

**А.П. ГОРБАЧЕВА**

(Украина, Днепропетровск, Государственное ВУЗ "Национальный горный университет")

**ВЛИЯНИЕ ВЯЗКОСТИ МАГNETИТОВОЙ СУСПЕНЗИИ  
НА СРЕДНЕЕ ВЕРОЯТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ ПЛОТНОСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ**

Мерой точности разделения при описании сепарационных характеристик гравитационных методов обогащения интегралом вероятности Гаусса является среднее вероятное отклонение плотности разделения  $E_{pm}$  [1]. Среднее вероятное отклонение является функцией крупности частиц и плотности разделения, поскольку она примерно равна плотности суспензии и с ее возрастанием увеличивается вязкость суспензии, что приводит к увеличению  $E_{pm}$  [2].

При обогащении угля методом тяжелосредней сепарации большое значение придают плотности разделения. От данного параметра зависит эффективность применения данного процесса, полученные в результате количественные и качественные показатели продуктов обогащения. Определять плотность разделения, которая будет обеспечивать наиболее рациональные условия проведения сепарации в тяжелой среде, необходимо с учетом повышения вязкости, которая влияет на текучесть суспензии и на ее регенерацию.

Для определения среднего вероятного отклонения плотности разделения  $E_{pm}$  была использована следующая формула (1) [2]:

$$E_{pm} = \frac{\delta_p + 1300}{13\sqrt{x}}, \quad (1)$$

где  $\delta_p$  – плотность разделения, кг/м<sup>3</sup>;  $x$  – крупность обогащаемого материала, мм.

Для того, чтобы воспользоваться данной формулой, необходимо знать значение плотности разделения  $\delta_p$ . Значение именно этого показателя имеет наибольшее влияние на определение  $E_{pm}$ .

Из формулы (2) [2] определили значение плотности разделения  $\delta_p$ :

$$\delta_p = \Delta + (\delta - \Delta) c_v, \quad (2)$$

где  $\Delta$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $\delta$  – плотность твердой фазы (магнетита), кг/м<sup>3</sup>;  $c_v$  – концентрация твердой фазы в суспензии, доли единицы.

При расчете плотности разделения  $\delta_p$ , плотность воды  $\Delta$  составляет 1000 кг/м<sup>3</sup>, плотность магнетита  $\delta$  – 4500 кг/м<sup>3</sup>. Основным параметром, который определяет в данном расчете изменения плотности разделения  $\delta_p$  является концентрация твердой фазы  $c_v$ .

Для определения значения концентрации твердой фазы  $c_v$  была применена

формула (3) [2], которая определяет зависимость между показателем концентрации твердой фазы и вязкостью суспензии.

$$\mu_c = \frac{\mu_e}{1 - 3 \sqrt{c_v(1 + \lambda s) / k_y}}, \quad (3)$$

где  $\mu_c$  – коэффициент динамической вязкости магнетитовой суспензии, Па·с;  $c_v$  – объемная концентрация твердой фазы, %;  $\lambda$  – толщина пограничного слоя, м;  $s$  – удельная поверхность, м<sup>-1</sup>;  $k_y$  – коэффициент формы частицы.

Так как основной задачей в данной статье является исследование изменений среднего вероятного отклонения плотности разделения  $E_{pm}$  от значения вязкости, из выше приведенных формул был выведен расчет  $E_{pm}$ , который учитывает все выше приведенные параметры:

$$E_{pm} = \frac{\Delta + (\delta - \Delta)(1 - \varphi)^3 \frac{k_y}{(1 + \lambda s)} + 1300}{13\sqrt{x}}, \quad (4)$$

где  $\varphi = \frac{\mu_e}{\mu_c}$ .

Для того, чтобы определить как изменяется среднее вероятное отклонение плотности разделения  $E_{pm}$  с различной вязкостью суспензии, расчет проводился при нескольких значениях крупности обогащаемого материала  $x$  (13, 10, 8, 6, 2).

Данные расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1

Данные расчета среднего вероятного отклонения плотности разделения  $E_{pm}$

Крупность обогащаемого материала, мм			$x=13$	$x=10$	$x=8$	$x=6$	$x=2$	
$\mu_c$ , Па·с	$c_v$ , дол ед.	$\Delta c$ , кг/м <sup>3</sup>	$\varphi$	$E_{pm}$	$E_{pm}$	$E_{pm}$	$E_{pm}$	$E_{pm}$
0,00152	0,03	1087,58	0,65	50,94	58,07	64,93	74,97	129,86
0,00177	0,05	1180,09	0,56	52,91	60,32	67,44	77,88418	134,89
0,002	0,08	1273,43	0,5	54,90	62,59	69,98	80,81	139,97
0,0022	0,10	1354,99	0,45	56,64	64,58	72,20	83,37	144,41
0,00244	0,13	1449,64	0,40	58,66	66,88	74,78	86,34	149,56
0,00265	0,15	1528,034	0,37	60,34	68,79	76,91	88,81	153,82
0,00293	0,18	1625,19	0,34	62,41	71,15	79,55	91,86	159,10
0,00323	0,21	1719,87	0,30	64,43	73,45	82,12	94,83	164,25
0,00351	0,23	1799,92	0,28	66,14	75,40	84,30	97,34	168,61
0,00387	0,25	1892,19	0,25	68,10	77,65	86,81	100,24	173,63
0,00428	0,28	1984,55	0,23	70,07	79,89	89,328	103,14	178,66
0,00472	0,31	2070,90	0,21	71,92	81,99	91,67	105,85	183,35
0,0053	0,33	2168,22	0,18	73,99	84,36	94,32	108,911	188,64
0,00593	0,36	2256,96	0,16	75,89	86,52	96,73	111,70	193,47
0,00665	0,38	2341,61	0,15	77,69	88,58	99,038	114,36	198,07
0,00759	0,41	2431,78	0,13	79,62	90,77	101,49	117,19	202,98
0,0088	0,44	2523,24	0,11	81,57	93,00	103,97	120,06	207,95
0,0104	0,46	2615,21	0,096	83,53	95,23	106,47	122,95	212,95

## Гравітаційна сепарація

По данным таблицы были построены графики зависимости между вязкостью магнетитовой суспензии и средним вероятным отклонением плотности разделения  $E_{pm}$ , которые изображены на рисунке.

При изучении влияния среднего вероятного отклонения плотности разделения  $E_{pm}$  на вязкость магнетитовой суспензии были проведены исследования как влияет наличие шлама на  $E_{pm}$ .

Данные о влиянии шлама на исследуемый показатель приведены в табл. 2.

Таблица 2

Крупность обогащаемого материала, мм				$x=13$	$x=10$	$x=8$	$x=6$	$x=2$
$\mu_c$ , Па·с	$c_v$ , дол ед.	$\Delta c$ , кг/м <sup>3</sup>	$\varphi$	$E_{pm}$	$E_{pm}$	$E_{pm}$	$E_{pm}$	$E_{pm}$
0,00284	0,17	1595	0,35	90,91	157,47	78,73	90,91	157,47
0,00340	0,22	1770	0,29	96,41	166,99	83,49	96,41	166,99
0,00410	0,27	1945	0,24	101,91	176,50	88,25	101,91	176,50
0,00500	0,32	2120	0,20	107,40	186,02	93,01	107,40	186,02
0,00624	0,37	2295	0,16	112,90	195,54	97,77	112,90	195,54
0,00806	0,42	2470	0,12	118,39	205,06	102,53	118,39	205,06
0,01103	0,47	2645	0,09	123,89	214,58	107,29	123,89	214,58
0,01682	0,52	2820	0,06	129,38	224,10	112,05	129,38	224,10
0,03307	0,57	2995	0,03	134,88	233,62	116,81	134,88	233,62

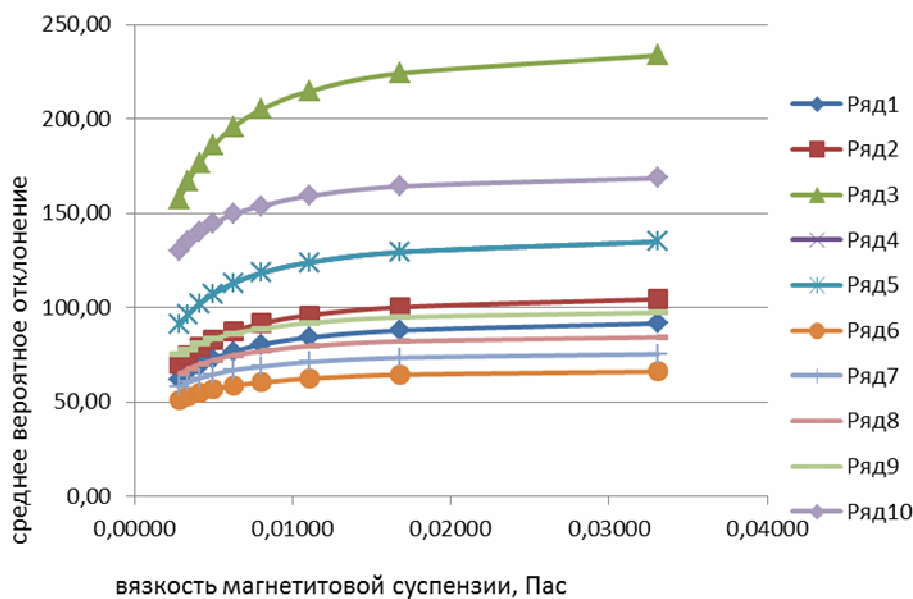


График зависимости среднего вероятного отклонения плотности разделения  $E_{pm}$  от вязкости магнетитовой суспензии без шлама и с его наличием

На рисунке:

ряд 1 – среднее вероятное отклонение плотности разделения  $E_{pm}$  при крупности обогащаемого материала  $x=13$  мм при наличии шлама.

ряд 2 – среднее вероятное отклонение плотности разделения  $E_{pm}$  при крупности обогащаемого материала  $x=10$  мм при наличии шлама.

ряд 3 – среднее вероятное отклонение плотности разделения  $E_{pm}$  при крупности обогащаемого материала  $x=2$  мм при наличии шлама.

ряд 4 – среднее вероятное отклонение плотности разделения  $E_{pm}$  при крупности обогащаемого материала  $x=2$  мм без шлама.

ряд 5 – среднее вероятное отклонение плотности разделения  $E_{pm}$  при крупности обогащаемого материала  $x=6$  мм при наличии шлама

ряд 6 – среднее вероятное отклонение плотности разделения  $E_{pm}$  при крупности обогащаемого материала  $x=13$  мм без шлама.

ряд 7 – среднее вероятное отклонение плотности разделения  $E_{pm}$  при крупности обогащаемого материала  $x=10$  мм без шлама.

ряд 8 – среднее вероятное отклонение плотности разделения  $E_{pm}$  при крупности обогащаемого материала  $x=8$  мм без шлама.

ряд 9 – среднее вероятное отклонение плотности разделения  $E_{pm}$  при крупности обогащаемого материала  $x=6$  мм без шлама.

ряд 10 – среднее вероятное отклонение плотности разделения  $E_{pm}$  при крупности обогащаемого материала  $x=8$  мм при наличии шлама.

Из рисунка следует, что при увеличении вязкости значение среднего вероятного отклонения плотности разделения  $E_{pm}$  увеличивается. Также, из графика видно, что крупность обогащаемого материала  $x$  имеет большое влияние на  $E_{pm}$ . При чем при крупности от 13 мм до 6 мм данные изменения незначительны, но при снижении показателя крупности до 2 мм, значение среднего вероятного отклонения плотности разделения  $E_{pm}$  стремительно увеличивается даже при малых значениях вязкости.

При добавлении шлама в суспензию среднее вероятное отклонение увеличивается, что можно видеть из рисунка. То есть, при наличии шлама в суспензии возникает повышенная необходимость контроля за плотностью и вязкостью суспензии, так как при возрастании данных параметров суспензия может потерять свойство текучести и привести к неэффективному проведению процесса тяжелосредного обогащения.

По данным исследования поведения среднего вероятного отклонения плотности разделения  $E_{pm}$ , можно прийти к выводу, что обогащение мелкого угля в тяжелых средах является трудоемким процессом, так как контролировать плотность разделения довольно непросто. Под действием гравитационных сил плотность разделения будет увеличиваться, что приведет к затруднению контроля процесса обогащения. Увеличение плотности разделения и наличие большого количества шлама приводит к увеличению вязкости, что также затрудняет процесс обогащения в тяжелых средах.

Выводы: в результате исследования поведения среднего вероятного отклонения плотности разделения от вязкости суспензии при различной крупности угля можно определить как будет вести себя суспензия в результате обогащения, какую вязкость и крупность подобрать для наиболее рационального проведения процесса обогащения и определить оптимальные условия.

### Список литературы

1. Пилов П.И., Святошенко В.А. Взаимосвязь сепарационных характеристик углеобогащения с гранулометрическим составом // Семинар 9. Доклад на симпозиуме "Неделя гор-

## **Гравітаційна сепарація**

---

няка-2001". – М.: МГГУ, 29 января-2 февраля 2001 г.

2. Пилов П.И. Гравитационная сепарация полезных ископаемых: Учебное пособие. – Днепропетровск: Национальный горный университет, 2010. – 127 с.

© Горбачева А.П., 2015

*Надійшла до редколегії 11.01.2015 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*