

УДК. 622.73/74

В.И. ЧМИЛЕВ

(Украина, Макеевка, ЦОФ "Пролетарская"),

Д.А. ПОЛУЛЯХ, д-р техн. наук, **Д.В. ШЕВЧЕНКО**

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОМПРОДУКТА УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК КАК ОБЪЕКТА ОБОГАЩЕНИЯ

В связи с дефицитом коксующихся углей увеличение выхода коксового концентрата на углеобогадательных фабриках Украины является актуальной задачей. [1]

Одним из путей решения этой задачи – снижение выпуска промпродукта за счёт его повторного обогащения и получения дополнительного выхода коксового концентрата. Для определения целесообразности принятия подобного технического решения необходимо специальное исследование промпродукта углеобогадательных фабрик как объекта обогащения.

Исследованию подвергались промпродукты ЦОФ "Держжинская" (ш. "Дуванская", марка угля "Ж", зольность рядового угля 38,8%) и ш. "Юбилейная" (ш. "Дуванская", марка угля "Г", зольность рядового угля 40,2%), ЦОФ "Колосниковская" (ш. "Красноармейско-Западная", марка угля "К", зольность рядового угля 32,8%) и ЦОФ "Пролетарская" (ш. "13-бис", марка угля "К", зольность рядового угля 48,0%).

Шахты выбирались по количеству промпродуктовых фракций в рядовом угле.

Для оценки промпродукта как объекта обогащения определяются следующие показатели:

– степень дробления материала

$$i = d_{\bar{n}\delta.\bar{e}\bar{n}\delta} d_{\bar{n}\delta.\bar{a}\delta}$$

где $d_{\bar{n}\delta.\bar{e}\bar{n}\delta}$ и $d_{\bar{n}\delta.\bar{a}\delta}$ – средний диаметр зерен соответственно исходного и дробленого продуктов;

Загальні питання технології збагачення

– степень раскрываемости промежуточной фракции

$$t = \frac{\gamma_{1,5-1,8 \text{ èñð}} - \gamma_{1,5-1,8 \text{ äð}}}{\gamma_{1,5-1,8 \text{ èñð}}} \cdot 100\%$$

где $\gamma_{1,5-1,8 \text{ èñð}}$ и $\gamma_{1,5-1,8 \text{ äð}}$ – выход фракции 1,5–1,8 т/м³, соответственно, в исходном и дробленом продуктах, %;

– степень шламообразования

$$\ell = \frac{\gamma_{0-1 \text{ äð}} - \gamma_{0-1 \text{ èñð}}}{\gamma_{+1 \text{ èñð}}} \cdot 100\%$$

где $\gamma_{0-1 \text{ èñð}}$ и $\gamma_{0-1 \text{ äð}}$ – выход класса 0–1 мм, соответственно, в исходном и дробленом продуктах, %; $\gamma_{+1 \text{ èñð}}$ – выход класса +1 мм в исходном продукте, %.

Одно из условий целесообразности применения дробления для раскрываемости фракций 1,5–1,8 т/м³ – необходимость выполнения следующего неравенства:

$$t > 2\ell$$

Данные исследований промпродукта ш. "13-бис", полученного при обогащении рядового угля на ЦОФ "Пролетарская", приведены в табл. 1 и 2.

Из табл. 1 следует, что при степени дробления крупного промпродукта ш. "13-бис" $i = 7,69$ происходит увеличение фракций – 1,5 т/м³ с 0,18 до 0,23% и фракций +1,8 т/м³ с 94,47 до 95,38% за счет уменьшения выхода фракций плотностью 1,5–1,8 т/м³ на 0,98% с 5,35 до 4,37%. При этом зольность легких фракций снижается с 22,6 до 15,2%, а тяжелых остается практически неизменной.

Следует отметить незначительный рост выхода класса 0–1 мм с 12,33 до 14,67% при снижении зольности с 74,2 до 73,3%.

Таким образом, дробление крупного промпродукта ш. "13-бис" целесообразно, так как $t_{(18,32)} > 2\ell_{(2,2,67)}$.

Таблица 1

Фракционный состав крупного промпродукта при
обогащении рядовых углей ш. "13-бис"

Загальні питання технології збагачення

Плотность фракций, т/м ³	Крупный промпродукт					
	до дробления, кл. 0–100 мм			после дробления, кл. 0–13 мм		
	γ, % к классу	γ, % к фракции	A ^d , %	γ, % к классу	γ, % к фракции	A ^d , %
–1,5	0,16	0,18	22,6	0,21	0,25	15,2
1,5–1,8	4,69	5,35	29,6	3,73	4,37	27,0
+1,8	82,82	94,47	84,9	81,39	95,38	85,09
Итого	87,67	100,0	81,83	85,33	100,0	82,38
Класс 0–1 мм	12,33	–	74,2	14,67	–	73,3
Всего	100,0	–	80,89	100,0	–	81,05
<i>i</i>	1			7,69		
<i>t</i> , %	0			18,32		
<i>l</i> , %	0			2,67		

Таблица 2

Фракционный состав мелкого промпродукта при обогатении рядовых углей ш. "13-бис"

Плотность фракций, т/м ³	Мелкий промпродукт								
	Класс 0–13 мм			Класс 0–6 мм			Класс 0–3 мм		
	γ, % к классу	γ, % к фракции	A ^d , %	γ, % к классу	γ, % к фракции	A ^d , %	γ, % к классу	γ, % к фракции	A ^d , %
–1,5	0,28	0,36	18,2	6,97	9,71	17,2	4,20	7,22	13,6
1,5–1,8	6,92	9,09	38,9	1,06	8,48	36,7	4,64	7,97	33,7
+1,8	69,01	90,55	69,2	63,74	81,81	74,8	49,34	84,81	78,4
Итого	76,21	100,0	66,26	71,77	100,0	65,98	58,18	100,0	70,16
Класс 0–1 мм	23,79	–	73,2	28,23	–	70,8	41,82	–	65,9
Всего	100,0	–	67,91	100,0	–	67,34	100,0	–	68,38
<i>i</i>	1			2,16			4,33		
<i>t</i> , %	0			6,71			12,33		
<i>l</i> , %	0			5,82			23,66		

Анализ табл. 2 показывает, что при степени дробления мелкого промпродукта ш. "13-бис" $i = 2,16$ и $4,33$ происходит незначительное уменьшение выхода фракций плотностью $1,5–1,8$ т/м³, соответственно, с 9,09 до 8,48% и с 9,04 до 7,97% соответственно. При этом зольность легкой фракции снижается на 1,0 и 4,6%, а зольность тяжелых увеличивается на 5,6 и 9,2% соответственно. Однако при этом выход класса 0–1 мм увеличивается при $i = 2,16$ на 4,44% с 23,79 до 28,23%, а при $i = 4,33$ на 18,03% с 23,79 до 41,82%. Зольность класса 0–1 мм снижается с 73,2% соответственно на 2,4 и 7,3%.

Таким образом, дробление мелкого промпродукта ш. "13-бис" нецелесообразно, так как при $i = 2,16$, а при $i = 4,33$

Загальні питання технології збагачення

$$t_{(12,33)} < 2l_{(2.23,66)}$$

Данный мелкий промпродукт целесообразно разделять как механическую смесь концентратных, промежуточных и породных фракций, причем удалению подлежит породная фракция с целью доведения зольности получаемого промпродукта до зольности товарного промпродукта.

Данные исследований промпродукта ш. "Дуванская", полученного при обогащении рядового угля на ЦОФ "Джзаржинская" приведены в табл. 3 и 4.

Из табл. 3 следует, что при степени дробления крупного промпродукта ш. "Дуванная" $i = 7,69$ происходит увеличение выхода фракций $-1,5$ т/м³ с 1,55 до 2,86% и фракции $+1,8$ т/м³ с 85,85 до 86,29% за счет уменьшения выхода фракции $1,5-1,8$ т/м³ на 1,75% с 12,60 до 10,85%. При этом зольность всех фракций исходного и дробленого продуктов изменяется незначительно. Отличается увеличение выхода класса 0–1 мм на 5,34% с 7,36 до 12,7%.

Таким образом, дробление крупного промпродукта ш. "Дуванная" целесообразно, так как $t_{(13,89)} > 2l_{(2.5,76)}$. Его обогащение целесообразно производить механическую смесь, путем выделения из него породных фракций, снижая при этом зольность.

Таблица 3

Фракционный состав крупного промпродукта при
обогащении рядовых углей ш. "Дуванная"

Плотность фракций, т/м ³	Крупный промпродукт					
	до дробления, кл. 0–100 мм			после дробления, кл. 0–13 мм		
	γ , % к классу	γ , % к фракции	A^d , %	γ , % к классу	γ , % к фракции	A^d , %
–1,5	1,44	1,55	12,80	2,50	2,86	14,70
1,5–1,8	11,67	12,60	40,70	9,47	10,85	42,50
+1,8	79,53	85,85	78,80	75,33	86,29	79,90
Итого	92,64	100,0	72,98	87,30	100,0	74,0
Класс 0–1 мм	7,36	–	76,7	12,70	–	70,6
Всего	100,0	–	73,25	100,0	–	73,57
i	1			7,69		
t , %	0			13,89		
l , %	0			5,76		

Анализ табл. 4 показывает, что при степени дробления мелкого промпродукта ш. "Дуванная" $i = 2,16$ и $4,33$ наблюдается снижение выхода фракций $1,5-1,8$ т/м³ с 12,49% соответственно до 10,37% и 7,76%. При этом зольности всех фракций всех продуктов остаются практически неизменными. Выход класса 0–1 мм увеличивается при $i = 2,16$ с 11,05 до 19,25%, при $i = 4,33$

Загальні питання технології збагачення

до 33,24%.

Таблиця 4

Фракционный состав мелкого промпродукта при
обогащении рядовых углей ш. "Дуванная" и степень его раскрытия

Плотность фракций, т/м ³	Мелкий промпродукт								
	Класс 0–13 мм			Класс 0–6 мм			Класс 0–3 мм		
	γ, % к классу	γ, % к фракции	A ^d , %	γ, % к классу	γ, % к фракции	A ^d , %	γ, % к классу	γ, % к фракции	A ^d , %
-1,5	1,24	1,40	19,90	1,25	1,56	19,5	1,95	2,93	19,0
1,5–1,8	11,11	12,49	40,40	8,37	10,36	42,90	5,18	7,76	43,3
+1,8	76,60	86,11	76,26	71,13	88,08	79,60	59,63	89,31	79,3
Итого	88,95	100,0	71,00	80,75	100,0	74,86	66,76	100,0	74,74
Класс 0–1 мм	11,05	–	80,80	19,25	–	73,4	33,24	–	69,51
Всего	100,0	–	72,08	100,0	–	74,58	100,0	–	73,0
<i>i</i>		1			2,16			4,33	
<i>t</i> , %		0			17,05			37,87	
<i>l</i> , %		0			9,2			24,95	

Таким образом, дробление мелкого промпродукта ш. "Дуванная" нецелесообразно, так как при $i = 2,16$, $t_{(17,05)} < 2^{\ell(2,9,2)}$, а при $i = 4,33$, $t_{(37,87)} < 2^{\ell(2,24,95)}$.

Данные исследований промпродукта ш. "Юбилейная", полученного при обогащении рядового угля на ЦОФ "Дзаржинская" приведены в табл. 5 и 6.

Таблиця 5

Фракционный состав крупного промпродукта при
обогащении рядовых углей ш. "Юбилейная"

Плотность фракций, т/м ³	Крупный промпродукт					
	до дробления, кл. 0–100 мм			после дробления, кл. 0–13 мм		
	γ, % к классу	γ, % к фракции	A ^d , %	γ, % к классу	γ, % к фракции	A ^d , %
-1,5	29,81	38,33	8,5	29,68	39,76	6,9
1,5–1,8	7,76	9,97	36,4	5,48	7,35	34,2
+1,8	40,21	51,70	83,3	39,48	52,89	85,5
Итого	77,78	100,0	49,95	74,64	100,0	50,48
Класс 0–1 мм	22,22	–	82,7	25,36	–	77,3
Всего	100,0	–	57,23	100,0	–	57,28
<i>i</i>		1			7,69	
<i>t</i> , %		0			26,28	

Загальні питання технології збагачення

l, % | 0 | 4,04

Из табл. 5 следует, что при степени дробления крупного промпродукта ш. "Юбилейная" $i = 7,69$ происходит незначительное увеличение выхода фракций $-1,5 \text{ т/м}^3$ с 38,33 до 39,76% и фракции $+1,8 \text{ т/м}^3$ с 51,7 до 52,89% за счет уменьшения выхода промпродуктовых фракций $1,5-1,8 \text{ т/м}^3$ на 2,62% с 9,97 до 7,35%. При этом зольность всех фракций исходного и дробленого продуктов остается практически одинаковой. Следует отметить увеличение выхода класса 0–1 мм на 3,14% с 22,22 до 25,36% при снижении его зольности с 82,7 до 77,35%.

Таблица 6

Фракционный состав мелкого промпродукта при
обогащении рядовых углей ш. "Юбилейная" и степень его раскрытия

Плотность фракций, т/м^3	Мелкий промпродукт								
	Класс 0–13 мм			Класс 0–6 мм			Класс 0–3 мм		
	$\gamma, \%$ к классу	$\gamma, \%$ к фракции	$A^d, \%$	$\gamma, \%$ к классу	$\gamma, \%$ к фракции	$A^d, \%$	$\gamma, \%$ к классу	$\gamma, \%$ к фракции	$A^d, \%$
-1,5	23,95	34,52	12,3	22,31	34,2	12,40	16,94	33,68	10,70
1,5–1,8	10,21	14,72	35,20	8,88	14,25	37,20	6,59	13,10	38,10
+1,8	35,21	50,76	80,40	31,12	51,55	80,40	26,76	53,22	80,60
Итого	69,37	100,0	50,24	62,31	100,0	50,99	50,29	100,0	51,40
Класс 0–1 мм	30,63	–	79,7	37,69	–	74,05	49,71	–	68,03
Всего	100,0	–	59,26	100,0	–	59,68	100,0	–	59,71
i		1			2,16			4,33	
$t, \%$		0			3,19			11,0	
$l, \%$		0			4,24			27,51	

Из табл. 5 следует, что при степени дробления крупного промпродукта ш. "Юбилейная" $i = 7,69$ происходит незначительное увеличение выхода фракций $-1,5 \text{ т/м}^3$ с 38,33 до 39,76% и фракции $+1,8 \text{ т/м}^3$ с 51,7 до 52,89% за счет уменьшения выхода промпродуктовых фракций $1,5-1,8 \text{ т/м}^3$ на 2,62% с 9,97 до 7,35%. При этом зольность всех фракций исходного и дробленого продуктов остается практически одинаковой. Следует отметить увеличение выхода класса 0–1 мм на 3,14% с 22,22 до 25,36% при снижении его зольности с 82,7 до 77,35%.

Таким образом, дробление крупного промпродукта ш. "Юбилейная" целесообразно, так как $t_{(26,28)} > 2l_{(2,4,04)}$.

Анализ табл. 6 показывает, что при степени дробления мелкого промпродукта ш. "Юбилейная" $i = 2,16$ и 4,33 происходит незначительное

Загальні питання технології збагачення

уменьшение выхода фракций 1,5–1,8 т/м³ соответственно с 14,72 до 14,25% и с 14,72 до 13,10%. При этом зольности фракций всех продуктов остаются практически неизменными. Однако при $i = 2,16$ выход класса 0–1 мм увеличивается на 7,06% с 30,63 до 37,69%, а при $i = 4,33$ соответственно на 19,08% с 30,63 до 49,71%.

Таким образом, дробление мелкого промпродукта ш. "Юбилейная" нецелесообразно, так как при $i = 2,16$ $t_{(3,19)} < 2^{\ell_{(2.4.24)}}$, а при $i = 4,33$ $t_{(11,)} < 2^{\ell_{(2.27,51)}}$.

Данный промпродукт целесообразно разделять на концентрат, промпродукт и отходы, как механическую смесь.

Данные исследований промпродукта ш. "Красноармейско-Западная", полученного при обогащении рядового угля на ЦОФ "Колосниковская", приведены в табл. 7 и 8.

Из табл. 7 следует, что при степени дробления крупного промпродукта ш. "Красноармейско-Западная" $i = 7,69$ происходит снижение фракций плотностью 1,5–1,8 т/м³ на 21,3% с 49,0 до 27,7%, при этом выход легких и тяжелых фракций увеличивается соответственно, на 6,8% с 1,8 до 8,6% и на 14,5% с 49,2 до 63,7%. При этом существенно изменяется только зольность плотностью 1,5–1,8 т/м³ на 8,2% с 40,3 до 32,1%.

Выход класса 0–1 мм увеличивается на 12,0% с 20,3 до 32,3% с ростом зольности с 38,5 до 40,8%.

Таким образом, дробление крупного промпродукта ш. "Красноармейско-Западная" допустимо, так как $t_{(43,47)} > 2^{\ell_{(2.15,06)}}$, но нецелесообразно, поскольку высокая зольность полученных при этом лёгких фракций приводит к превышению норм качества товарной продукции.

Таблица 7

Фракционный состав крупного промпродукта при
обогащении рядовых углей ш. "Красноармейско-Западная"

Плотность фракций, т/м ³	Крупный промпродукт					
	до дробления, кл. 0–100 мм			после дробления, кл. 0–13 мм		
	γ, % к классу	γ, % к фракции	A ^d , %	γ, % к классу	γ, % к фракции	A ^d , %
–1,5	1,4	1,8	22,4	5,8	8,6	20,1
1,5 –1,8	39,1	49,0	40,3	18,7	27,7	32,1
+1,8	39,2	49,2	74,3	43,2	63,7	75,1
Итого	79,7	100,0	56,7	67,7	100,0	58,5
Класс 0–1 мм	20,3	–	38,5	32,3	–	40,8
Всего	100,0	–	53,0	100,0	–	52,8
<i>i</i>	1			7,69		

Загальні питання технології збагачення

$t, \%$	0	43,47
$l, \%$	0	15,06

Таблиця 8

Фракционный состав мелкого промпродукта при
обогащении рядовых углей ш. "Красноармейско-Западная"

Плотность фракций, т/м^3	Мелкий промпродукт								
	Класс 0–13 мм			Класс 0–6 мм			Класс 0–3 мм		
	$\gamma, \%$ к классу	$\gamma, \%$ к фракц ии	$A^d, \%$	$\gamma, \%$ к классу	$\gamma, \%$ к фракц ии	$A^d, \%$	$\gamma, \%$ к классу	$\gamma, \%$ к фракц ии.	$A^d, \%$
–1,5	40,0	49,7	8,6	35,1	47,4	8,9	26,7	44,2	9,3
1,5–1,8	21,3	26,4	35,3	19,3	26,1	33,6	15,5	25,6	32,9
+1,8	19,2	23,9	73,1	19,7	26,5	73,7	18,2	30,2	75,5
Итого	80,5	100,0	31,3	74,1	100,0	32,5	60,4	100,0	35,3
Класс 0–1 мм	19,5	–	39,4	25,9	–	34,4	39,6	–	31,5
Всего	100,0	–	32,9	100,0	–	33,0	100,0	–	33,8
i	1			2,16			4,33		
$t, \%$	0			1,14			3,03		
$l, \%$	0			7,95			24,97		

Анализ табл. 8 показывает, что при степени дробления мелкого промпродукта ш. "Красноармейско-Западная" $i = 2,16$ и $4,33$ содержание фракций и их зольность практически не изменяется. При этом выход класса 0–1 мм увеличивается при $i = 2,16$ на 6,4% с 19,5 до 25,9%, а при $i = 4,33$ на 20,1% с 19,5 до 39,6%. Кроме того, наблюдается снижение зольности класса 0–1 мм с 39,4% соответственно на 5,0 и 7,6%, т.е. до 34,4 и 31,8%.

Таким образом, дробление мелкого промпродукта нецелесообразно, так как при $i = 2,16$ $t_{(1,14)} < 2\ell_{(2-7,95)}$, а при $i = 4,33$ $t_{(3,03)} < 2\ell_{(2-24,97)}$.

Данный промпродукт целесообразно разделять как механическую смесь концентратных, промежуточных и породных фракций, причем удалению подлежит как концентратная, так и породная фракции.

Из изложенного следует:

- принятие решения о целесообразности обогащения промпродукта необходимо применялись индивидуально для углей конкретной шахты;
- дробление крупного промпродукта практически для всех рядовых углей целесообразно, а его неприменение связано, в основном, с небольшим его количеством в крупном машинном классе;
- обогащение дробленного крупного промпродукта целесообразно осуществлять в контрольной отсадочной машине, а при ее отсутствии – в основной отсадке мелкого машинного класса;
- дробление мелкого промпродукта для углей рассмотренных шахт

Загальні питання технології збагачення

нецелесообразно из-за его нераскрываемости и высокого шламообразования. Мелкий промпродукт следует разделять как механическую смесь концентратных, промпродуктовых и породных фракций.

Список литературы

1. Дроздник И.Д. К вопросу обогащения металлургического комплекса коксующихся углей необходимого качества // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2005. – Вип. 23(64). – С. 8–12.

© Чмилев В.И., Полулях А.Д., Шевченко Д.В., 2005

*Надійшла до редколегії 12.08.2005 р.
Рекомендовано до публікації*