

Рис.3. Схема установки гидроциклона ЦАС-710
в технологической цепочке ЦОФ "Комендантская"

Предполагается разработка целого ряда гидроциклонов с сифонной разгрузкой слива диаметрами 100, 250, 360, 500 и 710 мм в износостойком исполнении.

Техническая характеристика гидроциклона ЦАС-320

Показатели	Величина
Внутренний диаметр, мм	320
Длина рабочей части гидроциклона, мм	600
Диаметр питающего отверстия d_3 , мм	80
Диаметр сливного стакана, мм	65
Длина сливного стакана, мм	160
Диаметр насадки сгущенного продукта, мм	25, 30, 35
Диаметр насадки сифонной трубы, мм	40, 45, 50
Длина сифона, мм	2000–4000
Производительность по питанию, м ³ /ч, в пределах	40–60
Крупность исходного продукта, мм	0–6
Габариты, мм, не более	
длина	950
ширина	540
высота	4500
Масса гидроциклона, кг, не более	200

© Хайдакин В.И., Чигринцев П.В., Зозуля О.А. Спиридонова Л.П., Томилин В.Б., 2005

*Надійшла до редколегії 28.04.2005 р.
Рекомендовано до публікації*

УДК 622.755

П.И. ПИЛОВ, д-р техн. наук,

Н.А. ШВЕЦ, Ю.С. ПЕНЯ

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет),

П.И. ВОРОБЬЕВ, С.А. АНТОНЕНКО

(Украина, Донецк, ДРФЦ)

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОЦИКЛОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ МАШИННЫХ КЛАССОВ МЕЛКОГО УГЛЯ И ШЛАМОВ К ОБОГАЩЕНИЮ

Одной из технологических проблем современного углеобогащения является эффективное разделение твердой фазы суспензий по граничной крупности 0,05...0,4 мм.

49

Збагачення корисних копалин, 2005. – Вип. 23(64)

Гравітаційна сепарація

В значительной мере эта проблема обостряется для каменных углей Западного Донбасса из-за высокого шламообразования.

Поэтому задачей настоящих исследований является определение эффективности гидравлической классификации угольной мелочи крупностью < 3 мм в гидроциклонах с целью получения машинных классов 0,315–3 мм для обогащения на винтовых сепараторах и 0,05–0,315 мм для обогащения флотацией.

Для этого использована лабораторная гидроциклонная установка, техническая характеристика которой приведена в табл. 1 и схема на рис.1.

Таблица 1

№	Параметр	Единица измерения	Значение
1	Диаметр цилиндрической части гидроциклона	мм	80
2	Диаметр питающего насадка (эквивалентный)	мм	21
3	Диаметр сливного насадка	мм	24
4	Диаметр пескового насадка	мм	13
5	Давление пульпы на входе в гидроциклон	кг/см ²	1,9
6	Массовая концентрация пульпы в исходном	г/л	200

Классификации подвергались пробы углей шахт им. Сташкова, "Павлоградская" и "Западно-Донбасская", "Сахарская". При этом отбирались пробы продуктов классификации и определялись их гранулометрические составы, измерялись объемы пульпы и массовая доля твердой фазы. Результаты этих определений приведены в табл. 2–5.

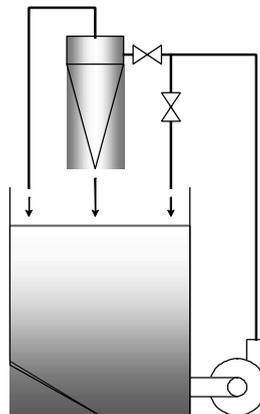


Рис. 1. Схема лабораторной гидроциклонной установки

Таблица 2

Результаты классификации в гидроциклоне класса –3 мм угля шахты "Сахарская"

Классы	Выход классов крупности	Извлечени
--------	-------------------------	-----------

Гравітаційна сепарація

крупности, мм				е
	Слив			в слив
+2,5	0,34	8	5,89	0,0159
-2,5+1,6	0,34	21,1	15,38	0,0061
-1,6+1,0	0,34	24,1	17,55	0,0053
-1,0+0,63	0,68	14,7	10,84	0,0173
-0,63+0,4	0,34	9,4	6,90	0,0136
-0,4+0,315	0,68	8	5,98	0,0313
-0,315+0,2	1,02	4,4	3,47	0,0811
-0,2+0,1	3,08	4,8	4,33	0,1962
-0,05+0,1	3,08	2,5	2,66	0,3192
-0,05	90,1	3	27,01	0,9195
Итого:	100	100	100	Извлечени е
Выход	27,5 6	72,44	100	91,95

Таблиця 3

Результаты классификации в гидроциклоне класса –3 мм угля шахты "Павлоградская"

Классы крупности, мм	Выход классов крупности			Извлечени е в слив
	Слив	Пески	Исходны й	
+2,5	0,28	7,6	5,32	0,0163
-2,5+1,6	0,28	20	13,87	0,0063
-1,6+1,0	0,56	21,2	14,78	0,0118
-1,0+0,63	0,56	13,2	9,27	0,0188
-0,63+0,4	0,56	8,4	5,96	0,0292
-0,4+0,315	0,56	6,3	4,52	0,0386
-0,315+0,2	0,85	6,2	4,54	0,0582
-0,2+0,1	2,82	6,2	5,15	0,1702
-0,05+0,1	3,38	4,1	3,88	0,2711
-0,05	90,1 5	6,8	32,71	0,8567
Итого:	100	100	100	Извлечени е
Выход	31,0 8	68,92	100	85,67

Таблиця 4

Результаты классификации в гидроциклоне класса –3 мм угля шахты "Западно-Донбасская"

Классы крупности, мм	Выход классов крупности			Извлечени е в слив
	Слив	Пески	Исходны й	
+2,5	0	5,6	4,07	0,0000
-2,5+1,6	0,38	18,9	13,85	0,0075
-1,6+1,0	0,38	23,9	17,49	0,0059
-1,0+0,63	0,38	15,4	11,31	0,0092

Гравітаційна сепарація

-0,63+0,4	0,38	9,6	7,09	0,0146
-0,4+0,315	0,76	7,6	5,74	0,0361
-0,315+0,2	1,13	6,6	5,11	0,0603
-0,2+0,1	3,39	4,8	4,42	0,2093
-0,05+0,1	3,77	2,4	2,77	0,3706
	89,4			
-0,05	3	5,2	28,16	0,8657
Итого:	100	100	100	Извлечени е
	27,2			
Выход	6	72,74	100	86,57

Таблиця 5

Результаты классификации в гидроциклоне класса –3 мм угля шахты им. Сташкова

Классы крупности, мм	Выход классов крупности			Извлечени е в слив
	Слив	Пески	Исходны й	
+2,5	0,27	5,7	3,86	0,0237
-2,5+1,6	0,27	17,6	11,72	0,0078
-1,6+1,0	0,56	23,1	15,46	0,0123
-1,0+0,63	0,56	14,5	9,77	0,0194
-0,63+0,4	0,56	8,9	6,07	0,0313
-0,4+0,315	0,56	8,2	5,61	0,0338
-0,315+0,2	1,12	6,3	4,54	0,0836
-0,2+0,1	2,8	5,7	4,72	0,2012
-0,05+0,1	3,9	4,3	4,16	0,3175
-0,05	89,4	5,7	34,08	0,8894
Итого:	100	100	100	Извлечени е
	33,9			
Выход	0	66,10	100	88,94

На рис. 2 представлены сепарационные характеристики для каждого из опытов, представляющие собой зависимость извлечений в слив (последние колонки табл. 2–6) от средней крупности соответствующих классов.

Анализ рис.2 приводит к выводу о близости этих сепарационных характеристик в связи с их независимостью от гранулометрического состава исходного продукта при одном и том же сочетании конструктивных и режимных параметров процесса классификации.

Обобщенная сепарационная характеристика процесса гидравлической классификации представлена на рис.3. Она представляет собой зависимость средних значений извлечений классов в слив от их средней крупности.

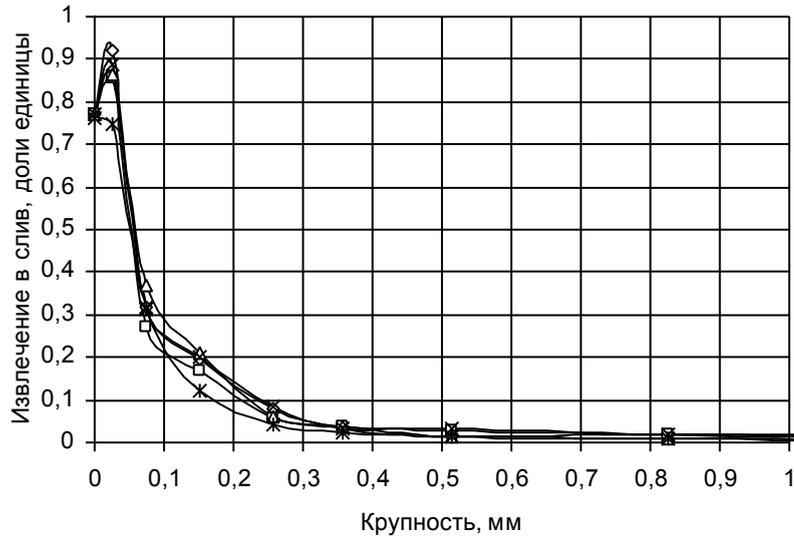


Рис. 2. Сепарационные характеристики процесса классификации в гидроциклоне

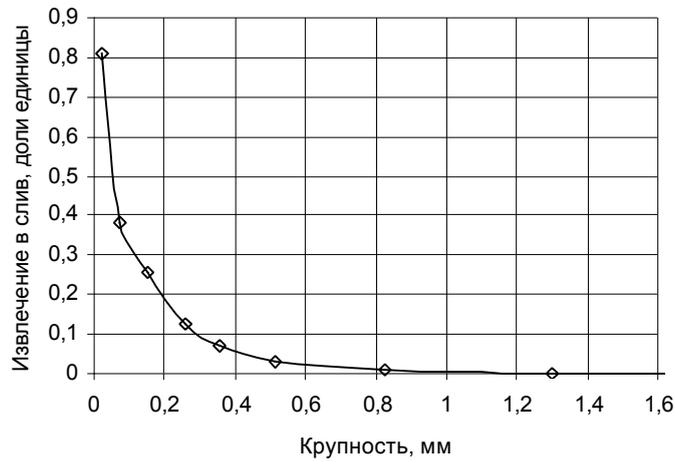


Рис. 3. Обобщенная сепарационная характеристика

Используя полученные данные, произведена аппроксимация сепарационной характеристики гидравлической классификации с помощью интеграла вероятности Гаусса (рис.4).

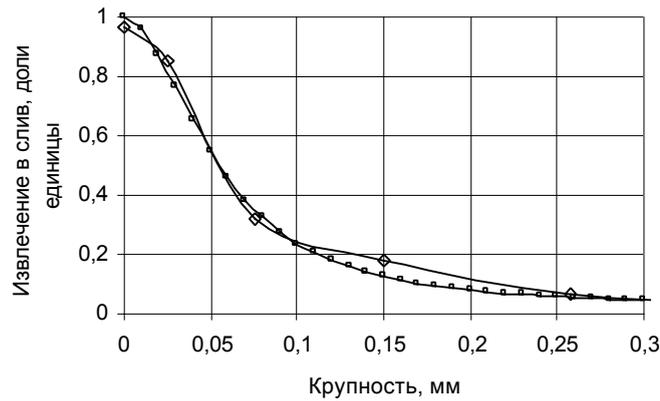


Рис. 4. Аппроксимация сепарационной характеристики гидравлической классификации в гидроциклоне с помощью интеграла вероятности Гаусса

При этом извлечение фракций крупности в слив численно равно произведению доли суспензии, извлекаемой в слив E_c , и значения интеграла вероятности, т.е.:

$$E = E_c F(x)$$

Значение аргумента интеграла вероятности рассчитывается по формуле:

$$x = 0,675 \frac{d - d_z}{E_{pm}}$$

В результате обработки экспериментальных данных установлено, что значение среднего вероятного отклонения для изученного процесса гидравлической классификации в гидроциклоне зависит также от соотношения средней крупности фракций и граничной крупности:

$$E_{pm} = 0,015(1 + d/d_z)_{, мм.}$$

Используя полученные результаты, произведен пересчет результатов гидравлической классификации в гидроциклоне диаметром 250 мм с целью отделения класса менее 0,315 мм от класса < 3 мм. При этом предусматривалась контрольная классификация песков, полученных в основной классификации (рис.5).



Рис. 5. Схема обесшламливания по крупности 0,315 мм

Результаты пересчета результатов гидравлической классификации, полученных в лабораторных условиях при массовой доле твердого в питании 350 г/л, напоре пульпы на входе в гидроциклон 10 м вод. ст. и при граничной крупности разделения 200 мкм приведены в табл. 6–9.

Выхода продуктов обогащения рассчитывались с использованием гранулометрического состава исходного продукта и сепарационной характеристики:

$$\gamma_{c1} = \sum_{i=1}^n \gamma_i E_i$$

– выход слива 1 ;

$$\gamma_{n1} = \sum_{i=1}^n \gamma_i (1 - E_i)$$

– выход песков 1 ;

$$\gamma_{c2} = \sum_{i=1}^n \gamma_i E_i (1 - E_i)$$

– выход слива 2 ;

$$\gamma_{n2} = \sum_{i=1}^n \gamma_i (1 - E_i) (1 - E_i)$$

– выход песков 2 ;

Гранулометрические составы продуктов классификации определялись следующим образом:

$$\gamma_{cli} = \frac{1}{\gamma_{c1}} \gamma_i E_i$$

– слив 1 ;

$$\gamma_{nli} = \frac{1}{\gamma_{n1}} \gamma_i (1 - E_i)$$

– пески 1 ;

$$\gamma_{c2i} = \frac{1}{\gamma_{c2}} \gamma_i E_i (1 - E_i) ;$$

– слив 2

$$\gamma_{n2i} = \frac{1}{\gamma_{n2}} (1 - E_i)^2 ,$$

– пески 2

где i – порядковый номер класса крупности; n – количество классов крупности; γ_i – выход класса крупности в исходном продукте.

Таблица 6

Результаты классификации в гидроциклоне класса –3 мм угля шахты "Сахарская"

Классы Крупности, мм	Выход классов крупности, %				
	Исходный	Слив 1	Пески 1	Слив 2	Пески 2
+2,5	5,89	0,00	8,32	0,00	8,91
-2,5+1,6	15,38	0,00	21,72	0,00	23,28
-1,6+1,0	17,55	0,00	24,78	0,00	26,56
-1,0+0,63	10,84	0,00	15,31	0,00	16,41
-0,63+0,4	6,90	0,01	9,74	0,03	10,44
-0,4+0,315	5,98	0,14	8,39	0,87	8,93
-0,315+0,2	3,47	1,22	4,40	6,74	4,23
-0,2+0,1	4,33	11,53	1,36	15,80	0,33
-0,05+0,1	2,66	7,81	0,54	6,87	0,08
-0,05	27,01	79,30	5,45	69,69	0,83
Итого:	100	100	100	100	100
Выход продукта	100	29,20	70,80	4,74	66,06
Содержание класса					
-0,315 мм	37,47	99,86	11,75	99,10	5,47
Извлечение класса					
-0,315 мм	100,00	77,82	22,20	12,54	9,64

Таблица 7

Результаты классификации в гидроциклоне класса –3 мм угля шахты "Павлоградская"

Классы Крупности, мм	Выход классов крупности, %				
	Исходный	Слив 1	Пески 1	Слив 2	Пески 2
+2,5	5,32	0,00	8,29	0,00	9,12
-2,5+1,6	13,87	0,00	21,63	0,00	23,79
-1,6+1,0	14,78	0,00	23,04	0,00	25,35
-1,0+0,63	9,27	0,00	14,45	0,00	15,90
-0,63+0,4	5,96	0,00	9,29	0,02	10,22
-0,4+0,315	4,52	0,09	7,00	0,53	7,64
-0,315+0,2	4,54	1,30	6,35	7,18	6,27
-0,2+0,1	5,15	11,16	1,79	15,32	0,44

Гравітаційна сепарація

-0,05+0,1	3,88	9,27	0,87	8,17	0,14
-0,05	32,71	78,18	7,29	68,77	1,14
Итого:	100,00	100	100	100	100
Выход продукта	100	35,86	64,14	5,82	58,32
Содержание класса					
-0,315 мм	46,28	99,91	16,30	99,44	7,99
Извлечение класса					
-0,315 мм	100,00	77,42	22,59	12,51	10,07

Таблица 8

Результаты классификации в гидроциклоне класса -3 мм угля шахты "Западно-Донбасская"

Классы Крупности, мм	Выход классов крупности, %				
	Исходный	Слив 1	Пески 1	Слив 2	Пески 2
1	2	3	4	5	6
+2,5	4,07	4,07	5,86	0,00	6,32
-2,5+1,6	13,85	13,85	19,93	0,00	21,50
-1,6+1,0	17,49	17,49	25,17	0,00	27,14
-1,0+0,63	11,31	11,31	16,27	0,00	17,55

Продолжение табл. 8

1	2	3	4	5	6
-0,63+0,4	7,09	7,09	10,20	0,03	11,00
-0,4+0,315	5,74	5,74	8,20	0,78	8,79
-0,315+0,2	5,11	5,11	6,60	9,30	6,39
-0,2+0,1	4,42	4,42	1,42	15,12	0,34
-0,05+0,1	2,77	2,77	0,57	6,70	0,09
-0,05	28,16	28,16	5,79	68,07	0,89
Итого:	100,00	100	100	100	100
Выход продукта	100	30,50	69,50	5,07	64,43
Содержание класса					
-0,315 мм	40,46	40,46	14,38	99,19	7,71
Извлечение класса					
-0,315 мм	100,00	30,50	24,70	12,43	12,28

Таблица 9

Результаты классификации в гидроциклоне класса -3 мм угля шахты им. Сташкова

Классы Крупности, мм	Выход классов крупности, %				
	Исходный	Слив 1	Пески 1	Слив 2	Пески 2
+2,5	3,86	0,00	6,12	0,00	6,76
-2,5+1,6	11,72	0,00	18,59	0,00	20,53
-1,6+1,0	15,46	0,00	24,52	0,00	27,08
-1,0+0,63	9,77	0,00	15,50	0,00	17,12

Гравітаційна сепарація

-0,63+0,4	6,07	0,00	9,63	0,02	10,63
-0,4+0,315	5,61	0,11	8,84	0,65	9,69
-0,315+0,2	4,54	1,26	6,46	7,02	6,40
-0,2+0,1	4,72	9,93	1,67	13,72	0,41
-0,05+0,1	4,16	9,65	0,94	8,56	0,15
-0,05	34,08	79,05	7,72	70,03	1,22
Итого:	100,00	100	100	100	100
Выход продукта	100	36,95	63,05	5,96	57,09
Содержание класса					
-0,315 мм	47,50	99,89	16,79	99,33	8,18
Извлечение класса					
-0,315 мм	100,00	77,70	22,29	12,46	9,83

Таким образом, выполненные исследования и их анализ позволяют заключить о возможности извлечения в гидроциклонах класса < 0,315 мм и класса < 0,05 мм из угля крупностью 0–3 мм примерно на 90%, что обеспечивает приемлемый уровень эффективности подготовки машинных классов на отечественном оборудовании для последующего обогащения в винтовых сепараторах и флотационных машинах.

© Пилов П.И., Швец Н.А., Пеня Ю.С., Воробьев П.И., Антоненко С.А., 2005

*Надійшла до редколегії 28.04.2005 р.
Рекомендовано до публікації*