

дого в фугатах осадительной и фильтрующей секций центрифуги по отношению к аналогичным показателям исходного продукта.

2. Установлено среднее значение влажности осадка осадительно-фильтрующих центрифуг и содержания твердого в фугате ее осадительной секции.

3. Предложена методика расчета, позволяющего на основании гранулометрического состава обезвоживаемого угольного шлама определить гранулометрические характеристики фугатов осадительной и фильтрующей секций осадительно-фильтрующих центрифуг и их обезвоженных осадков, и рассчитать выходы, зольности и влажности продуктов обезвоживания.

Список литературы

1. Техника и технология обогащения углей: Справочное пособие / Под ред. В.А. Чантурия, А.Р. Молявко. – М.: Наука, 1995. – 622 с.

2. Полулях А.Д. Обработка угольных шламов флотационной крупности (Краткий обзор) / А.Д. Полулях. – Днепр: ГП «Укрнииуглеобогащение», 2020. – 75 с.

3. Абрамюк С.Ф. Обезвоживание мелкозернистых материалов / С.Ф. Абрамюк, Л.Т. Вертола, А.С. Бучатский // Уголь. – 2010. – № 7. – С. 42-45.

4. Шлау А.В. Фильтрующие и осадительно-фильтрующие центрифуги для обезвоживания продуктов обогащения угля / А.В. Шлау, Ю.Н. Бочков, В.С. Гермаков и др. – М.: ЦНИ-ЭИуголь, 1979. – 38 с.

5. ТР 10.1.-00185755-020:2011 Технологический регламент филиала «Обогатительная фабрика «Свято-Варваринская» Пр АО «ДМЗ» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: ГП «Укрнииуглеобогащение», 2011. – 181 с.

6. Козлов В.А. Осадительно-фильтрующая центрифуга «Декантер» – техническая основа обезвоживания угольного шлама / В.А. Козлов, В.И. Новак // Горный информационно-технический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – Вып. 7. – С. 229-237.

© Воронов А.Н., Полулях Д.А., 2019

*Надійшла до редколегії 24.11.2019 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*

УДК 622.794.252

<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.13059.73765>

А.Д. ПОЛУЛЯХ, д-р техн. наук
(Украина, Днепр, ОП «Укрнииуглеобогащение» ГП «НТЦ «Углеинновация»)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ОСАДИТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРИФУГ ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ ТОНКОЗЕРНИСТОГО УГОЛЬНОГО ШЛАМА

Введение. Осадительные центрифуги со шнековой выгрузкой обезвоженного осадка широко применяются на разных стадиях обработки угольного шлама. Накоплен значительный опыт обезвоживания тонкозернистых антрацитовых шламов, флотационных концентратов углей [1, 2]. Известна удачная технология обезвоживания отходов флотации различных продуктов [3].

Достоїнством неперервно діючих осадительних центрифуг являється висока удельна продуктивність, помірне енергопотреблення, мала чутливість до коливань навантаження та характеристик вихідного продукту, простота експлуатації [2].

Порівняно з іншими методами обезвоживання (вакуум-фільтрацією, прес-фільтрацією) центрифугування демонструє низькі капітальні та експлуатаційні витрати. В ряду випадків осадительні центрифуги виділяють осадок меншої вологості ніж фільтри. Необхідно також відзначити таке важке переваження осадительних центрифуг, як висока технологічна гнучкість: налаштуванням режиму обезвоживання можна в певній ступені регулювати якість отримуваних продуктів обезвоживання.

В зв'язі з цим осадительні центрифуги повсюдно впроваджуються в технологічні схеми углеобогатительних фабрик та передбачають необхідність розрахунку даних операцій, як в діючих, так і в розроблюваних якісно-кількісних та водно-шламових схемах.

В нинішній час методика таких розрахунків відсутня.

Цілью роботи. Цілью роботи являється визначення коефіцієнтів вилучення класів крупності вихідного матеріалу в фугат осадительних центрифуг та розробка методики розрахунку якісно-кількісних показувачів їх продуктів обезвоживання.

Методика виконання роботи. Методика виконання роботи передбачає усереднення балансів гранулометричного складу продуктів обезвоживання осадительних центрифуг, визначення коефіцієнтів вилучення класів крупності в фугат, а також коефіцієнтів збільшення (зменшення) зольності твердого в фугаті в порівнянні з зольністю вихідного продукту та усередненого значення вологості осаду.

Изложение основного материала. Для виконання роботи використані результати роботи осадительних центрифуг на операціях обезвоживання тонкозернистих угольних шламов в різних виробничих умовах [2, 4-11].

Усереднення балансів гранулометричного складу продуктів остаточного обезвоживання тонкозернистого угольного шламу в осадительних центрифугах здійснювалось за даними їх експлуатації на 9 углеобогатительних підприємствах. Всього розглянуто 28 балансів гранулометричного складу продуктів обезвоживання. Навантаження та режимні параметри осадительних центрифуг відповідали їх паспортним характеристикам.

В табл. 1 наведено вихідні та усереднені дані гранулометричного складу продуктів обезвоживання осадительних центрифуг, а в табл. 2 дані визначення коефіцієнтів вилучення класів крупності в фугат, підвищення зольності твердого в фугаті в порівнянні з аналогічними показувачами вихідного матеріалу та середня вологість осаду.

Рекомендувані значення цих показувачів встановлені на основі розрахунків з урахуванням округлення в випадках, коли це округлення не порушує тенденції їх зміни.

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Таблиця 1

Гранулометрический состав продуктов технологической операции
«Обезвоживание тонкозернистого угольного шлама в осадительных центрифугах»

№ п/п	Фабрика, центрифуга, источник []	Продукт	Выход класса, %								Зольность, %	Выход продукта к исходному, %	Содержание твердого, кг/м ³
			+3,0	1,0-3,0	0,5-1,0	0,25-0,5	0,125-0,25	0,063-0,125	-0,063	Итого			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	«Комендантская» НОГШ+ОГШ [4]	Исходный		2,3	4,5	12,9	7,3	14,0	59,0	100,0	32,6	100,0	397
		Осадок		2,2	4,6	15,0	8,5	16,7	53,0	100,0	27,2	85,0	W=23,8%
		Фугат		2,3	4,0	3,3	2,3	2,7	85,4	100,0	62,9	15,0	79
2	«Комендантская» НОГШ-1320 [4]	Исходный		2,3	4,5	12,9	7,3	14,0	59,0	100,0	32,6	100,0	397
		Осадок		1,8	4,4	14,6	8,4	16,6	54,2	100,0	26,5	81,4	W=24,7%
		Фугат		4,0	4,1	4,1	1,9	2,0	83,9	100,0	60,5	18,6	93
3	«Комендантская» ОГШ-759 [4]	Исходный		2,3	4,5	12,9	7,3	14,0	59,0	100,0	32,6	100,0	397
		Осадок		2,5	4,6	14,1	7,9	15,6	55,3	100,0	27,8	88,4	W=22,7%
		Фугат			2,9	3,0	2,9	2,9	91,3	100,0	66,4	11,6	65
4	«Кураховская» ОГШ-461Л [5]	Исходный				4,7	6,1	9,71	79,37	100,0	67,6	100,0	151
		Осадок				4,97	5,41	7,91	81,71	100,0	66,4	90,2	W=25,0%
		Фугат				2,22	13,33	26,67	57,78	100,0	78,3	9,8	49
5	«Моспинская» ОГШ-462Л [6]	Исходный			1,50	4,5	12,11	25,61	56,28	100,0	54,8	100,0	245
		Осадок			1,67	5,0	13,33	28,33	51,67	100,0	52,7	90,0	W=22,0%
		Фугат					1,1	1,1	97,8	100,0	73,8	10,0	162
6	«Моспинская» ОГШ-462Л [6]	Исходный			0,5	1,5	7,3	24,0	66,7	100,0	60,6	100,0	228
		Осадок			0,6	1,7	7,9	26,9	62,9	100,0	59,0	88,9	W=27,0%
		Фугат					1,3	1,2	97,5	100,0	73,2	11,1	152
7	«Октябрьская» ОГШ-462Л [7]	Исходный		0,14	0,83	12,78	23,61	9,03	53,61	100,0	21,1	100,0	185
		Осадок		0,07	0,96	14,22	26,13	10,06	48,56	100,0	19,4	90,0	W=36,4%
		Фугат				0,23	0,62	0,27	98,88	100,0	36,4	10,0	23
8	«Павлоградская» ОГШ-461Л [8]	Исходный			0,69	2,61	8,82	12,65	75,23	100,0	62,1	100,0	200
		Осадок			0,78	2,81	9,59	13,72	73,1	100,0	61,0	88,0	W=28,5%
		Фугат				1,18	3,15	4,84	90,83	100,0	69,8	12,0	70
9	«Павлоградская» ОГШ-461Л [8]	Исходный			1,7	3,6	9,2	12,7	72,8	100,0	59,0	100,0	195
		Осадок			1,8	3,8	9,6	13,2	71,6	100,0	58,3	92,4	W=29,4%
		Фугат				1,3	4,2	6,3	88,2	100,0	67,4	7,6	63
10	«Павлоградская» ОГШ-461Л [8]	Исходный			2,5	4,2	7,4	11,5	74,4	100,0	61,4	100,0	212
		Осадок			2,6	4,3	7,6	11,8	73,7	100,0	61,2	95,7	W=27,5%
		Фугат				1,8	3,1	5,4	89,7	100,0	65,8	4,3	76
11	«Павлоградская» ОГШ-461Л [8]	Исходный			1,2	4,7	8,0	11,6	74,5	100,0	60,4	100,0	154
		Осадок			1,3	4,9	8,4	12,1	73,3	100,0	59,7	91,3	W=31,7%
		Фугат				2,1	3,8	7,2	86,9	100,0	68,3	8,7	63
12	«Павлоградская» ОГШ-461Л [8]	Исходный			0,72	2,68	9,08	13,03	74,49	100,0	61,6	100,0	200
		Осадок			0,78	2,81	9,59	13,72	73,10	100,0	61,0	92,22	W=28,5%
		Фугат				1,18	3,15	4,84	90,83	100,0	68,5	7,78	33
13	«Павлоградская» ОГШ-461Л [8]	Исходный			1,28	4,46	10,09	11,69	72,48	100,0	61,3	100,0	200
		Осадок			1,32	4,56	10,32	11,84	71,96	100,0	61,1	97,23	W=28,9%
		Фугат				1,22	2,18	6,25	90,35	100,0	70,1	2,77	39

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
14	ЗАО «Яновское» ОГШ-461Л [9]	Исходный		1,7	5,1	13,9	11,0	17,9	50,4	100,0	33,7	100,0	149
		Осадок		1,8	5,4	14,8	11,6	18,3	48,1	100,0	33,0	92,69	W=24,5%
		Фугат			1,2	2,9	4,2	11,9	79,8	100,0	42,1	7,31	61
15	ЗАО «Яновское» ОГШ-461Л [9]	Исходный		2,3	4,4	12,9	12,0	18,7	49,7	100,0	30,5	100,0	162
		Осадок		2,4	4,7	13,4	12,4	19,2	47,9	100,0	29,7	94,68	W=26,7%
		Фугат			1,0	3,1	4,8	9,4	81,7	100,0	44,2	5,32	79
16	ЗАО «Яновское» ОГШ-461Л [9]	Исходный		2,0	6,0	15,0	12,8	21,0	43,2	100,0	31,8	100,0	158
		Осадок		2,1	6,2	15,3	13,0	21,4	42,0	100,0	31,2	97,37	W=28,4%
		Фугат			0,8	2,4	3,6	7,8	85,4	100,0	54,3	2,63	71
17	«Червоноградская» НОГШ-1320 [10]	Исходный		4,6	13,3	20,5	21,8	10,8	29,0	100,0	37,9	100,0	158
		Осадок		5,1	14,2	20,9	20,0	9,6	30,2	100,0	37,0	87,0	W=24,3%
		Фугат		1,4	8,1	17,5	23,5	28,6	20,9	100,0	43,8	13,0	80
18	«Червоноградская» НОГШ-1320 [10]	Исходный		5,5	14,6	18,0	22,2	11,7	28,0	100,0	39,6	100,0	213
		Осадок		6,2	15,6	18,4	21,2	10,3	28,3	100,0	38,3	87,5	W=25,4%
		Фугат		0,6	7,1	15,3	23,9	27,7	25,4	100,0	48,6	12,5	74
19	«Червоноградская» НОГШ-1320 [10]	Исходный		4,5	12,6	17,1	22,0	13,4	30,4	100,0	35,8	100,0	178
		Осадок		4,8	13,2	17,4	22,1	12,9	29,6	100,0	34,9	91,8	W=26,1%
		Фугат		1,0	6,8	13,2	20,2	19,6	39,2	100,0	45,7	8,2	68
20	ЗАО «Яновское» ОГШ-461Л [9]	Исходный		3,0	5,3	12,6	13,4	20,2	45,5	100,0	34,1	100,0	149
		Осадок		3,2	5,6	13,4	14,2	21,1	42,5	100,0	33,0	92,69	W=21,5%
		Фугат			1,1	2,0	3,2	8,6	85,1	100,0	42,1	7,31	61
21	ЧП «ПКФ «УкрИнвест» ОГШ-751Л [2]	Исходный			0,8	2,2	10,4	23,7	62,9	100,0	11,0	100,0	200
		Осадок			0,8	2,3	10,7	24,8	61,2	100,0	9,0	95,1	W=22,0%
		Фугат					1,6	2,9	95,5	100,0	50,0	4,9	20
22	ЧП «ПКФ «УкрИнвест» ОГШ-751Л [2]	Исходный			1,2	3,0	8,5	26,2	61,1	100,0	12,5	100,0	300
		Осадок			1,2	3,1	8,7	26,9	60,1	100,0	11,1	97,5	W=29,0%
		Фугат					0,2	1,6	98,2	100,0	70,0	2,5	40
23	ДП «Экотех» ОГШ-461Л [2]	Исходный		0,3	4,8	11,2	16,6	5,8	61,3	100,0	27,1	100,0	150
		Осадок		0,3	5,3	12,3	18,3	6,1	57,7	100,0	23,2	91,1	W=19,0%
		Фугат					0,6	2,2	97,2	100,0	68,1	8,9	20
24	ДП «Экотех» ОГШ-461Л [2]	Исходный		0,8	5,9	11,1	22,5	9,0	50,7	100,0	39,3	100,0	250
		Осадок		0,8	6,2	11,7	23,7	9,3	48,3	100,0	37,3	94,7	W=26,0%
		Фугат					1,4	3,3	95,3	100,0	75,1	5,3	40
25	«Павлоградская» Ecomash SHS 511С-113 [11]	Исходный		0,25	3,43	5,92	7,38	11,05	71,47	100,0	83,0	100,0	487
		Осадок		0,30	4,68	7,06	8,80	13,11	66,05	100,0	85,8	93,9	W=29,7%
		Фугат						0,34	99,66	100,0	68,4	6,1	142
26	«Павлоградская» Ecomash SHS 511С-113 [11]	Исходный	0,53	16,69	9,31	2,69	3,53	4,07	63,18	100,0	28,5	100,0	96
		Осадок	1,07	33,59	18,74	5,41	7,11	8,19	25,89	100,0	22,2	89,68	W=24,7%
		Фугат							100,0	100,0	83,4	10,32	22
27	«Павлоградская» Ecomash SHS 511С-113 [11]	Исходный	0,2	12,3	7,62	4,38	2,87	5,13	67,5	100,0	44,0	100,0	146
		Осадок	0,22	13,2	8,18	4,70	3,08	5,50	65,1	100,0	42,1	93,19	W=26,4%
		Фугат							100,0	100,0	70,0	6,81	38
28	«Павлоградская» Ecomash SHS 511С-113 [11]	Исходный		1,49	1,62	1,22	1,41	3,22	91,04	100,0	66,4	100,0	64
		Осадок		1,91	2,07	1,56	1,81	4,12	88,53	100,0	64,0	88,19	W=26,0%
		Фугат							100,0	100,0	75,0	11,81	24
	Среднее	Исходный	0,03	2,23	4,32	8,43	11,14	13,77	60,08	100,0	42,2*	100,0	205
		Осадок	0,03	2,41	4,61	8,97	11,76	14,41	57,82	100,0	40,3*	91,35	W=26,0*%
		Фугат		0,33	1,32	2,82	4,63	6,99	83,91	100,0	62,0*	8,65	62

Определение коэффициентов извлечения классов крупности в фугат осадительных центрифуг

Продукты	Показатели	Выход класса, %								Выход к исходному, %	Зольность, %	Влажность, %
		+3,0	1,0-3,0	0,5-1,0	0,25-0,5	0,125-0,25	0,063-0,125	-0,063	Итого			
Исходный	Выход к исходному, %	0,03	2,23	4,32	8,43	11,14	13,77	60,08	100,0	100,0	42,2*	
Осадок	Выход к продукту, %	0,03	2,41	4,61	8,97	11,76	14,41	57,82	100,0	91,35	40,3*	26,0*
	$W_{\phi,к-т}^r$											26,0*
	$W_{\phi,отх}^r$											
Фугат	Выход к продукту, %	–	0,33	1,32	2,82	4,3	6,99	83,91	100,0	8,65	62,0*	
	Выход к исходному, %	–	0,03	0,11	0,24	0,40	0,61	7,26	8,65	8,65	62,0*	
	$\varepsilon_{\phi}^{\gamma}$, расчетн.	–	0,014	0,022	0,029	0,034	0,044	0,121				
	$\varepsilon_{\phi}^{\gamma}$, рек.	–	0,015	0,020	0,030	0,035	0,045	0,120				
	$\varepsilon_{\phi,к-т}^A$, расчетн.										1,4692*	
	$\varepsilon_{\phi,к-т}^A$, рек.										1,470*	
	$\varepsilon_{\phi,отх}^A$, расчетн.										0,824**	
	$\varepsilon_{\phi,отх}^A$, рек.										0,825**	

* – без учета опыта № 25 в табл. 1 (обезвоживание отходов).

** – исходные данные в опыте № 25 табл. 1.

Из данных табл. 2 следует, что коэффициенты извлечения классов крупности исходного материала в фугат осадительных центрифуг составляют 0; 0,015; 0,02; 0,030; 0,035; 0,045 и 0,12 соответственно для классов +3; 1-3; 0,5-1; 0,25-0,5; 0,125-0,25; 0,063-0,125 и 0-0,063 мм. При этом коэффициент увеличения (снижения) зольности твердого в фугате равняется 1,47 для концентратных продуктов и 0,825 для отходов в сравнении с зольностью исходного материала, подаваемого на окончательное обезвоживание в осадительные центрифуги. Средняя влажность осадка осадительных центрифуг равна 26,0% при обезвоживании концентратных продуктов и 29,5% при обезвоживании тонкозернистых отходов.

Исходя из данных табл. 2 методика расчета качественно-количественных показателей окончательного обезвоживания тонкозернистого угольного шлама в осадительных центрифугах состоит в следующем.

Выход *i*-го класса крупности в фугат

$$\gamma_{\phi,i} = \varepsilon_{\phi,i}^{\gamma} \cdot \gamma_{исх,i}, \quad \% \quad (1)$$

где $\varepsilon_{\phi,i}^{\gamma}$ – коэффициент извлечения i -го класса крупности в фугат, доли ед., принимается по табл. 2; $\gamma_{исх.i}$ – выход i -го класса крупности в исходном материале, подаваемом на обезвоживание в осадительную центрифугу, %.

Выход твердого в фугате

$$\gamma_{\phi} = \sum_{i=1}^{i=n} \gamma_{\phi,i}, \% \quad (2)$$

Выход твердого в осадке

$$\gamma_{ос.} = 100 - \gamma_{\phi}, \% \quad (3)$$

Зольность твердого в фугате

$$A_{\phi}^d = \varepsilon_{\phi}^{A^d} \cdot A_{исх.}^d, \% \quad (4)$$

где $\varepsilon_{\phi}^{A^d}$ – коэффициент изменения зольности твердого в фугате по отношению к его зольности в исходном продукте, доли ед., принимается по табл. 2; $A_{исх.}^d$ – зольность исходного продукта, подаваемого на обезвоживание в центрифугу, %.

Зольность твердого в осадке

$$A_{ос.}^d = (100 \cdot A_{исх.}^d - \gamma_{\phi} \cdot A_{\phi}^d) : \gamma_{ос.}, \% \quad (5)$$

Влажность осадка $W_{ос.}^r$ принимается как среднее значение влажности по данным табл. 2 для концентратных продуктов и отходов.

Данная методика определения качественно-количественных показателей технологической операции окончательного обезвоживания тонкозернистого угольного шлама в осадительных центрифугах может быть использована при расчетах качественно-количественных и водно-шламовых схем углеобогачительных предприятий.

Выводы

1. Определены коэффициенты извлечения классов крупности исходного тонкозернистого угольного шлама в фугат осадительных центрифуг, а также коэффициенты увеличения (снижения) зольности твердого в фугате по отношению к аналогичным показателям исходного продукта.

2. Установлены средние значения влажности осадка осадительных центрифуг при обезвоживании концентратных продуктов и отходов.

3. Предложена методика расчета, позволяющего на основании гранулометрического состава обезвоживаемого угольного шлама определить гранулометрические характеристики фугата и осадка осадительных центрифуг и рассчитать выходы, зольности и влажности продуктов обезвоживания.

Список литературы

1. Техника и технология обогащения углей: Справочное пособие / под ред. В.А. Чантурия, А.Р. Молявко. – М.: Наука, 1995. – 622 с.
2. Мацак А.Ф. Опыт применения центрифуг разработки ООО «НТЦ «Экомаш» при обезвоживании продуктов углеобогащения / А.Ф. Мацак, А.Г. Трошин // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2008. – Вип. 33(74). – С. 124-128.
3. Трошин А.Г. К обоснованию технологии обезвоживания мелкодисперсного угля / А.Г. Трошин, А.Ф. Мацак, А.А. Шкоп // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2009. – Вип. 36(77)-37(78). – С. 177-187.
4. Технологические регламенты основных процессов ЦОФ «Комендантская» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: Укрнииуглеобогащение. – 2002. – Т.1 – 185 с.
5. ТР 10.1-00185755-024:2013 Технологические регламенты по ООО «Кураховская» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: ГП «Укрнииуглеобогащение», 2013. – 210 с.
6. ТР 10.1-00185755-022:2012 Технологический регламент ООО «Моспинское углеперерабатывающее предприятие (УПП)» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: ГП «Укрнииуглеобогащение». – 2012. – 170 с.
7. Технологические регламенты основных процессов ЦОФ «Октябрьская» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: Укрнииуглеобогащение. – 2004. – 92 с.
8. Разработать рекомендации по совершенствованию технологической схемы установки обработки углесодержащих отходов илонакопителя ООО «Экоэнергоресурс»: Отчет о НИР / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: ГП «Укрнииуглеобогащение», 2012. – 43 с.
9. ТР 10.1-00185755-007:2008 Технологический регламент закрытого акционерного общества (ЗАО) «Яновское» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: ГП «Укрнииуглеобогащение». – 2011. – 113 с.
10. Технологические регламенты основных процессов ЦОФ «Червоноградская» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: Укрнииуглеобогащение. – 1995. – Т.1 – 86 с.
11. Федоров А.В. Технология обезвоживания зернистых глинистых углесодержащих продуктов при обогащении углей марки «Г» / А.В. Федоров, С.А. Гончаров, А.О. Шкоп и Н.Г. Пономарева // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 70(111). – С. 63-69.

© Полулях Д.А., 2019

*Надійшла до редколегії 28.11.2019 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*