

40. Технологический регламент ОФ ООО «ПК «Донецкое угольное топливо» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: Укрнииуглеобогащение. – 2006. – 203 с.
41. ТР 10.1-00185755-007:2008 Технологический регламент закрытого акционерного общества (ЗАО) «Яновское» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: ГП «Укрнииуглеобогащение». – 2008. – 143 с.
42. Техническая помощь в пуске, наладке и отработке режимов эксплуатации технологического оборудования ЦОФ «Червоноградская»: Отчет о НИР / Рук. В.С. Бутовецкий. – Ворошиловград: Укрнииуглеобогащение, 1980. – 219 с.
43. Выполнить анализ техники и технологии обогащения на ЦОФ «Карагандинская» и разработать рекомендации по совершенствованию их технологий и аппаратного оснащения с целью увеличения выхода концентрата и повышению производительности: Отчет о НИР / Рук. А.Д. Полулях. – Днепропетровск: ЗАО «АНА-ТЕМС», 2008. – 154 с.
44. Выполнить анализ техники и технологии обогащения на ОФ-38 и разработать рекомендации по совершенствованию их технологий и аппаратного оснащения с целью увеличения выхода концентрата и повышению производительности: Отчет о НИР / Рук. А.Д. Полулях. – Днепропетровск: ЗАО «АНА-ТЕМС», 2008. – 120 с.
45. Усовершенствовать технологическую схему и режимы обогащения угля на ЦОФ «Краснолиманская»: Отчет о НИР / Рук. Бутовецкий В.С. – Ворошиловград: Укрнииуглеобогащение. – 1986. – 32 с.

© Полулях А.Д., 2019

*Надійшла до редколегії 21.08.2019 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*

УДК 622.74

<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.10225.02400>

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

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВЫХ ПРОДУКТОВ УПЦ № 1 ЧАО «АВДЕЕВСКИЙ КХЗ» (ЧАСТЬ 2)

В статье [1] показано, что достижение влажности угольных шламовых продуктов УПЦ № 1 ЧАО «Авдеевский КХЗ» на уровне 12% механическим путем на осадительно-фильтрующих центрифугах типа «Декантер» – невозможно.

Анализ научно-технической литературы по данному вопросу [2-10] позволяет сделать вывод, что совершенствование технологии обезвоживания шламовых продуктов УПЦ № 1 АКХЗ возможно двумя путями.

Первый путь (вариант № Б1) предопределяет увеличение d_{cp} в питании центрифуг путем выделения и флокуляции угольных частиц крупностью менее 0,1 мм, соответственно, на ситовой вибрирующей поверхности и в сгустителе с осадкоуплотнителем осадка с добавками реагентов для флокуляции частиц.

Преимущества варианта № Б1:

– отсутствие циркуляции фильтрата и фугата в водно-шламовой схеме фабрики;

– получение сливной воды с содержанием твердого менее 5 кг/м³.

Недостатки варианта № Б1:

– необходимость приобретения соответствующих флокулянтов;

– необходимость поиска в здании главного корпуса свободных площадок для размещения дополнительного оборудования;

– зависимость показателей обезвоживания от сохранности вновь образуемых флокул.

Второй путь (вариант № Б2) применение теплоносителей для испарения сверхнормативной воды.

Преимущества варианта № Б2:

– возможность гарантированного получения влажности продукта на уровне 12%.

Недостатки варианта № Б2:

– невозможность размещения сушильных аппаратов в главном корпусе;

– необходимость наличия теплоносителя с температурой 600°С;

– дополнительное оборудование;

Обзор научно-технической литературы по вопросу флокуляции угольных шламов [2-6] позволил сделать следующие выводы

1. В результате промышленных испытаний в условиях ЦОФ «Самсоновская» [3] установлено, что максимальная интенсификация работы оборудования, обезвоживающего флотоконцентрат, обеспечивается в случае применения флокулянта BRENNTAFLO R A 3345. Использование его в качестве интенсификатора процесса обезвоживания флотоконцентрата в количестве до 35 г/т позволяет увеличить расчетную производительность вакуум-фильтров в 1,7-2,3 раза при одновременном снижении влажности кека на 0,6%. Содержание твердого в фильтрате снижается при этом с 115 г/л до 40 г/л, что свидетельствует об увеличении улавливания тонкозернистого шлама в товарный продукт фабрики.

2. Результаты испытаний [3] обезвоживания флотоконцентрата на 7-ом вакуум-фильтре с применением ОРВ-технологии показали, что влажность кека на протяжении всего периода испытаний колебалась как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. При оптимальном режиме модулирования электромагнитного излучения наблюдалось снижение влажности кека в среднем на 0,8-1,1%, что является несущественным. В связи с этим применение ОРВ-технологии для интенсификации обезвоживания флотоконцентрата в условиях ГОФ «Самсоновская» не рекомендовалось.

3. Результаты исследований [4] показали, что наибольшую эффективность по отношению к исследуемому флотоконцентрату проявили флокулянты со средней и низкой степенью ионного заряда и средней, и высокой молекулярной массой (BESFLOC K 6630, K 6632 и K 6728). При этом толщина осадка на

филтровальном елементі збільшилась в більшій ступені і склала 13,0-13,9 мм по порівнянню з холостою пробой (5,6 мм), вміст твердого в филтраті знизився в 3-4,5 рази і досягло 7-10 г/л, а вологість кека знизилась на 2-3%.

4. Показано, що обробка питанія вакуум-филтровою спеціально підібраними синтетическими пористими флокулянтами дозволяє збільшити продуктивність вакуум-филтровою в 2-2,5 рази, товщину осаду в филтрі в 2,3-2,5 рази, при зменшенні вмісту твердого в филтраті в 2-4,5 рази і вологості осаду на 0,8-3,4%.

5. По даним [6] ступінь дисперсності матеріалу при використанні флокулянтів зменшується для флоконцентрата, необогащеного шламу і флоотоотходів, відповідно, в 2; 13 і 52 рази (т.е. відбувається збільшення розміру цих продуктів теж відповідно в 2; 13 і 52 рази).

Обзор науково-технічної літератури по питанню використанія сушильних агентів для обезвоживання тонкозернистих зернистих матеріалів [7-10] показав, що зменшення вологості можливо до потрібних значень, однак використанія такого обладнання, в відміння від сушильних барабанів, має низьку продуктивність. Одним з типів такого обладнання є вібраційна сушильна установка ВСУ-6, продуктивністю до 10 т/ч.

Технологіска схема обезвоживання шламових продуктів по варіанту № Б1 приведена на рис. 1.

Дана схема передбачає класифікацію вихідної пульпи на вібраційних дугових грохотах або грохотах «Деррик» [11-15] по граничній розміру 0,1 мм. Надситний продукт грохотів обезвоживається в осадительно-филтруючих декантерних центрифугах. Подситний продукт грохотів разом з фугатом і филтратом декантерних центрифуг піддається стисненню в стиснувачах з осадкоуплотненням з флокуляцією частинок. В результаті стиснення і флокуляції отримується осадок з сфолукулююваними частинками твердого матеріалу, направляемого в присадку к питанню декантерних центрифуг і слив, являючийся чистою технісескою водою, використовуемою в обороті на фабриці.

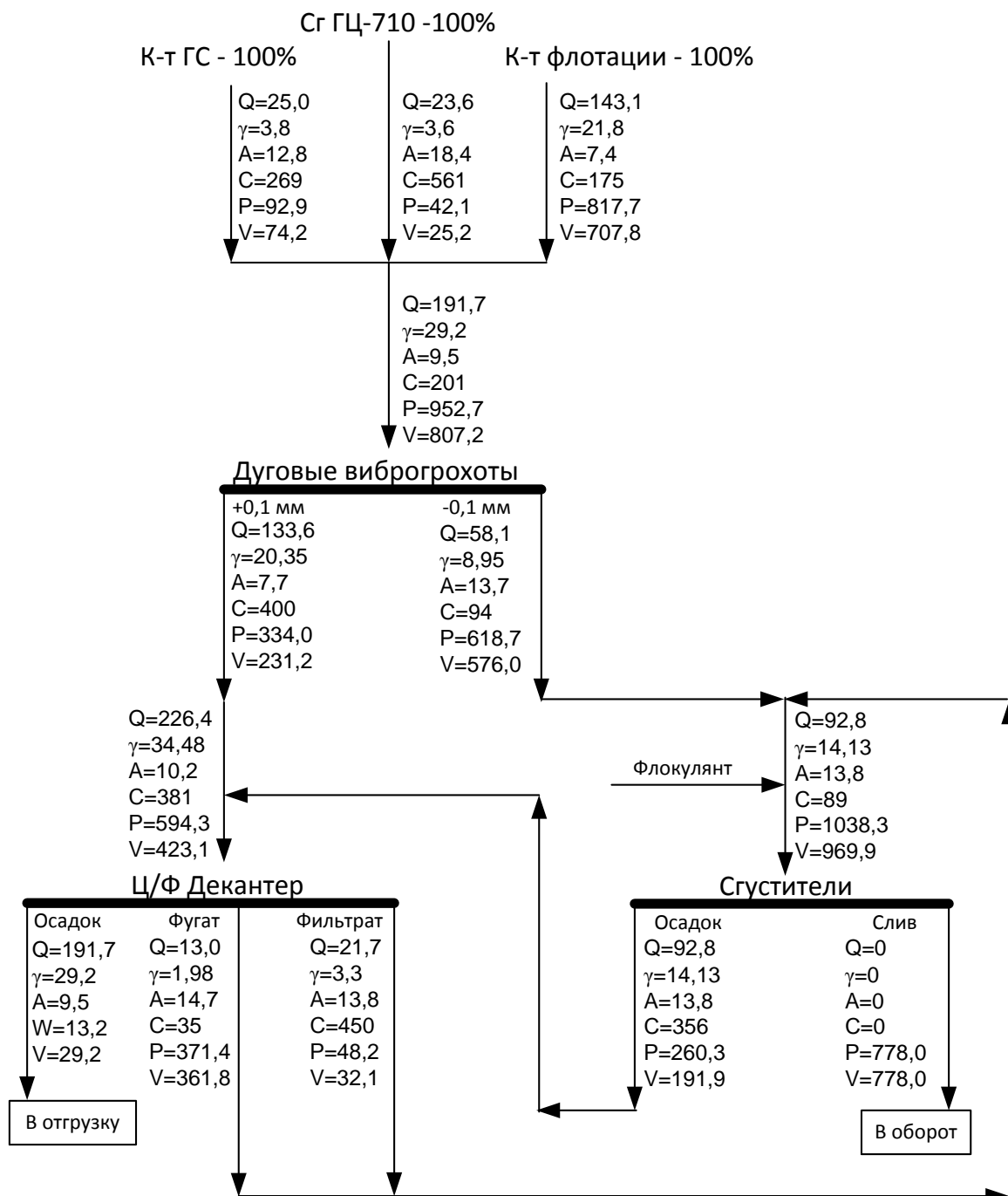


Рис. 1. Показатели обезвоживания по варианту № Б1.

В табл. 1 приведен расчет гранулометрического состава продуктов классификации угольного шлама на вибрационных грохотах с крупностью разделения 0,1 мм, в табл. 2 – расчет гранулометрического состава фильтрата и фугата центрифуг, в табл. 3 – расчет продуктов обезвоживания по варианту № Б1.

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Таблиця 1

Расчет гранулометрического состава продуктов классификации угольного шлама
на вибрационных грохотах

Класс крупности, мм	Продукты									
	Исходный			Надситный				Подситный		
	$\gamma_{и}, \%$	$\gamma_{п}, \%$	$A^d, \%$	$\epsilon,$ д.ед.	$\gamma_{и}, \%$	$\gamma_{п}, \%$	$A^d, \%$	$\gamma_{и}, \%$	$\gamma_{п}, \%$	$A^d, \%$
+1	0,594	2,03	2,6	1,0	0,594	2,92	2,6	-	-	-
0,5-1	1,470	5,03	4,2	1,0	1,470	7,22	4,2	-	-	-
0,25-0,5	4,498	15,40	3,9	1,0	4,498	22,10	3,9	-	-	-
0,16-0,25	3,942	13,50	6,3	1,0	3,942	19,37	6,3	-	-	-
0,074-0,16	4,338	14,86	7,5	0,86	3,731	18,73	7,5	0,607	6,86	7,5
0,04-0,074	3,643	12,48	7,2	0,62	2,269	11,10	7,2	1,384	15,64	7,2
-0,04	10,715	36,70	15,6	0,36	3,857	18,96	15,6	6,858	77,5	15,6
Итого	29,2	100,0	9,5		20,351	100,0	7,7	8,849	100,0	13,7
Q, т/ч	191,7			133,6				58,1		
C, кг/м ³	201			400				94		
P, м ³ /ч	952,7			334,0				618,7		
V, м ³ /ч	807,2			231,2				576,0		
d _{ср.} мм	0,192			0,261				0,036		

Таблиця 2

Расчет гранулометрического состава продуктов фильтрата и фугата
осадительно-фильтрующих центрифуг

Класс крупности, мм	Продукты										
	Исходный			Фильтрат				Фугат			
	$\gamma_{и}, \%$	$\gamma_{п}, \%$	$A^d,$ %	$\epsilon,$ д.ед.	$\gamma_{и}, \%$	$\gamma_{п}, \%$	$A^d,$ %	$\epsilon,$ д.ед.	$\gamma_{и}, \%$	$\gamma_{п}, \%$	$A^d,$ %
+1	0,594	2,03	2,6	0,008	0,005	0,15	2,6	-	-	-	-
0,5-1	1,470	5,03	4,2	0,015	0,022	0,67	4,2	0,001	0,001	0,05	4,2
0,25-0,5	4,498	15,40	3,9	0,018	0,081	2,46	3,9	0,002	0,009	0,45	3,9
0,16-0,25	3,942	13,50	6,3	0,021	0,083	2,52	6,3	0,003	0,012	0,61	6,3
0,074-0,16	4,338	14,86	7,5	0,028	0,122	3,70	7,5	0,006	0,026	1,32	7,5
0,04-0,074	3,643	12,48	7,2	0,096	0,350	10,61	7,2	0,047	0,171	8,65	7,2
-0,04	10,715	36,70	15,6	0,246	2,636	79,89	15,6	0,164	1,757	88,92	15,6
Итого	29,2	100,0	9,5		3,299	100,0	13,8		1,976	100,0	14,7
d _{ср.} мм	0,192			0,050				0,028			

Расчет продуктов обезвоживания по варианту № Б1

Класс крупности, мм	Продукты								
	Надситный продукт			Сгущенный С-10			Исходный		
	$\gamma_{п, \%}$	$\gamma_{и, \%}$	$A^d, \%$	$\gamma_{п, \%}$	$\gamma_{и, \%}$	$A^d, \%$	$\gamma_{п, \%}$	$\gamma_{и, \%}$	$A^d, \%$
+1	2,92	0,594	2,6	0,04	0,005	2,6	1,74	0,599	2,6
0,5-1	7,22	1,470	4,2	0,16	0,023	4,2	4,33	1,493	4,2
0,25-0,5	22,10	4,498	3,9	0,64	0,090	3,9	13,31	4,588	3,9
0,16-0,25	19,37	3,942	6,3	0,67	0,095	6,3	11,71	4,037	6,3
0,074-0,16	18,33	3,731	7,5	5,35	0,755	7,5	13,01	4,486	7,5
0,04-0,074	11,10	2,259	7,2	13,49	1,905	7,2	12,08	4,164	7,2
-0,04	18,96	3,857	15,6	78,65	11,251	15,6	43,82	15,108	15,6
Итого	100,0	20,351	7,7	100,0	14,124	13,7	100,0	34,475	10,2
Q, т/ч	133,6			92,8			226,4		
C, кг/м ³	400			356			381		
P, м ³ /ч	334,0			260,3			594,3		
V, м ³ /ч	231,2			191,9			423,1		

Продолжение табл. 3

Класс крупности, мм	Продукты								
	Фильтрат			Фугат			Осадок		
	$\gamma_{п, \%}$	$\gamma_{и, \%}$	$A^d, \%$	$\gamma_{п, \%}$	$\gamma_{и, \%}$	$A^d, \%$	$\gamma_{п, \%}$	$\gamma_{и, \%}$	$A^d, \%$
+1	0,15	0,005	2,6				2,03	0,594	2,6
0,5-1	0,67	0,022	4,2	0,05	0,001	4,2	5,03	1,470	4,2
0,25-0,5	2,46	0,081	3,9	0,45	0,009	3,9	15,40	4,498	3,9
0,16-0,25	2,52	0,083	6,3	0,61	0,012	6,3	13,50	3,942	6,3
0,074-0,16	3,70	0,122	7,5	1,32	0,026	7,5	14,86	4,338	7,5
0,04-0,074	10,61	0,350	7,2	8,65	0,171	7,2	12,48	3,643	7,2
-0,04	79,89	2,636	15,6	88,92	1,757	15,6	36,70	10,715	15,6
Итого	100,0	3,299	13,8	100,0	1,926	14,7	100,0	29,2	9,5
Q, т/ч	21,7			13,0			191,7		
C, кг/м ³	450			35			W = 13,2%		
P, м ³ /ч	48,2			371,4			-		
V, м ³ /ч	32,1			361,8			29,2		

Обоснование влажности осадка центрифуг осуществляется определением среднего значения снижения влажности по п.3 и п.4 данной статьи:

$$\Delta W_{\text{осадка}} = (2,5 + 2,1) : 2 = 2,3\% .$$

Снижение влажности осадка центрифуг подтверждается увеличением среднего диаметра частиц и флокул исходного материала.

В табл. 4 приведен расчет среднего диаметра частиц и флокул питания центрифуг по варианту А3 и Б1.

Средний диаметр частиц исходного продукта сгустителя

$$d_{\text{ср.пит.}} = (Q_{\text{под.}} \cdot d_{\text{под.}} + Q_{\text{фильт.}} \cdot d_{\text{фильт.}} + Q_{\text{фугат}} \cdot d_{\text{фугат}}) : Q_{\text{исх.}} =$$

$$= (58,1 \cdot 0,036 + 21,7 \cdot 0,05 + 13,0 \cdot 0,028) : 92,8 = 0,038 \text{ мм.}$$

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Средний диаметр сфлукулированных частиц сгустителя после флокуляции и сгущения

$$d_{cp.осад.} = K_d \cdot d_{cp.нит.} = 3,35 \cdot 0,038 = 0,127 \text{ мм,}$$

где $K_d = 3,35$ – коэффициент увеличения среднего диаметра частиц (флокул) после их флокуляции, определяемый в соответствии с п.5 раздела 3.1 как

$$K_d = \left[(Q_{ГС} + Q_{фл.}) \cdot 2 + Q_{ГЦ} \cdot 13 \right] : (Q_{ГС} + Q_{фл.} + Q_{ГЦ}) = \\ = \left[(25 + 143,1) \cdot 2 + 23,6 \cdot 13 \right] : (25 + 143,1 + 23,6) = 3,35,$$

где 2 и 13 – коэффициент увеличения диаметров частиц (флокул) соответственно для концентратов и необогащенного шлама.

Таблица 4

Расчет среднего диаметра частиц и флокул питания центрифуг

Класс крупности, мм	Среднее значение крупности класса, мм	Варианты			
		А3		Надситный дуговых сит	
		Выход, %	Средневзвешенный диаметр класса, мм	Выход, %	Средневзвешенный диаметр класса, мм
1-2	1,5	1,84	2,760	2,92	4,38
0,5-1	0,75	4,59	3,443	7,22	5,415
0,25-0,5	0,375	14,09	5,284	22,10	8,288
0,16-0,25	0,205	12,39	2,540	19,37	3,971
0,074-0,16	0,162	13,72	2,223	18,73	3,034
0,04-0,074	0,057	12,29	0,701	11,10	0,632
0-0,04	0,02	41,08	0,822	18,96	0,379
Итого		100,0	17,773	100,0	26,10
$d_{cp.}$, мм			0,178		0,261

Продолжение табл. 4

Класс крупности, мм	Среднее значение крупности класса, мм	Варианты					
		Подситный		Фильтрат		Фугат	
		Выход, %	Средневзвешенный диаметр класса, мм	Выход, %	Средневзвешенный диаметр класса, мм	Выход, %	Средневзвешенный диаметр класса, мм
1-2	1,5			0,15	0,225		
0,5-1	0,75			0,67	0,502	0,05	0,038
0,25-0,5	0,375			2,46	0,923	0,45	0,169
0,16-0,25	0,205			2,52	0,517	0,61	0,125
0,074-0,16	0,162	6,86	1,111	3,70	0,599	1,32	0,214
0,04-0,074	0,057	15,64	0,892	10,61	0,605	8,65	0,493
0-0,04	0,02	77,5	1,55	79,89	1,598	88,92	1,778
Итого		100,0	3,63	100,0	4,969	100,0	2,817
$d_{cp.}$, мм			0,036		0,050		0,028

Средний диаметр частиц (флокул), поступающих на обезвоживание в центрифугу

$$d_{\text{ср.ц/ф}} = (Q_{\text{над.}} \cdot d_{\text{ср.над.}} + Q_{\text{исх.}} \cdot d_{\text{ср.осад.}}) : (Q_{\text{над.}} + Q_{\text{исх.}}) = \\ = (133,6 \cdot 0,261 + 92,8 \cdot 0,127) : (133,6 + 92,8) = 0,206 \text{ мм.}$$

Увеличение среднего диаметра питания центрифуг по технологии варианта Б1

$$\Delta d_{\text{ср.}} = d_{\text{ср.ц/ф}} - d_{\text{ср.А3}} = 0,206 - 0,178 = 0,028 \text{ мм.}$$

Таким образом, причиной для снижения влажности на 2,3% является увеличение крупности исходного питания центрифуг в 1,157 раза.

Следовательно,

$$W_2 = W_{\text{А3}} - \Delta W_{\text{осад.}} = 15,5 - 2,3 = 13,2\%,$$

где $W_{\text{А3}} = 15,5\%$ – влажность осадка по варианту А3 [1].

Следовательно, и в этом случае, требование ТЗ по влажности осадка не выполняется, поэтому необходимо применение сушильной установки.

Рассматривается два варианта доводки осадка декантерных центрифуг, а именно:

– вариант № Б2(1), где в качестве исходного материала для досушивания принимается осадок центрифуг по варианту № Б1;

– вариант № Б2(2), где в качестве исходного материала для досушивания принимается осадок центрифуг по варианту № А3.

Технологическая схема обезвоживания шламовых продуктов по варианту № Б2(1) предусматривает доведение влажности осадка осадительно-фильтрующих центрифуг варианту № Б1 до требуемого по ТЗ значения 12% с помощью вибрационных сушильных установок ВСУ-6, по варианту № Б2(2):

– осадка осадительно-фильтрующих центрифуг варианта № А3.

И в том, и в другом случае использование вибрационных сушильных установок типа ВСУ-6 обеспечивает снижение влажности до 11,5%, что отвечает требованиям ТЗ (12,0%). Досушиванию подлежит весь осадок осадительно-фильтрующих центрифуг по варианту № А3 (175,8 т/ч) с влажностью 15,5% и зольностью 9,0%. В этом случае отпадает надобность в вибрационных грохотах и сгустителях, однако увеличивается количество центрифуг в сравнении с вариантом № Б1 и № Б2(1).

Расчеты по выбору оборудования [11-17] показали следующее количество необходимого оборудования.

1. По варианту № А3 необхідно придбання 6 декантерних центрифуг 44"×132".
2. По варианту № Б1 необхідно придбати 4 декантерні центрифуги 44"×132", 10 грохотів 2SG48-60W-5STK «Деррик», 3 сгустителя С-4,5.
3. По варианту № Б2(1) необхідно придбати 4 декантерні центрифуги 44"×132", 10 грохотів 2SG48-60W-5STK «Деррик», 3 сгустителя С-4,5, 22 вібраційні сушильні установки ВСУ-6.
4. По варианту № Б2(2) необхідно придбання 6 декантерних центрифуг 44"×132" і 20 вібраційних сушильних установок ВСУ-6.

Висновки

1. Використання процесу флокуляції частинок крупністю менше 0,1 мм по варианту Б1 дозволяє утворювати флокули в питанні осадительно-фільтруючих центрифуг, що перевищують по крупності вихідний матеріал в 1,157 разів з 0,178 мм до 0,206 мм, що дозволяє знизити вологість осаду на 2,3% з 15,5% до 13,2%. Однак і це значення не задовольняє вимогам ТЗ (12%).
2. Використання вібраційних сушильних установок типу ВСУ-6 забезпечує зниження вологості до 11,5%, що відповідає вимогам ТЗ (12,0%). Досушванню підлягає весь осадок осадительно-фільтруючих центрифуг по варианту № А3 (175,8 т/ч) з вологістю 15,5% і зольністю 9,0%. В цьому випадку відпадає необхідність в вібраційних грохотах і сгустителях, однак збільшується кількість центрифуг в порівнянні з варіантом № Б1 і № Б2(1).
3. Застосування ВСУ-6 передбачає будівництво нового приміщення для їх розміщення або їх встановку в існуючому сушильному відділенні (або замість нього).
4. Застосування глибокої сушки частин осаду центрифуг необхідно обов'язково розглядати при наявності в шихті углей тільки марок «К» і «Ж». В цьому випадку кількість установок скорочується на 16 шт. по варианту № Б2(1) і на 11 шт. по варианту № Б2(2). При наявності в шихті углей марок «К», «Ж», «Г» і «Т» зменшення кількості установок ВСУ-6 по варианту № Б2(1) становить 5 шт., по варианту № Б2(2) – 2 шт., що може бути з практичної точки зору нецелесообразним через появу делітелів, смесителів і додаткових ленточних конвеєрів.
5. Вибір варіанта технології обезвоживання углевих шламових продуктів повинен бути здійснений на основі ТЭО, включаючих в себе як технологічну, так і економічну частину.

Список літератури

1. Полулях А.Д. Розробка технології обезвоживання углевих шламових продуктів УПЦ №1 ЧАО «Авдеевський КХЗ» (частина 1) / А.Д. Полулях // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 72(113). – С.
2. Исследовать, разработать и испытать методы интенсификации работы флото-фильтровального отделения ПАО «ДТЭК Добропольская ЦОФ». Этап № 1 «Исследовать и

подобрать в лабораторных условиях наиболее эффективные флокулянты с целью разработки оптимальных режимов обезвоживания флотоконцентрата: Расширенная аннотация / Рук. Л.А. Морозова.– Луганск: ГП «Укрнииуглеобогащение», 2011. – 40 с.

3. Протокол промышленных испытаний режимов обезвоживания флотоконцентрата ГОФ «Самсоновская» с применением эффективных флокулянтов и ОРВ-технологии от 17 октября 2012 г.

4. Исследовать, разработать и испытать методы интенсификации работы флото-фильтровального отделения ГОФ «Самсоновская» ПАО «Краснодонуголь». Этап № 1 «Разработать оптимальные режимы флокулирования и осуществить подбор эффективных флокулянтов для фильтрования флотоконцентрата и сгущение отходов флотации: Расширенная аннотация / Рук. Л.А. Морозова. – Луганск: ГП «Укрнииуглеобогащение», 2012. – 25 с.

5. Разработать испытать оптимальные реагентные режимы флотации угольных шламов с применением эффективных флотореагентов в условиях ПАО «ДТЭК Октябрьская ЦОФ». Этап № 3 «Исследовать качественные характеристики питания радиальных сгустителей и разработать оптимальные режимы его флокуляции: Расширенная аннотация / Рук. Л.А. Морозова. – Луганск: ГП «Укрнииуглеобогащение», 2012. – 19 с.

6. Фоменко Т.Г. Водно-шламовое хозяйство углеобогатительных фабрик / Т.Г. Фоменко, В.С. Бутовецкий, Е.М. Погарцева. – М.: Недра, 1974. – 272 с.

7. Хаддад Д.С. Транспортирование сыпучих материалов в вибрационной сушильной установке / Д.С. Хаддад // Науковий вісник НГУ. – 2005. – № 2. – С. 45-47.

8. Декларационный патент на изобретение № 69063А. Вибрационная сушилка / В.А. Федоскин, В.П. Франчук, В.Р. Плахотнюк, В.Г. Кузнецов, Д.С. Д.С. Хаддад. Украина. – Опубл. 16.08.04. Бюл. № 8.

9. Кирнарский А.С. Термическая сушка углей с высоким выходом летучих / А.С. Кирнарский // Уголь Украины. – 2015. – № 7-8. – С. 55-59.

10. Гарбер В. Условия безопасной работы аппаратов термической сушки угля / В. Барбер, В. Козлов, К. Кирилов // Уголь. – 2014. – № 5. – С. 104-107 и № 6. – С. 62-66.

11. Леонов В.Б. Практика внедрения технологий Деррик на угольных обогатительных фабриках / В.Б. Леонов // Уголь. – 2014. – № 8. – С. 82-83.

12. Гувер В. Тонкое грохочение Деррик в технологии обогащения минерального сырья: Перевод с англ. – 2015. – 16 с.

13. Шевченко Н.Я. Вибрационные грохота для тонкой классификации полидисперсных материалов / Н.Я. Шевченко // Уголь Украины. – 2005. – № 3. – С. 35-36.

14. Бродзик П. Применение технологии Stach Sizer™ Derrick Corporation для уменьшения зольности угля в цикле обогащения с винтовыми сепараторами / П. Бродзик. – Буффало: Деррик Корпорация, 2010. – 15 с.

15. Reinhofer R. The Design and Development of the Derrick CIP/CIL Interstage Screen in termountain Mining and Processing operators Symposium. – Elko, Nevada, 1988. – 16 с.

16. Выполнить анализ работы сушильной установки ЦОФ «Павлоградская», определить предел снижения влаги мелкого концентрата в сушильном барабане и разработать режимные параметры его работы и рекомендации по усовершенствованию: Отчет о НИР / Рук. А.В. Лобанов и А.Д. Полулях. – Луганск: Укрнииуглеобогащение, 1996. – 87 с.

17. Филиппов В.А. Технология сушки и термоаэроклассификация углей / В.А. Филиппов. – М.: Недра, 1987. – 287 с.

© Полулях А.Д., 2019

*Надійшла до редколегії 21.08.2019 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. І.К. Младецьким*