

флокулянта, но добиться восстановления осветленного слоя не удалось, поэтому сгущенный продукт был откачан и произведена перезагрузка сгустителя.

В последующем сгуститель перешел в установившееся равновесное состояние. При достижении равновесного состояния сгустителя слив был чистым (100-250 мг/л), а сгущенный продукт уплотнялся до 25-30% твердого. В процессе пуска – наладочных работ установлено, что оптимальное содержание твердого в питании составляет 2-4,5%, что достигалось за счет системы авто-разбавления исходного продукта.

Выводы

1. При работе сгустителя на глинистой пульпе при заданной нагрузке по объему и содержанию твердого, получаем чистый слив и сгущенный продукт с содержанием твердого 25-30%.

2. При переходе на работу с избыточной примесью зернистой фракции в условиях повышенного содержания твердого в питании сгустителя имеет место взмучивание намытой постели, что приводит к ухудшению качества слива.

3. Работа сгустителя технологически связана с работой водно – шламового комплекса, в частности с эффективностью разделения в дешламаторах и гидроциклонных установках.

© Кирнарский А.С., 2019

Надійшла до редколегії 03.09.2019 р.

Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим

УДК 622.794

<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.34295.85929>

А.Н. ВОРОНОВ,

А.Д. ПОЛУЛЯХ, д-р техн. наук

(Украина, Днепр, ОП «Укрниуглеобогащение» ГП «НТЦ «Углеинновация»)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ДИСКОВЫХ ВАКУУМ-ФИЛЬТРОВ ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ УГОЛЬНОГО ФЛОТОКОНЦЕНТРАТА

Введение. На углеобогатительных фабриках обезвоживанию на дисковых вакуум-фильтрах подвергаются в основном легко фильтрующиеся суспензии флотационных концентратов. Твердая фаза таких суспензий представляет собой обогащенный тонкозернистый материал зольностью 6-18%.

Флотоконцентрат, плотность которого колеблется в пределах 1300-1500 кг/м³, является полидисперсным материалом со средним диаметром частиц 0,1-0,4 мм, содержащим 20-60% частиц крупностью меньше 0,05 мм и 5-10% больше 0,5 мм. Концентрация твердой фазы составляет 200-400 кг/м³.

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Основними показателями роботи дискових вакуум-фільтрів являються: виход твердого в осадок і в фільтрат, його зольність і гранулометричний склад, а також вологість осадка. Все ці показателі залежать від гранулометричного складу вихідного продукту і режимних параметрів роботи дискових вакуум-фільтрів. Знання цих даних дозволяє здійснити розрахунок операцій обезвоживання флотоконцентратів при розрахунках якісно-кількісних і водно-шламових схем углеобогатительних фабрик.

Цель работы. Целью работы является определение коэффициентов извлечения классов крупности исходного материала в фильтрат дисковых вакуум-фильтров на операции обезвоживания флотоконцентрата, среднего значения влажности осадка и коэффициента изменения зольности твердого в фильтрате по отношению к зольности исходного продукта.

Метод исследований. Основным методом исследований является обобщение качественно-количественных данных гранулометрических составов продуктов обезвоживания угольного флотоконцентрата на дисковых вакуум-фильтрах, работающих в различных производственных условиях.

Изложение основного материала. Для расчета указанной технологической операции необходимо установить величину значений коэффициентов извлечения классов крупности исходного флотоконцентрата в фильтрат дискового вакуум-фильтра, усредненную влажность его осадка и коэффициент увеличения зольности твердого в фильтрате.

Значение этих величин определены на основе усреднения балансов гранулометрических составов продуктов обезвоживания флотоконцентрата углеобогатительных фабрик на дисковых вакуум-фильтрах, приведенных в [1-26]. Нагрузка и режимные параметры дисковых вакуум-фильтров во время их опробования соответствовали паспортным характеристикам. Размер отверстий фильтровальных сеток на дисковых вакуум-фильтрах составлял: ширина 0,3-0,4 мм, длина 0,4-0,6 мм, при живом сечении сеток 22-25%.

Усреднение балансов гранулометрического состава продуктов обезвоживания угольного флотоконцентрата на дисковых вакуум-фильтрах приведено в табл.1.

Таблица 1

Гранулометрический состав продуктов технологической операции
«Обезвоживание угольного флотоконцентрата на дисковых вакуум-фильтрах»

№ п/п	Фабрика, грохот, источник []	Продукт	Выход класса, %							Зольность, %	Выход продукта к исходному, %	Содержание твердого, кг/м ³
			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	6	10	11	12	13
1	«Дзержинская» «Украина-80» [1]	Исходный			12,3	16,9	14,1	56,7	100,0	12,5	100,0	237
		Осадок			14,4	20,3	11,9	53,4	100,0	10,5	82,1	W=33,3%
		Фильтрат			2,9	1,4	24,3	71,4	100,0	21,7	17,9	56

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	6	10	11	12	13
2	«Добропольская» «Украина-80» [2]	Исходный		3,0	17,3	8,8	15,9	55,0	100,0	12,0	100,0	148
		Осадок		3,3	18,4	9,6	14,1	54,6	100,0	11,5	83,5	W=30,0%
		Фильтрат		1,6	11,7	5,0	25,0	56,7	100,0	15,0	16,5	28
3	«Добропольская» «Украина-80» [3]	Исходный		7,3	19,9	12,3	19,0	41,5	100,0	16,2	100,0	202
		Осадок		8,0	20,8	12,8	19,6	38,8	100,0	16,0	91,2	W=28,7%
		Фильтрат			10,0	6,7	13,3	70,0	100,0	18,7	8,8	83
4	«Дуванская» «Украина-80» [4]	Исходный	0,18	6,08	27,25	18,89	5,79	41,81	100,0	10,9	100,0	161
		Осадок	0,22	7,36	31,02	17,79	4,89	38,72	100,0	10,0	78,3	W=23,0%
		Фильтрат	0,03	1,22	13,53	22,88	8,86	53,48	100,0	14,0	21,7	40
5	«Киевская» ДОО-160 [5]	Исходный			0,41	9,54	22,44	67,61	100,0	6,9	100,0	260
		Осадок			0,42	9,01	23,02	67,55	100,0	6,2	86,4	W=25,2%
		Фильтрат			0,31	12,86	18,77	67,88	100,0	7,5	13,6	47
6	«Колосниковская» «Украина-80» [6]	Исходный		2,7	7,9	10,4	18,8	60,2	100,0	9,1	100,0	269
		Осадок		2,9	8,2	10,8	19,0	59,1	100,0	8,8	93,6	W=27,6%
		Фильтрат			2,3	5,2	16,5	76,0	100,0	13,5	6,4	23
7	«Красноармейская» «Украина-80» [7]	Исходный		6,6	7,5	9,9	15,0	61,0	100,0	18,5	100,0	320
		Осадок		6,9	7,9	10,3	14,8	60,1	100,0	17,5	95,3	W=25,0%
		Фильтрат					20,0	80,0	100,0	38,8	4,7	17
8	«Краснолиманская» «Украина-80» [8]	Исходный		13,7	16,8	9,7	12,9	46,3	100,0	8,3	100,0	295
		Осадок		14,3	17,5	8,5	13,4	46,3	100,0	8,0	96,0	W=29,6%
		Фильтрат				38,9	1,1	60,0	100,0	15,0	4,0	18,0
9	«Краснолиманская» «Украина-80» [9]	Исходный		1,7	20,3	11,9	19,1	47,0	100,0	9,5	100,0	304
		Осадок		1,7	21,0	11,9	19,1	46,3	100,0	9,2	92,8	W=27,3%
		Фильтрат		1,1	10,7	13,2	20,0	55,0	100,0	13,4	7,2	31
10	«Краснолиманская» «Украина-80» [10]	Исходный		0,11	3,75	15,44	17,25	63,45	100,0	11,9	100,0	250
		Осадок		0,16	4,47	17,74	19,22	58,41	100,0	11,3	75,0	W=27,3%
		Фильтрат		0,06	1,32	8,45	11,36	78,81	100,0	13,8	25,0	77
11	«Нагольчанская» «Горняк-140» [11]	Исходный		0,7	1,6	2,2	8,1	87,4	100,0	19,5	100,0	280
		Осадок		0,8	0,7	1,3	8,0	89,2	100,0	18,5	86,5	W=27,0%
		Фильтрат			7,4	8,2	8,9	75,5	100,0	25,9	13,5	48
12	«Моспинская» «Украина-80» [12]	Исходный	4,1	3,3	5,8	10,4	16,7	59,7	100,0	12,5	100,0	275
		Осадок	5,0	3,8	6,6	11,3	17,0	56,3	100,0	11,3	83,3	W=25,0%
		Фильтрат			1,7	6,7	15,0	76,6	100,0	18,5	16,7	60
13	«Октябрьская» «Украина-80» [13]	Исходный		11,3	20,0	11,3	16,4	41,0	100,0	13,4	100,0	297
		Осадок		12,5	20,3	11,9	16,9	38,4	100,0	12,9	82,0	W=31,5%
		Фильтрат			19,1	8,4	13,7	58,7	100,0	15,9	18,0	75
14	«Октябрьская» «Украина-80» [14]	Исходный		2,9	12,7	9,5	15,1	59,8	100,0	12,5	100,0	290
		Осадок		5,1	20,3	12,1	16,4	46,1	100,0	12,2	91,4	W=31,5%
		Фильтрат			14,4	9,9	16,4	59,4	100,0	15,7	8,6	80
15	«Октябрьская» «Украина-80» [15]	Исходный	0,06	3,80	11,51	12,72	4,43	67,48	100,0	21,1	100,0	185
		Осадок	0,07	4,08	12,63	13,87	4,44	64,91	100,0	20,2	89,0	W=32,8%
		Фильтрат		1,73	2,35	3,48	4,15	88,29	100,0	28,4	11,0	28
16	«Пролетарская» «Украина-80» [16]	Исходный			5,0	2,5	24,5	68,0	100,0	9,0	100,0	300
		Осадок			5,3	2,6	26,7	65,4	100,0	8,4	91,5	W=26,1%
		Фильтрат			0,7	1,2	0,8	97,3	100,0	15,6	8,5	35

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
17	«Пролетарская» «Украина-80» [17]	Исходный		2,7	4,1	5,8	7,0	80,4	100,0	11,2	100,0	239
		Осадок		5,1	9,4	6,0	5,0	74,5	100,0	10,4	87,4	W=32,5%
		Фильтрат		1,4	0,8	1,9	4,0	91,9	100,0	15,2	12,6	112
18	«Пролетарская» «Украина-80» [17]	Исходный			1,1	7,8	30,9	60,2	100,0	8,2	100,0	252
		Осадок			1,4	8,5	23,2	66,9	100,0	7,9	84,8	W=31,9%
		Фильтрат			0,7	7,2	24,5	67,6	100,0	8,5	15,2	120
19	«Самсоновская» «Горняк» [18]	Исходный	0,45	1,55	22,59	27,58	12,28	35,55	100,0	11,2	100,0	260
		Осадок	0,51	1,63	23,72	27,92	12,09	34,13	100,0	10,7	91,0	W=26,9%
		Фильтрат	0,03	0,69	11,08	24,18	14,06	49,96	100,0	16,8	9,0	50
20	«Самсоновская» «Украина-80» [19]	Исходный	3,0	17,6	17,9	18,6	5,8	37,1	100,0	10,3	100,0	270
		Осадок	3,3	19,4	17,7	20,3	3,7	35,6	100,0	9,7	90,9	W=26,3%
		Фильтрат		0,1	19,7	1,6	26,8	51,8	100,0	16,3	9,1	30
21	«Селидовская» «Украина-80» [20]	Исходный			0,5	1,5	5,0	93,0	100,0	34,8	100,0	170
		Осадок			0,6	1,7	4,4	93,3	100,0	34,4	90,0	W=32,4%
		Фильтрат					10,0	90,0	100,0	38,6	10,0	20
22	«Селидовская» «Украина-80» [21]	Исходный		0,17	1,75	10,86	6,10	81,12	100,0	12,6	100,0	401
		Осадок		0,08	1,27	11,0	5,93	81,72	100,0	12,5	85,8	W=26,7%
		Фильтрат		0,76	5,37	9,51	7,36	77,0	100,0	13,2	14,2	81
23	«Углегорская» «Украина-80» [22]	Исходный	2,3	4,8	7,6	14,1	29,5	41,7	100,0	30,6	100,0	180
		Осадок	11,6	30,3	18,8	13,2	15,8	10,3	100,0	26,0	51,7	W=20,0%
		Фильтрат	0,1	1,6	8,1	23,2	29,6	37,4	100,0	33,7	48,3	70
24	«Червоноградская» «Украина-80» [23]	Исходный		1,2	5,1	14,1	11,9	67,7	100,0	14,3	100,0	178
		Осадок		1,6	5,2	13,9	11,9	67,4	100,0	13,7	77,1	W=35,4%
		Фильтрат			4,5	14,8	12,0	68,4	100,0	16,5	22,9	46
25	«Червоноградская» «Украина-80» [23]	Исходный			2,5	11,5	13,3	72,7	100,0	15,3	100,0	113
		Осадок			2,6	13,2	9,1	75,1	100,0	15,1	75,9	W=31,3%
		Фильтрат			2,1	6,2	26,6	65,1	100,0	16,0	24,1	28
26	«Карагандинская» «Украина-80» [24]	Исходный	3,15	9,86	21,99	32,05	8,08	24,87	100,0	18,5	100,0	281
		Осадок	3,82	10,53	22,95	31,05	7,47	24,18	100,0	18,0	75,3	W=19,5%
		Фильтрат	1,05	7,9	19,26	35,05	9,9	26,84	100,0	20,0	24,7	86
27	ОФ-38 «Украина-80» [25]	Исходный		4,37	15,71	25,32	5,32	49,28	100,0	10,9	100,0	354
		Осадок		5,36	14,51	30,49	4,88	39,76	100,0	9,7	81,0	W=24,8%
		Фильтрат				3,39	7,14	89,47	100,0	15,8	19,0	80
28	«Добропольская» «Украина-80» [26]	Исходный		0,33	7,57	8,80	12,20	71,10	100,0	15,4	100,0	202
		Осадок		0,49	9,13	9,08	12,43	68,87	100,0	14,2	67,6	W=28,7%
		Фильтрат			4,4	8,2	11,7	75,7	100,0	17,9	32,4	83
29	«Добропольская» «Украина-80» [26]	Исходный	27,0	26,3	15,5	3,0	3,6	24,6	100,0	21,4	100,0	400
		Осадок	28,7	28,0	16,3	3,1	3,7	20,2	100,0	18,1	94,1	W=35,2%
		Фильтрат			3,7	1,7	2,3	92,3	100,0	74,1	5,9	40
30	«Добропольская» «Украина-80» [26]	Исходный	26,4	24,3	12,3	3,3	4,2	29,5	100,0	26,5	100,0	540
		Осадок	28,1	25,3	12,7	3,1	4,8	26,0	100,0	23,7	95,1	W=33,7%
		Фильтрат			2,1	1,2	1,8	94,9	100,0	81,4	4,9	45
	Среднее	Исходный	2,22	5,21	10,87	11,89	13,36	56,45	100,0	14,8	100,0	
		Осадок	2,61	6,03	11,71	12,28	13,33	54,04	100,0	13,4	84,85	W=28,5%
		Фильтрат	0,04	0,61	6,14	9,71	13,53	69,97	100,0	22,5	15,15	

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Всього рассмотрено 30 балансов гранулометрического состава продуктов обезвоживания на 17 углеобогачительных фабриках.

Извлечение классов крупности в фильтр $(\varepsilon_{\phi,i}^{\gamma})$ рассчитывается по формуле

$$\varepsilon_{\phi,i}^{\gamma} = \frac{\gamma_{\phi,i}}{\gamma_{u,i}}, \text{ д. ед.}, \quad (1)$$

где $\gamma_{\phi,i}$ – выход (к исходному продукту) i -го класса крупности в фильтрате, %;
 $\gamma_{u,i}$ – выход i -го класса крупности в исходном продукте, %.

Коэффициент изменения зольности твердого в фильтрате (ε_{ϕ}^A) определяется, как

$$\varepsilon_{\phi}^A = \frac{A_{\phi}^d}{A_u^d}, \text{ д. ед.}, \quad (2)$$

где A_{ϕ}^d, A_u^d – зольность, соответственно, твердого в фильтрате и исходного продукта, %.

Усредненная влажность осадка принимается по табл. 1.

Определение показателей $(\varepsilon_{\phi,i}^{\gamma})$ и (ε_{ϕ}^A) приведено в табл. 2.

Таблица 2

Определение коэффициентов извлечения классов крупности в фильтрат дисковых вакуум-фильтров при обезвоживании флотоконцентрата углеобогачительных фабрик

Продукты	Показатели	Выход класса, %							Выход к исходному, %	Зольность, %
		+1	0,5-1	0,25-0,5	0,125-0,25	0,063-0,125	-0,063	Итого		
Исходный	Выход к исходному, %	2,22	5,21	10,87	11,89	13,36	56,45	100,0	100,0	14,8
Осадок	Выход к продукту, %	2,61	6,03	11,71	12,28	13,38	54,04	100,0	84,85	13,4
Фильтрат	Выход к продукту, %	0,04	0,61	6,14	9,71	13,53	69,97	100,0	15,15	22,5
	Выход к исходному, %	0,01	0,09	0,93	1,47	2,05	10,60	15,15	15,15	22,5
	$\varepsilon_{\phi,i}^{\gamma}$, расчетн.	0,004	0,017	0,086	0,124	0,154	0,128			
	$\varepsilon_{\phi,i}^{\gamma}$, рек.	0	0,115	0,085	0,120	0,150	0,190			
	ε_{ϕ}^A , расчетн.									1,52
	ε_{ϕ}^A , рек.									1,50

Из табл. 2 следует, что извлечение классов крупности при обезвоживании угольного флотоконцентрата на дисковых вакуум-фильтрат снижается с увеличением крупности, а коэффициент увеличения зольности твердого в фильтрате составляет $\varepsilon_{\phi}^A = 1,5$. Таким образом, при обезвоживании флотоконцентрата на дисковых вакуум-фильтрах зольность твердого в фильтрате увеличивается в 1,5 раза в сравнении с зольностью исходного материала.

Выводы

1. Установлены коэффициенты извлечения классов крупности исходного материала в фильтрат дисковых вакуум-фильтров при обезвоживании угольного флотоконцентрата.

2. Определено среднее значение влажности осадка дисковых вакуум-фильтров, а также значение коэффициента изменения зольности твердого в фильтрате в сравнении с зольностью исходного угольного флотоконцентрата.

3. Полученные результаты могут быть использованы для расчета качественно-количественных и водно-шламовых схем углеобогажительных фабрик.

Список литературы

1. Технологический регламент ЦОФ «Дзержинская» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: ГП «Укрнииуглеобогащение». – 2005. – 186 с.
2. Технологические регламенты основных процессов ЦОФ «Добропольская» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: Укрнииуглеобогащение. – 1997. – Т.1 – 74 с.
3. Выполнить комплексное опробование технологической схемы ЦОФ «Добропольская» и разработать рекомендации по ее усовершенствованию с целью снижения потерь горючей массы с отходами производства: Отчет о НИР / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: Укрнииуглеобогащение, 2003. – 40 с.
4. ТР 10.1-00185755-015:2011 Технологический регламент центральной обогатительной фабрики (ЦОФ) «Дуванская» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: ГП «Укрнииуглеобогащение». – 2011. – 113 с.
5. ТР 10.1-00185755-006:2007 Технологический регламент центральной обогатительной фабрики (ЦОФ) «Киевская» АП «Шахта им. Засядько» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: ГП «Укрнииуглеобогащение». – 2007. – 172 с.
6. Технологический регламент ЦОФ «Колосниковская» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: ГП «Укрнииуглеобогащение». – 2005. – 140 с.
7. Технологический регламент основных процессов ГОФ «Красноармейская» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: Укрнииуглеобогащение. – 1998. – Т.1. – 79 с. (печатн.).
8. Технологические регламенты основных процессов ЦОФ «Краснолиманская» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: Укрнииуглеобогащение. – 2000. – Т.1 – 92 с.
9. Технологический регламент ЦОФ «Краснолиманская» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: Укрнииуглеобогащение. – 2006. – 234 с.
10. ТР 10.1-00185755-023:2013 Технологический регламент ЦОФ «Краснолиманская» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: Укрнииуглеобогащение, 2013. – 136 с.
11. ТР 10.1-00185755-003:2007 Технологический регламент центральной обогатительной фабрики (ЦОФ) «Нагольчанская» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: ГП «Укрнииуглеобогащение». – 2007. – 146 с.
12. ТР 10.1-00185755-022:2012 ООО «Моспинское углеперерабатывающее предприятие

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

(УПП)» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: ГП «Укрнииуглеобогащение». – 2012. – 170 с.

13. Выполнить комплексное опробование технологической схемы ЦОФ «Октябрьская» и разработать рекомендации по ее усовершенствованию с целью снижения потерь горючей массы с отходами производства: Отчет о НИР / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: Укрнииуглеобогащение, 2003. – 56 с.

14. Технологические регламенты основных процессов ЦОФ «Октябрьская» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: Укрнииуглеобогащение. – 2004. – 681 с.

15. ТР 10.1-00185755-018:2011 Технологический регламент центральной обогатительной фабрики (ЦОФ) «Октябрьская» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: ГП «Укрнииуглеобогащение». – 2011. – 196 с.

16. Технологический регламент ЦОФ «Пролетарская» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: ГП «Укрнииуглеобогащение». – 2005. – 162 с.

17. ТР 10.1-00185755-017:2011 Технологический регламент центральной обогатительной фабрики (ЦОФ) «Пролетарская» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: ГП «Укрнииуглеобогащение». – 2011. – 206 с.

18. ТР 10.1-00185755-014:2011 Технологический регламент групповой обогатительной фабрики (ГОФ) «Самсоновская» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: ГП «Укрнииуглеобогащение». – 2011. – 96 с.

19. Выполнить комплексное опробование и осуществить расчет качественно-количественной и водно-шламовой схемы ОП ГОФ «Самсоновская»: Отчет о НИР / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: Укрнииуглеобогащение, 2004. – 36 с.

20. ТР 10.1-00185755-022:2012 Технологический регламент центральной обогатительной фабрики (ЦОФ) «Селидовская» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: ГП «Укрнииуглеобогащение», 2012. – 170 с.

21. Технологические регламенты основных процессов ЦОФ «Селидовская» / Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: Укрнииуглеобогащение. – 2004. – 208 с.

22. Выполнить комплексное опробование, осуществить расчет качественно-количественной и водно-шламовой схемы и разработать технологический регламент ЗАО «ЦОФ «Углегорская»: Отчет о НИР \ Рук. А.Д. Полулях. – Луганск: ГП «Укрнииуглеобогащение». 2007. – 25 с.

23. 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.

24. 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.

25. 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.

26. Клешнин А.А. Наладка, регулировка и эксплуатация фильтровальных отделений углеобогажительных фабрик / А.А. Клешнин, И.Н. Кейтельгиссер, Ю.М. Рабинович. – М.: Недра, 1985. – 135 с.

© Воронов А.Н., Полулях А.Д., 2019

*Надійшла до редколегії 16.10.2019 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*