

гатительных аппаратов, а также для расчета теоретически возможных технологических показателей.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шохин В. Н., Лопатин А. Г. Гравитационные методы обогащения: Учебник для вузов.— М.: Недра, 1993.— 350 с.
2. Фоменко Т. Г. Гравитационные процессы обогащения полезных ископаемых: Учеб. пособие для вузов.— М.: Недра, 1966.— 332 с.
3. Кизевальтер Б. В. Теоретические основы гравитационных процессов обогащения.— М.: Недра, 1979.— 295 с.
4. Справочник по обогащению руд. Т. 1. Подготовительные процессы/Под ред. О. С. Богданова.— М.: Недра, 1972.
5. Меринов Н. Ф. Расчет конечных скоростей свободного падения твердых частиц/Изв. вузов. Горный журнал.— 1993.— № 8.— С. 130—133.
6. Меринов Н. Ф. Закономерности падения минеральных частиц в среде разделения и методика расчета шкалы гидравлической классификации/Изв. вузов. Горный журнал.— 1994.— № 4.— С. 121—124.
7. Лященко П. В. Гравитационные методы обогащения.— М.: Изд-во нефтяной и горно-топливной литературы, 1940.— 359 с.
8. Меринов Н. Ф. Теория падения минеральных частиц в средах разделения и методы расчета: Учеб. пособие.— Екатеринбург, УГГА, 1994.— 67 с.
9. Меринов Н. Ф. Методика расчета шкалы гидравлической классификации минеральных частиц неправильной формы/Изв. вузов. Горный журнал.— 1996.— № 12.— С. 149—152.

## СВОБОДНОЕ ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦ В ГРАВИТАЦИОННЫХ СРЕДАХ

Доцент МОРОЗОВ Ю. П.

Движение частиц в гравитационных средах происходит под действием гравитационной силы и сил сопротивления среды [1, 2]. Для частицы шарообразной формы диаметром  $d$  гравитационная сила  $G_0 = (\pi/6)d^3(\rho - \Delta)g$ ; сила вязкостного сопротивления среды  $P_v = 3\pi\mu v d$ ; сила динамического сопротивления среды  $P_d = (\pi/16)v^2 d^2 \Delta$ , где  $v$  — скорость движения частицы, м/с;  $g$  — ускорение свободного падения, равное  $9,81 \text{ м/с}^2$ ;  $\mu$  — динамический коэффициент вязкости,  $\text{Н} \cdot \text{с/м}^2$ ;  $\rho$ ,  $\Delta$  — соответственно плотность частицы и среды,  $\text{кг/м}^3$ .

Таблица 1

Расчеты  $v_0$  пластинок самородного золота по формуле (1)

Характеристика золотин [1]				Расчетные величины				
масса, мг	размеры, мм			экспериментальные значения $v_0$ , м/с	объем частицы, мм <sup>3</sup>	$S_0$ , м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>	$v_0$ по (1), м/с	относительное отклонение $v_0$ , доли ед.
	длина	ширина	высота					
0,36	0,90	0,60	0,12	0,113	0,0648	5555,6	0,113	0,02
2,10	2,10	1,08	0,18	1,165	0,4082	5144,0	0,1676	0,02
3,70	1,62	1,26	0,30	0,248	0,6136	6042,2	0,2533	0,02
7,53	2,16	1,38	0,30	0,340	0,8942	8420,6	0,3246	0,05
10,57	1,80	1,56	0,54	0,386	1,5163	6096,9	0,3684	0,05

$S_0$  — удельная поверхность на единицу объема.

При установившемся движении, когда  $v = v_0$ :  $P_d + P_v - G_0 = 0$  или  $v_0(\pi/16)d\Delta + v_0 \cdot 3\pi\mu - (\pi/6)d^3(\rho - \Delta)g = 0$ . Решая полученное уравнение относительно  $v_0$ , получим

$$v_0 = (24/d\Delta) \left\{ \mu^2 + [d^3\Delta(\rho - \Delta)g]/216 \right\}^{1/2} - \mu. \quad (1)$$

Расчеты  $v_0$  шарообразных частиц по формуле (1) показали возможность определения конечных скоростей свободного движения в широком диапазоне крупности.

Также выполнены расчеты  $v_0$  для частиц пластинчатой формы, характеристика и экспериментальные значения  $v_0$  которых приведены в [1]. Результаты расчетов представлены в табл. 1, из которой следует, что относительное отклонение расчетных значений  $v_0$  от экспериментальных составляет 2—5 %. Предложенная формула позволяет с достаточно высокой точностью рассчитывать конечные скорости свободного движения частиц пластинчатой формы в широком диапазоне крупности.

Основной характеристикой возможностей гравитационного обогащения является коэффициент равнопадаемости  $e$ , который определяется отношением диаметра частиц легкого минерала  $d_1$  к диаметру частиц тяжелого минерала  $d_2$ , имеющих одинаковую конечную скорость движения  $v_0$  [3]:  $e = d_1/d_2$ .

Таблица 2

Расчеты коэффициентов равнопадаемости  $e$  частиц галенита и золота по отношению к частицам кварца

Диаметр равнопадаемых частиц, мм			$v_0$ , м/с	Коэффициенты равнопадаемости для	
кварца	галенита	золота		галенита	золота
10,00	2,61	1,12	0,664	3,83	8,91
5,00	1,35	0,61	0,467	3,71	8,22
1,00	0,35	0,20	0,188	2,85	5,12
0,50	0,21	0,13	0,109	2,38	3,95
0,10	0,05	0,03	0,009	1,99	3,09
0,05	0,025	0,016	0,002	1,98	3,07

Выполнены расчеты коэффициентов равнопадаемости частиц галенита ( $\rho_{Ga} = 7650 \text{ кг/м}^3$ ) и частиц золота ( $\rho_{Au} = 17\,000 \text{ кг/м}^3$ ) по отношению к частицам кварца ( $\rho_{SiO_2} = 2650 \text{ кг/м}^3$ ) при крупности от 10,0 до 0,05 мм. Результаты расчетов приведены в табл. 2. Данные свидетельствуют, что значение коэффициентов равнопадаемости с уменьшением крупности снижается.

Таблица 3

Расчеты  $v_{0\text{об}}$  и коэффициентов равнопадаемости  $e$  для частиц галенита и золота по отношению к частицам кварца

Диаметр равнопадаемых частиц, мм			$v_{0\text{об}}$ , м/с	Коэффициенты равнопадаемости для	
кварца	галенита	золота		галенита	золота
$g_{\text{об}} = 100 \text{ м/с}^2$					
10,00	2,57	1,08	2,127	3,89	9,24
5,00	1,30	0,56	1,501	3,84	8,96
1,00	0,30	0,15	0,650	3,36	6,75
0,50	0,17	0,09	0,431	2,90	5,28
0,10	0,05	0,03	0,081	2,06	3,23
0,05	0,025	0,016	0,023	1,99	3,09

Диаметр равнопадаемых частиц, мм			$v_{0цб}$ , м/с	Коэффициенты равнопадаемости для	
кварца	галенита	золота		галенита	золота
$g_{цб} = 500 \text{ м/с}^2$					
10,00	2,56	1,07	4,759	3,90	9,33
5,00	1,29	0,54	3,362	3,88	9,20
1,00	0,28	0,13	1,482	3,62	7,76
0,50	0,15	0,08	1,018	3,27	6,42
0,10	0,04	0,03	0,293	2,22	3,60
0,05	0,025	0,016	0,106	2,03	3,18
$g_{цб} = 1000 \text{ м/с}^2$					
10,00	2,56	1,07	6,731	3,90	9,36
5,00	1,29	0,54	4,756	3,89	9,26
1,00	0,27	0,12	2,105	3,69	8,12
0,50	0,15	0,07	1,458	3,41	6,90
0,10	0,04	0,026	0,475	2,34	3,86
0,05	0,024	0,015	0,196	2,07	3,27
$g_{цб} = 5000 \text{ м/с}^2$					
10,00	2,56	1,07	15,053	3,91	9,39
5,00	1,28	0,54	10,641	3,90	9,34
1,00	0,26	0,11	4,737	3,80	8,73
0,50	0,14	0,06	3,319	3,64	7,88
0,10	0,04	0,021	1,285	2,68	4,69
0,05	0,022	0,014	0,688	2,26	3,68

Процессы гравитационного разделения частиц в гидроциклонах и центробежных концентраторах связаны с центробежными ускорениями, которые во много раз больше ускорения свободного падения  $g$ . Скорость движения частиц в центробежных полях можно определить по формуле (1), где вместо  $g$  необходимо подставить ускорение, создаваемое центробежным полем  $g_{цб}$ :  $v_{0цб} = (24/d\Delta) \{ [\mu^2 + d^3\Delta(\rho - \Delta)g_{цб}/216]^{1/2} - \mu \}$ , где  $v_{0цб}$  — скорость свободного движения частиц в центробежном поле, м/с.

Выполнены расчеты конечных скоростей свободного движения частиц кварца ( $\rho = 2650 \text{ кг/м}^3$ ), галенита ( $\rho = 7650 \text{ кг/м}^3$ ) и золота ( $\rho = 17000 \text{ кг/м}^3$ ) в центробежных полях. Ускорение  $g_{цб}$  изменялось от  $100 \text{ м/с}^2$  до  $5000 \text{ м/с}^2$ . Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Сравнение данных табл. 2 и табл. 3 показывает, что центробежные поля повышают коэффициенты равнопадаемости и, следовательно, обеспечивают более эффективное гравитационное разделение частиц.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фоменко Т. Г. Гравитационные процессы обогащения полезных ископаемых: Учеб. пособие для вузов. — М.: Недра, 1966. — 332 с.
2. Меринков Н. Ф. Теория падения минеральных частиц в средах разделения и методы расчета: Учеб. пособие. — Екатеринбург: Изд-во УГГА, 1994. — 68 с.
3. Шохин В. Н., Лопатин А. Г. Гравитационные методы обогащения: Учебник для вузов/2-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1993. — 350 с.