обогащения. Экспериментально установлено ⁽¹⁾, что при обогащении труднообогащаемого сырья продукты обогащения высокого качества можно получить только при введении в схему обогащения большого количества перечистных операций. Схема работы аппарата или группы аппаратов с перечисткой продуктов обогащения аналогична схеме работы ректификационных колонн, широко применяемых в химической технологии ⁽²⁾.

Рассмотрим обогатительный аппарат с перечистками продуктов разделения (например, шнековый сепаратор ⁽³⁾, см. рис. 1). В средний эле-

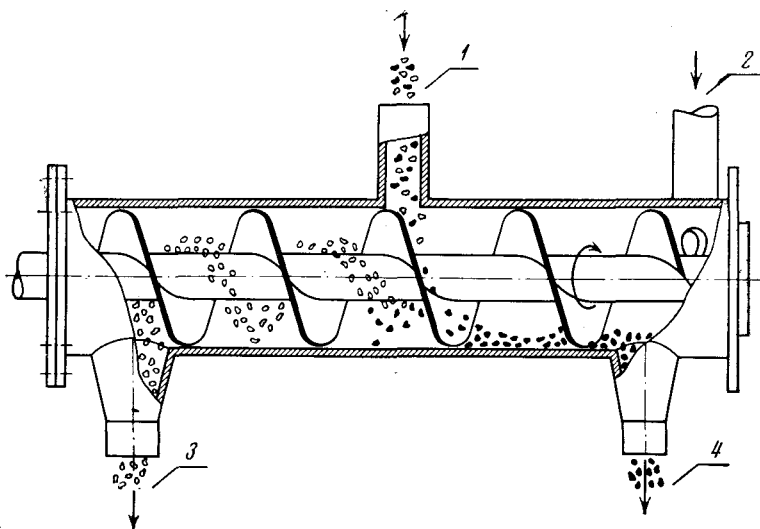


Рис. 1. Схема шнекового сепаратора: 1 — питание, 2 — подача воды, 3 — легкая фракция, 4 — тяжелая фракция

мент аппарата поступает исходный материал, разделяемый на две фракции, n элементов слева и столько же элементов справа служат для перечисток каждой из фракций, т. е. всего в аппарате $2n + 1$ элементов. Пусть коэффициент разделения для каждого элемента постоянен и равен f ; другими словами, $100f\%$ материала данной фракции в любом элементе переходит в следующий элемент в сторону выгрузки данной фракции, а $100(1 - f)\%$ — в противоположную сторону, на перечистку. Таким образом, величина f характеризует точность разделения для одного элемента. В каждом конкретном случае она определяется показателями обогатимости исходного материала и особенностями данного обогатительного процесса.

При установившейся скорости подачи исходного материала в аппарате устанавливается постоянное количество материала данной фракции, разное в каждом элементе. Обозначим через Q_0 установившееся количество материала данной фракции, проходящее за единицу времени через средний элемент, отнесенное ко всему поступающему количеству материала данной фракции. Аналогично, через Q_i обозначим соответствующие количества для элементов слева, $i = -1, -2, \dots, -n$, и справа, $i = 1, 2, \dots, n$. Тогда, составив уравнения баланса вещества в каждом элементе, получим линейную систему $(2n + 1)$ -го порядка

[illegible]

Коэффициент извлечения данной фракции после прохождения всех перечисток, очевидно, равен

$$\gamma_{2n+1} = fQ_{-n} = 1 - (1-f)Q_n. \quad (2)$$

Таким образом, необходимо найти Q_n , решив систему (1).

На основании формул Крамера из (1) получим

$$Q_n = D'_{2n+1,n}/D_{2n+1}, \quad (3)$$

где D_{2n+1} — определитель системы (1), а $D'_{2n+1,n}$ получается из D_{2n+1} заменой последнего столбца на столбец свободных членов.

Разлагая определитель $D'_{2n+1,n}$ по элементам нечетных строк и столбцов, можно показать, что

$$D'_{2n+1,n} = (-1)^{n+1} (1-f)^n D_n, \quad (4)$$

т. е. свести задачу вычисления $D'_{2n+1,n}$ к вычислению определителя более низкого порядка.

Из формул (2) — (4) получим окончательно

$$\gamma_{2n+1} = 1 - (-1)^{n+1}(1-f)^{n+1}D_n/D_{2n+1}. \quad (5)$$

Для определения γ_{2n+1} теперь остается вычислить D_n и D_{2n+1} . Эти вычисления намного упрощаются, если заметить, что величины $D_1, D_3, \dots$

Таблица 1

m	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
1	-1							
2	1	-1						
3	-1	2						
4	1	-3	1					
5	-1	4	-3					
6	1	-5	6	-1				
7	-1	6	-10	4				
8	1	-7	15	-10	1			
9	-1	8	-21	20	-5			
10	1	-9	28	-35	15	-1		
11	-1	10	-36	56	-35	6		
12	1	-11	45	-84	70	-21	1	
13	-1	12	-56	120	-126	56	-7	
14	1	-13	67	-165	210	-126	28	-1
15	-1	14	-79	221	-330	252	-84	8

Таблица 2

Извлечение фракции в процентах к исходному ее количеству при разном числе делительных элементов в аппарате

f	$2n + 1$							
	1	3	5	7	9	11	13	15
0,9	90	98,8	99,9					
0,8	80	94,1	98,5	99,6	99,9			
0,7	70	84,5	92,7	96,7	98,6	99,4	99,7	99,9
0,6	60	69,2	77,1	83,5	88,4	92,1	94,7	96,3

Примечание. Незаполненным клеткам таблицы соответствуют значения коэффициента извлечения, превышающие 99,95%. При коэффициенте разделения, равном 0,5, как и следовало ожидать, коэффициент извлечения составляет 50% при любом числе делительных элементов.

..., D_m , ... образуют возвратную последовательность с рекуррентной формулой

$$D_{m+1} = -D_m - f(1-f)D_{m-1}, \quad D_0 = 1, \quad D_1 = -1. \quad (6)$$

При помощи формулы (6) нетрудно найти D_m при любом значении m . Оказывается, что D_m имеет вид суммы

$$D_m = \sum_{k=0}^{\{m/2\}} a_k f^k (1-f)^k, \quad (7)$$

где $\{m/2\} = m/2$, если m — четное число, и $\{m/2\} = (m-1)/2$, если m — нечетное. Приводим табл. 1 значений a_k , полученных на основании формул (6) и (7) для первых пятнадцати значений m .

При помощи табл. 1 и формул (5) и (7) нетрудно рассчитать γ_{2n+1} при любых значениях f . Результаты расчета представлены в табл. 2.

Примером машины, в которой осуществлен указанный принцип, служит шнековый сепаратор (рис. 1) ⁽³⁾. Разделение материала в нем происходит в результате действия выталкивающей силы, возникающей в жидкости при ее движении по спиральному каналу при несовпадении векторов скоростей разделяемых частиц и жидкости в криволинейном потоке. Каждый из витков спирального канала шнекового сепаратора представляет собой своеобразный делительный элемент. Легкие фракции движутся в направлении вала шнека и перемещаются с потоком жидкости в сторону выгрузки концентрата. Тяжелые фракции остаются на стенках сепаратора и транспортируются шнеком в сторону выгрузки породы. Таким образом, перераспределение продуктов обогащения достигается в результате наличия системы делительных элементов, число которых определяется числом витков шнека.

Работа шнековых сепараторов, впервые установленных на обогатительной фабрике Соколовская № 1 ⁽⁴⁾ вместо реожелобов, привела к снижению засорения концентрата породой на 2,4% и потери чистого концентрата в 9 раз. Эти результаты соответствуют увеличению числа перечисток в шнековых сепараторах по сравнению с реожелобами и хорошо согласуются с расчетными данными, приведенными в табл. 2.

Институт проблем механики
Академии наук СССР
Институт горючих ископаемых
Москва

Поступило
9 XI 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Д. С. Емельянов, Теория и практика флотации угля, 1954. ² А. Г. Касаткин, Основные процессы и аппараты химической технологии, М., 1961.
³ Ю. П. Гупало, В. Г. Зерницкий и др., ДАН, 180, № 6 (1968). ⁴ А. З. Юровский, Ю. П. Гупало и др., Уголь, № 5 (1969).