

УДК 622.76

П. И. ПИЛОВ, д-р техн. наук**Д. А. ПОЛУЛЯХ**, аспирант

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

**ОЦЕНКА СПОСОБОВ ОБОГАЩЕНИЯ ПРОМПРОДУКТА НА
УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ**

На углеобогащительных фабриках Украины, перерабатывающих угли для коксования, в 2005 г. было выпущено 0,6 млн. т промпродукта с зольностью 37,3%, который используется как энергетическое топливо.

В связи с дефицитом, в 2006 г. Украиной было импортировано более 8,2 млн. коксового концентрата. Следовательно, поиск технических решений, направленных на увеличение доли отечественных угольных концентратов в производства кокса, является актуальной задачей. Одним из направлений увеличения выпуска коксового концентрата является его выделение из промпродукта путем его обогащения.

С точки зрения гравитационной сепарации [1] промпродукт принадлежит к сверхтрудной категории обогатимости, поэтому эффективность его переработки в основном зависит от его фракционного состава и технологической эффективности применяемых для этой цели обогащительных аппаратов.

В табл. 1 приведена динамика изменения фракционного состава промпродукта, который составлен на основе анализа научно-технической литературы [2-10].

Таблица 1

Динамика изменения состава промпродукта на ОФ Украины

№ п/п	Год	Наименование фабрики	Плотность фракций, т/м ³						Итого	
			-1,5		1,5-1,8		+1,8		γ _{из} , %	A ^d , %
			γ _{из} , %	A ^d , %	γ _{из} , %	A ^d , %	γ _{из} , %	A ^d , %		
1	1940	Углебойка Главкокса	60,0		19,9		20,1		100,0	
		Углебойка Главкокса	11,5		66,5		22,0		100,0	
		Среднее	35,8		43,2		21,0		100,0	
2	1952	Кальмиуская	21,4	7,3	50,8	28,9	27,8	68,7	100,0	35,3
		Узловская	28,1	6,2	38,1	30,8	33,8	70,0	100,0	37,1
		Никитовская	27,2	8,7	26,4	28,6	46,4	54,1	100,0	35,0
		Никитовская-Комсомолец	17,2	7,7	44,9	30,4	37,9	60,4	100,0	37,9
		Ирминская	22,8	8,7	42,9	32,6	34,3	62,1	100,0	37,3
		ОФ ДзКХЗ	27,1	11,0	30,8	30,5	42,1	65,9	100,0	40,1
		ОФ МКХЗ	28,8	8,4	36,7	31,1	34,5	60,1	100,0	34,6
		Среднее	24,6	8,3	38,7	30,5	36,7	62,5	100,0	36,8
3	1960*	Донецкий Совнархоз	19,4		39,1		41,5		100,0	
		Луганский Совнархоз	37,1		24,5		38,4		100,0	
		Днепропетровский Совнархоз	31,5		27,3		41,2		100,0	
		Запорожский Совнархоз	30,7		26,0		43,3		100,0	
		Среднее	25,0		34,0		41,0		100,0	
4	1972	Белореченская	25,4	16,02	30,4	36,78	44,2	73,04	100,0	49,4

Продолжение табл. 1

№ п/п	Год	Наименование фабрики	Плотность фракций, т/м ³						Итого	
			-1,5		1,5-1,8		+1,8		γ _{из} , %	A ^d , %
			γ _{из} , %	A ^d , %	γ _{из} , %	A ^d , %	γ _{из} , %	A ^d , %		
5	1987	Дзержинская	25,3		37,9		36,8		100,0	
		Никитовская	25,0		37,0		38,0		100,0	
		Горловская	27,4		28,8		43,8		100,0	
		Калининская	19,0		50,0		31,0		100,0	
		Узловская	21,8		54,0		25,0		100,0	
		Добропольская	29,5		34,7		35,8		100,0	
		Комсомольская	41,3		14,8		43,9		100,0	
		Пролетарская	29,5		35,0		35,5		100,0	
		Краснолиманская	40,6		44,4		15,0		100,0	
		Чумаковская	33,0		45,0		22,0		100,0	
		Среднее	29,2		38,2		32,6		100,0	
6	1997	Комсомольская	36,6	16,8	31,7	37,3	31,7	81,2	100,0	43,7
7	1999	Краснолиманская	65,8	7,6	10,5	28,9	23,7	83,5	100,0	27,8
8	2000	Чумаковская	47,8	14,3	29,6	39,5	22,6	70,8	100,0	34,6
9	2000	Чумаковская	59,2	11,2	10,2	39,7	30,6	84,7	100,0	36,2
10	2004	Дуванская*	14,3	6,4	66,3	22,2	19,4	71,6	100,0	29,5
11	2004	Самсоновская*	27,5	8,9	39,5	28,8	33,0	76,4	100,0	39,0
12	2005	Дзержинская	23,5	9,8	46,4	32,2	30,1	74,6	100,0	39,7
13	2005	Колосниковская	30,3	17,0	31,4	35,5	38,3	68,1	100,0	42,3
14	2005	Пролетарская	13,5	18,0	14,5	45,5	72,0	76,0	100,0	63,8
15	2005	Чумаковская	62,1	7,6	8,7	39,6	29,2	80,2	100,0	31,7

* - плотность разделения 1,4 т/м³.

На рис. 1 приведены зависимости содержания в промпродукте концентратных, промпродуктовых и породных фракций и их зольностей за период с 1940 по 2005 г., построенные по данным табл. 1.

Из анализа рис. 1 следует, что за период с 1940 по 2005 года выход концентратной фракции в промпродукте, в среднем, вырос с 25 до 40 %, при небольшом росте зольности с 11,5 до 12 %. В промпродуктовой фракции наблюдается стабильное снижение выхода с 40 до 25 %, при росте зольности с 30 до 50%. Выход породной фракции снизился с 34 до 32 %, при росте зольности, в среднем, с 65 до 80%. Однако, с 1999 года наблюдается значительное увеличение выхода породной фракции в промпродукте с 23,6 до 42,4%, сопровождаемое снижением зольности с 83,5 до 74,7%.

Из изложенного следует вывод о переходе наименее зольной части промежуточной фракции промпродукта в концентрат, что приводит к увеличению зольности промпродукта и отходов. Однако просматривается тенденция к снижению выхода промежуточной фракции в промпродукте и снижению её зольности. Переход промежуточной фракции в породную приводит к росту выхода породной фракции в промпродукте при снижении её зольности. Общее повышение зольности продуктов обогащения объясняется увеличением зольности рядового угля.

Рис. 1. Выход и зольность фракций промпродукта

В табл. 2 приведены показатели обогащения промпродукта отсадочных машин с применением различного оборудования.

Оценка эффективности обогащения производилась по критерию Ханкока-Луйкена [12]

Таблица 2

Результаты обогащения промпродукта с применением различного оборудования

Спосо- б обога- ще- ния	ЦОФ Оборудование Класс, мм	Продукты	Плотность фракций, т/м ³								E, %
			-1,5		1,5-1,8		+1,8		Итого		
			$\gamma_{и^*}$, %	A^d , %	$\gamma_{и^*}$, %	A^d , %	$\gamma_{и^*}$, %	A^d , %	$\gamma_{и^*}$, %	A^d , %	
Мо- кра- я ви- нто- вая сеп- ара- ци- я	Комсомольская Стенд 1-3 мм [3]	Исходный	15,33	7,46	3,55	27,74	81,12	81,2	100,0	68,0	81,57
		Концентрат	13,43	6,9	2,29	28,47	2,81	57,5	18,53	17,25	
		Отходы	1,9	11,4	1,26	26,4	78,31	82,05	81,47	79,54	
	Комсомольская Стенд 3-13 мм [3]	Исходный	56,05	18,0	30,19	36,7	13,76	78,8	100,0	28,98	74,97
		Концентрат	53,3	17,13	25,46	20,29	1,76	55,6	80,52	18,97	
		Отходы	2,78	34,8	4,72	60,23	11,98	82,23	19,48	70,17	
	Комсомольская Стенд 1-13 мм [3]	Исходный	36,6	15,89	17,47	26,8	45,93	80,82	100,0	47,62	43,67
		Концентрат	25,83	15,6	16,14	25,32	0,91	56,14	42,88	20,12	
		Отходы	10,77	17,56	1,33	46,87	45,02	81,02	57,12	68,26	
	Комсомольская Стенд 1-3 мм+3-13мм [3]	Исходный	36,6	15,89	17,47	26,8	45,93	80,82	100,0	47,62	67,33
		Концентрат	34,26	15,21	14,39	20,91	2,26	56,77	50,91	18,67	
		Отходы	2,34	26,01	3,08	53,37	43,67	82,07	49,09	77,6	
Кон- цен- тра- ция в по- то- ке по- н- акл- он- ной п- ове- рх- но- сти	ОФ ККХЗ СКМ-1 1-13 мм [1]	Исходный	5,7	6,5	27,3	15,1	67,0	71,8	100,0	52,6	65,36
		Концентрат	5,7	6,5	25,35	12,7	7,31	45,8	38,36	18,1	
		Отходы	-	-	1,95	45,2	59,69	75,0	61,64	74,0	
	ОФ ККХЗ СКМ-1 1-13 [5]	Исходный	34,03	11,40	37,93	32,01	28,04	65,50	100,0	34,39	43,64
		Концентрат	17,32	10,75	4,5	30,12	0,29	50,9	22,1	15,21	
		Отходы	16,71	12,07	33,43	32,26	27,76	65,65	77,9	39,83	
Тя- же- ло- с- ред- няя сеп- ара- ци- я	Комендантская* ГТ710 1-13 мм [4]	Исходный	36,94	12,7	38,77	35,7	24,29	65,5	100,0	34,32	22,28
		Концентрат	11,22	11,61	3,87	30,8	0,11	55,8	15,2	14,13	
		Отходы	25,72	13,2	34,9	36,2	24,18	65,6	84,8	37,94	
	Саранская ГК-3 0,5-13 мм [5]	Исходный	67,6		12,3		20,1		100,0	28,3	92,25
		Концентрат	65,5		1,5		-		67,0	9,2	

я в цен тро бе жн ом по ле		Отходы	2,1		10,8		20,1		33,0	67,1	
	Шолоховская* ГК-3 0,5-13 мм [5]	Исходный	35,9		42,6		21,5		100,0	37,9	83,77
		Концентрат	30,3		0,4		-		30,7	7,2	
		Отходы	5,6		42,2		21,5		69,3	51,5	
	Березовская ГК-3 0,5-13 мм [5]	Исходный	26,5		44,8		28,7		100,0	44,4	89,53
		Концентрат	23,8		0,2		-		24,0	9,9	
		Отходы	2,7		44,6		28,7		76,0	55,3	

Продолжение табл. 2

Сп осо б обо га ще ни я	ЦОФ Оборудование Класс, мм	Продукты	Плотность фракций, т/м ³								E, %
			-1,5		1,5-1,8		+1,8		Итого		
			$\gamma_{и},$ %	$A^d,$ %	$\gamma_{и},$ %	$A^d,$ %	$\gamma_{и},$ %	$A^d,$ %	$\gamma_{и},$ %	$A^d,$ %	
Ги дра вли чес кая отс адк а	Чумаковская ОМ-18 0,5-13 мм [6]	Исходный	59,2	11,2	10,2	39,7	30,6	84,7	100,0	36,2	81,44
		Концентрат	51,7	11,1	2,1	38,1	0,3	78,0	54,1	12,6	
		Отходы	7,5	11,9	8,1	40,1	30,3	84,8	45,9	64,0	
	Дуванская* ОМ-18 1-13 мм [7]	Исходный	13,9	6,6	63,99	23,0	22,2	73,7	100,0	32,0	60,56
		Концентрат	11,1	6,1	15,7	16,1	0,9	61,3	27,7	13,6	
		Отходы	2,8	8,6	48,2	25,2	21,3	74,2	72,3	39,1	
	Чумаковская ОМ-18 1-13 мм [12]	Исходный	62,1	7,55	8,7	39,64	29,2	80,24	100,0	31,76	77,49
		Концентрат	50,1	5,97	1,7	30,12	0,1	69,63	51,3	7,0	
		Отходы	12,0	14,15	7,0	41,95	29,1	80,55	48,7	57,84	
	Углемойка* ОМ 0,5-13 мм [13]	Исходный	60,5		20,1		19,4		100,0		31,03
		Концентрат	50,8		9,9		2,0		71,7		
		Отходы	0,7		10,2		17,4		28,3		
МГ Д – сеп ара ция	Стенд 1-8 мм [14]	Исходный	29,22	6,82	33,01	36,54	37,77	78,0	100,0	43,52	84,34
		Концентрат	25,16	6,51	1,11	23,8	0,13	68,1	26,4	7,54	
		Отходы	4,06	8,75	31,9	36,98	37,64	78,03	73,6	56,43	

* - плотность разделения 1,4 т/м³.

Из данных табл. 2 следует, что эффективность обогащения промпродукта на МВС составляет 43,67-81,57%, на концентрационных столах – 22,28-43,64%; тяжелосреднего обогащения в центробежном поле – 65,36-92,25%; гидравлической отсадкой – 31,03-81,44%; МГД – сепарацией – 84,34%. Из этого следует вывод, что в промышленных условиях наиболее высокие показатели достигаются при обогащении промпродукта в тяжелых средах в центробежном поле и – МГД-сепарацией. Таким образом, для эффективного разделения

промпродукта на составляющие фракции необходимо использовать, помимо гравитационных сил, иные, интенсифицирующие процесс разделения силы, какими в приведенных выше примерах являются центробежная и сила Лоренца. Одним из возможных решений по повышению эффективности разделения является применение гидродинамических, инерционных сил и сил трения, учитывающих особенности форм, коэффициентов трения и гидродинамики разделяемых частиц.

Подобное техническое решение заложено в трибогидросепараторе [11], в котором исходный материал подается на наклонную эластичную поверхность с закрепленными на ней поперечными рифлями в виде срезанных прямоугольных пластин, где под действием гидродинамических струй происходит промывка частиц. Так как угол наклона эластичной поверхности соответствует коэффициенту трения частиц, то угольные частицы, имеющие меньший коэффициент трения и более округленную форму, легко скатываются вниз по эластичной поверхности в разгрузку. Породные частицы остаются между рифлями, преодолевают действие гидродинамических струй и транспортируются эластичной поверхностью вверх к разгрузочному устройству.

Список литературы

1. Справочник по обогащению углей / Под ред. **И.С. Благова, А.М. Коткина, Л.С. Зарубина**. – М.: Недра. – 1984. – 614 с.
2. **Благов И.С.** Обогащение углей на концентрационных столах. – М.: Недра. – 1967. – 135 с.
3. **Кирнарский А.С.** Технологические основы мокрой винтовой сепарации угля: Дис. ... д-ра техн. наук. – Днепропетровск, НГУ. – 2000. – 378 с.
4. **Иофа М.Б., Зарубин Л.С., Хайдакин В.И.** Обогащение мелкого угля в тяжелосредних гидроциклонах. – М.: Недра. – 1978. – 239 с.
5. **Полулях А.Д.** Технологические регламенты углеобогатительных фабрик: Справочно-информационное пособие. – Днепропетровск: НГУ. – 2002. – 855 с.
6. **Копычев А.А.** Обогащение полупродукта на углеобогатительных фабриках // Коксохимия. – 1941. - №4. – С.1-6.
7. **Вессельман С.Г., Андреев А.В.** Магнитогидродинамическая сепарация промпродуктов // Обогащение и брикетирование угля. – 1965. - № 8. – С.33-36.
8. **Самылин Н.А., Корнилевский Э.В.** Анализ состава промпродукта углеобогатительных фабрик Украины и меры по снижению его выхода. В кн. Научные труды Укрнииуголобогащение. Т. 1. – М.:Госгортехиздат. – 1962. – С.65-79.
9. **Кейтельгиссер И.Н.** Исследование полупродукта обогатительных фабрик и разработка схем его обогащения. Дис. ... канд.техн.наук. – Днепропетровск, ДГИ. – 1953. – 363 с.
10. **Кипа В.К., Ельяшевич М.Г., Пырлык А.А.** Дробление промпродукта на ЦОФ «Белореченская» // Обогащение и брикетирование угля. – 1972. - №11. – С.3-4.
11. **Полулях О.Д.** Трибогидросепаратор: Декларационный патент на корисну модель. – 2006. – Бюл. №9. - № 17057.
12. **Барский Л. А., Плаксин И. Н.** Критерии оптимизации разделительных процессов. – М.: Наука. – 1967. – с.

*Надійшла до редколегії _____
Рекомендовано до публікації д .т. н. О.М. Туркеничем*