

РАЗРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО МИНИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ УГЛЯ И УМЕНЬШЕНИЮ СОДЕРЖАНИЯ КЛАССА МЕНЕЕ 0,5 ММ В ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ШИХТЕ ЧАО «ЗАПОРОЖКОК»

© А.А. Бехтер¹, В.В. Плохотников², Т.В. Корецкая³

Частное Акционерное Общество «ЗАПОРОЖКОК», 69600, г. Запорожье, ул. Диагональная, 4, Украина

Е.Т. Ковалев⁴, И.Д. Дроздник⁵, Д.В. Мирошниченко⁶, Н.А. Десна⁷, В.В. Коваль⁸

Государственное предприятие «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИИ)», 61023, г. Харьков, ул. Веснина, 7, Украина

¹ Бехтер Александр Анатольевич, директор по производству, e-mail: aleksandr.bekhter@metinvestholding.com

² Плохотников Владимир Валериевич, и.о. начальника углеподготовительного цеха, e-mail: v.v.plokhotnikov@metinvestholding.com

³ Корецкая Татьяна Викторовна, старший контрольный мастер, e-mail: Tatyana.Koretskaya@metinvestholding.com

⁴ Ковалев Евгений Тихонович, доктор техн. наук, проф., директор, e-mail: post@ukhin.org.ua

⁵ Дроздник Игорь Давидович, канд. техн. наук, с.н.с., зав. угольным отделом (УО), e-mail: yo@ukhin.org.ua

⁶ Мирошниченко Денис Викторович, доктор техн. наук, с.н.с., ведущий научн. сотр., e-mail: dvmir79@gmail.com

⁷ Десна Наталья Анатольевна, канд. техн. наук, зам. зав. УО, e-mail: desnana@ukr.net

⁸ Коваль Валентин Валерьевич, инженер-технолог 1 категории УО, e-mail: kovalen79@gmail.com

Установлено, что повышение степени метаморфизма углей, выраженное снижением показателя выхода летучих веществ и ростом показателя отражения витринита, приводит к увеличению содержания класса менее 0,5 мм. К аналогичному результату приводит также повышение содержания фюзенизированных компонентов.

Показано, что при увеличении количества угольной шихты, подаваемой на дробление, с 300 до 450 т/ч происходит снижение количества подрешетного продукта с 37,7 до 20,7 % или с 113,41 до 93,13 т/ч, а также увеличение количества угольных частиц крупностью менее 0,5 мм в дробленной шихте с 37,9 до 39,3 % или с 114,04 до 176,81 т/ч. При этом алтраж при дроблении возрастает линейно, а расход электроэнергии на дробление возрастает до определенного максимума (375 кВт), который соответствует нагрузке, равной ~300 т/ч.

Применение дополнительного стационарного сита, наряду с имеющимся струнным, для отсева мелких классов, позволяет увеличить эффективность отсева на 10,4-11,0 % при нагрузке по угольной шихте от 300 до 350 т/ч и, в то же время, снизить содержание класса менее 0,5 мм в дробленной шихте на 3,2-3,3 %.

Ключевые слова: угольные концентраты, шихта, схема подготовки, отсев, расход электроэнергии, молотковая дробилка.

DOI: 10.31081/1681-309X-2019-0-1-12-23

Известно, что подготовка углей к коксованию остается одной из основных технологических операций, существенно влияющих на показатели механической прочности кокса и энергоёмкость углеподготовительных цехов [1-4]. Внимание к технологии подготовки углей стало особенно актуальным в последнее время в связи с увеличением импортной составляющей в сырьевой базе коксования предприятий Украины, включая ЧАО «ЗАПОРОЖКОК» [5]. Так, в целом по предприятиям ООО «МЕТИНВЕСТ ХОЛДИНГ» доля отечественных углей в 2018 году составила лишь 27,2 %. При этом, из США поставлено 35,9 %, России – 32,8 %, Канады – 7,1 % угольных концентратов. Переход на межбассейновую сырьевую базу коксования с использованием большого количества петрографически неоднородных углей потребовал корректировки технологии их подготовки к коксованию. Кроме того, необходимо учитывать появление углей с высоким содержанием частиц крупностью менее 0,5 мм.

Учитывая вышеизложенное, в углеподготовительном цехе ЧАО «ЗАПОРОЖКОК» внедрена технология отсева мелких классов углей, позволяющая в условиях межбассейновой сырьевой базы коксования существенно снизить энергозатраты на измельчение угольной шихты, повысить ее насыпную плотность, разовую загрузку камеры коксования и показатели механической прочности получаемого доменного кокса [6].

* Автор для корреспонденции

В настоящей статье отражены результаты исследований по минимизации затрат электроэнергии на измельчение угля и уменьшению содержания класса менее 0,5 мм в измельченной шихте ЧАО «ЗАПОРОЖКОКС».

Лабораторные исследования

Анализировали влияние некоторых показателей качества углей на содержание в них пылевидных классов (менее 0,5 мм), а также изучали влияние количества подаваемого на дробление надрешетного продукта на содержание класса менее 0,5 мм в дробленной шихте.

С этой целью был проведен ситовый (>50; 25-50, 13-25; 6-13; 3-6; 1-3; 0,5-1; <0,5 мм), технический (A^d , S^d , V^{daf}), пластометрический (x , y) и петрографический (R_0 , Vt , Sv , I , L , ΣOK , рефлектограмма витринита) анализы угольных концентратов, входящих в сырьевую базу коксования ЧАО «ЗАПОРОЖКОКС». Кроме того, для отобранных проб углей был определен показатель окисленности (Δt).

Результаты исследований приведены в табл. 1-3. Их анализ показывает, что рациональная научно-обоснованная степень отсева мелких классов перед окончательным измельчением угольной шихты позволит скорректировать работу дробильного отделения в зависимости от свойств исходного сырья, что в свою очередь стабилизирует гранулометрический состав (<0,5 мм, 0-3 мм, >6 мм) угольной шихты, подающейся на коксование, а также снизить расход электроэнергии на ее подготовку.

На рис. 1-3 приведены графические зависимости содержания класса <0,5 мм в угольных концентратах от показателей выхода летучих веществ (V^{daf}), среднего показателя отражения витринита (R_0) и суммы фюзенизированных компонентов (ΣOK). Исходя из них, можно сделать вывод, что повышение степени метаморфизма углей, выраженное снижением показателя выхода летучих веществ и ростом показателя отражения витринита, приводит к увеличению содержания класса менее <0,5 мм. К аналогичному результату приводит также повышение содержания фюзенизированных компонентов.

Таблица 1

Технологические свойства исследованных угольных концентратов

Поставщик	Марка	Технический анализ, %				Пластометрические показатели, мм		Окисленность, °С
		W^a	A^d	S^d	V^{daf}	x	y	
Ш/у «Талдинский угольный разрез», РФ	Г	3,3	8,0	0,48	37,8	32	10	4
ОФ «Усковская», РФ	ГЖ	2,2	7,7	0,43	37,6	32	16	3
Wellmore, США	Ж	1,2	7,5	1,19	32,8	17	23	2
Rocklick, США	Ж	1,2	7,5	0,94	32,5	11	27	3
ЦОФ «Кузнецкая», РФ	Ж	1,5	8,3	0,53	36,8	29	20	4
ОФ «Свято-Варваринская», Украина	К	1,2	7,3	0,72	27,7	8	15	2
ОФ «Северная», РФ	К	0,9	9,0	0,61	21,8	22	15	3
Rosahontas, США	ОС	0,7	8,1	0,80	18,7	2	12	4

Согласно имеющимся статистическим данным о работе углеподготовительного цеха ЧАО «ЗАПОРОЖКОКС», при расходе угольной шихты на ленту от 300 до 500 т/ч, количество отсеянного материала в среднем составляет 25 %, то есть порядка 75 % угольной шихты (надрешетный продукт) поступает на дробление. Исходя из этого, определяли влияние скорости подачи надрешетного продукта на дроб-

ление на изменение гранулометрического состава измельченной шихты. С этой целью, из изученных ранее восьми угольных концентратов (табл. 1-3) была составлена угольная шихта следующего марочного и компонентного составов (см. табл. 4), показатели технического, пластометрического и петрографического анализов, а также показатель окисленности которой приведены в табл. 5 и 6.

Таблица 2

Петрографическая характеристика исследованных угольных концентратов

Поставщик	Марка	Петрографический состав (без минеральных примесей), %					Средний показатель от- ражения витринита, %	Стадии метаморфизма витринита, %					
								0,50	0,80	0,90 – 1,19	1,20	1,40	1,70
								– 0,79	– 0,89	– 1,39	– 1,69	– 2,59	
Марки угля, условно соответствующие стади- ям метаморфизма витринита													
Vt	Sv	I	L	ΣОК	R _o	ДГ+Г	ГЖО+ ГЖ	Ж	К	ОС	Т		
Ш/у «Талдин- ский угольный разрез», РФ	Г	74	0	25	1	25	0,64	100	0	0	0	0	0
ОФ «Усков- ская», РФ	ГЖ	91	0	8	1	8	0,72	93	7	0	0	0	0
Wellmore, США	Ж	67	0	26	7	26	0,93	6	26	68	0	0	0
Rocklick, США	Ж	68	0	25	7	25	0,96	5	22	68	5	0	0
ЦОФ «Кузнец- кая», РФ	Ж	84	1	14	1	15	0,79	65	32	2	1	0	0
ОФ «Свято- Варваринская», Украина	К	85	1	12	2	13	1,16	0	0	65	35	0	0
ОФ «Север-ная», РФ	К	51	1	47	1	48	1,14	0	1	66	33	0	0
Rosahontas, США	ОС	82	0	18	0	18	1,50	0	0	0	57	37	6

Таблица 3

Гранулометрический состав угольных концентратов

Поставщик	Марка	Гранулометрический состав (мм), %										Средний диаметр частиц, мм
		>50	25-50	13-25	6-13	3-6	1-3	0,5-1,0	0,2-0,5	<0,2	<3,0	
Ш/у «Талдинский угольный разрез», РФ	Г	2,5	6,0	10,3	17,3	19,3	12,8	11,8	11,7	8,3	44,6	8,86
ОФ «Усковская», РФ	ГЖ	0	1,4	7,1	27,7	23,8	14,8	10,0	7,7	7,8	40,3	5,98
Wellmore, США	Ж	0	3,8	7,0	19,2	22,1	20,1	11,9	9,3	6,6	47,9	6,10
Rocklick, США	Ж	0	3,9	11,0	20,5	17,7	14,7	10,2	10,1	11,9	46,9	6,71
ЦОФ «Кузнец- кая», РФ	Ж	0	2,7	6,7	17,2	22,3	21,3	13,8	10,2	5,8	51,1	5,49
ЦОФ «Свято- Варваринская», Украина	К	0	3,6	12,2	21,1	20,7	11,9	9,5	9,6	11,4	42,4	6,96
ОФ «Северная», РФ	К	0	6,2	8,4	16,4	16,0	23,6	0	11,8	17,6	53,0	6,73
Rosahontas, США	ОС	0	0	1,0	3,8	10,3	26,8	23,8	25,6	8,7	84,9	1,83

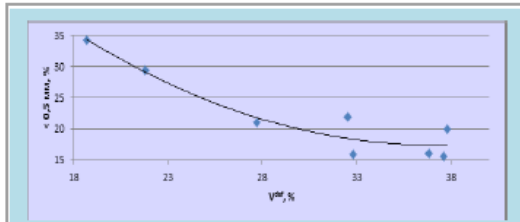


Рис. 1 График зависимости содержания класса <0,5 мм в угольных концентратах от V^{daf}

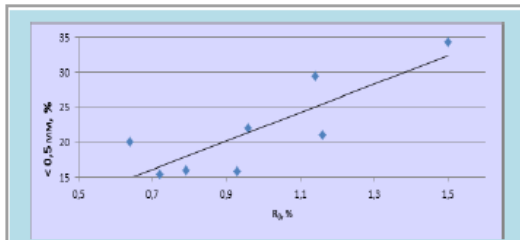


Рис. 2 График зависимости содержания класса <0,5 мм в угольных концентратах от R_0

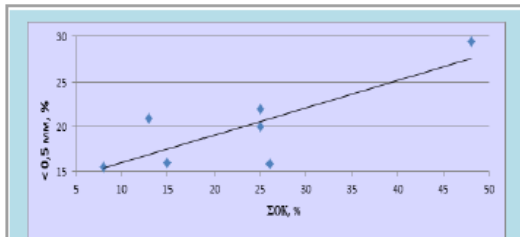


Рис. 3 График зависимости содержания класса <0,5 мм в угольных концентратах от ΣOK

Таблица 4
Компонентный и марочный составы опытной шихты

Поставщик	Марка	Доля в шихте, %
Ш/у «Талдинский угольный разрез», РФ	Г	5,1
ОФ «Усковская», РФ	ГЖ	19,4
Wellmore, США	Ж	3,5
Rocklick, США	Ж	3,0
ЦОФ «Кузнецкая», РФ	Ж	17,5
ОФ «Свято-Варваринская», Украина	К	31,9
ОФ «Северная», РФ	К	10,1
Pocahontas, США	OC	9,5
Шихта		100,0

Таблица 5
Технологические свойства исследованной угольной шихты

Технический анализ, %				Пластметрические показатели, мм		Окисленность, °C
W^a	A^d	S_t^d	V^{daf}	X	y	Δt
1,5	7,8	0,64	30,6	19	16	3

Для работы с разной нагрузкой (от 225 до 375 т/час) в лабораторных условиях смоделировали надрешетный продукт шихты и подвергали измельчению в лабораторной молотковой ударной дробилке ДМУЛ-200 (рис. 4), условно моделируя его измельчение в промышленной дробилке ДМ 1500×1500.

Таблица 6

Петрографическая характеристика исследованной угольной шихты

Петрографический состав (без минеральных примесей), %					Средний показатель отражения витринита, %	Стадии метаморфизма витринита, %					
						0,50-0,79	0,80-0,89	0,90-1,19	1,20-1,39	1,40-1,69	1,70-2,59
Vt	Sv	I	L	ΣOK	R_0	марки угля, условно соответствующие стадиям метаморфизма витринита					
						ДГ+Г	ГЖО+ГЖ	Ж	К	OC	Т
81	1	17	2	18	1,00	35	9	32	20	4	1

Всего было проведено 5 испытаний (по 2 параллельных определения в каждом) по дроблению надрешетного продукта с различной нагрузкой на дробилку:

1-й вариант – проба в дробилку подавалась со скоростью 62,5 кг/с, что соответствует нагрузке 225 т/ч в промышленной дробилке;

2-й вариант – проба в дробилку подавалась со скоростью 72,9 кг/с, что соответствует нагрузке 262,5 т/ч в промышленной дробилке;

3-й вариант – проба в дробилку подавалась со скоростью 83,3 кг/с, что соответствует нагрузке 300 т/ч в промышленной дробилке;

4-й вариант – проба в дробилку подавалась со скоростью 93,75 кг/с, что соответствует нагрузке 337,5 т/ч в промышленной дробилке;

5-й вариант – проба в дробилку подавалась со скоростью 104,16 кг/с, что соответствует нагрузке 375,0 т/ч в промышленной дробилке.

С учетом того, что мощность дробилки ДМ 1500×1500 составляет 630 кВт, а ДМУЛ 200 – всего 7,5 кВт, количество подаваемого в лабораторную дробилку материала было уменьшено в $630/7,5 = 84$ раза по сравнению с расчетными величинами и составило соответственно: 0,74; 0,87; 0,99; 1,12 и 1,24 кг/с.

В табл. 7 представлены результаты гранулометрического анализа пяти усредненных вариантов проб после их дробления, а на рис. 5, 6 – графики зависимости содержания класса <0,5 мм и <3,0 мм в измельченной пробе от нагрузки на дробилку, кг/с.



Рис. 4 Дробилка молотковая универсальная ДМУЛ-200

Из приведенных данных видно, что содержание пылевидных классов (<0,5 мм), и общий помол в целом (<3,0 мм) возрастает с увеличением нагрузки на дробилку. Соответственно возрастает и содержание классов <0,5 мм и <3,0 мм

в общей пробе (объединенной с отсеянной ранее частью подрешетного продукта) (табл. 8). Можно предположить, что при увеличении нагрузки на дробильный агрегат имеет место дополнительное взаимное истирание угольных частиц за счет более полного заполнения дробильной камеры.



Рис. 5 График зависимости содержания класса <0,5 мм от нагрузки на дробилку, кг/с

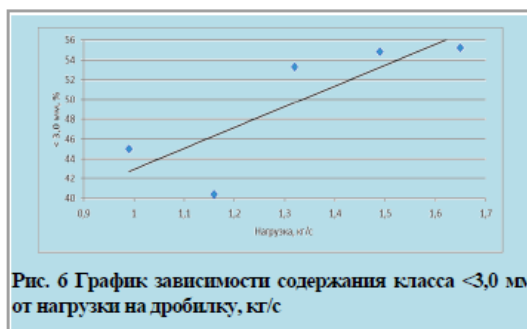


Рис. 6 График зависимости содержания класса <3,0 мм от нагрузки на дробилку, кг/с

Увеличение содержания класса менее 0,5 мм в надрешетном продукте автоматически сказывается и на увеличении содержания этого класса в шихте на коксование.

Промышленные исследования

Определяли влияние количества подаваемой исходной (недробленной) угольной шихты (в интервале от 300 до 450 т/ч) на расход электроэнергии, затрачиваемой на ее измельчение, а также содержание в дробленной шихте угольных зерен крупностью менее 0,5 мм.

Таблица 7

Гранулометрический состав опытных проб после дробления

Вариант	Гранулометрический состав (мм), %											Средний диаметр частиц, мм
	>25	13-25	6-13	3-6	1-3	0,5-1,0	0,2-0,5	<6,0	<3,0	<0,5	<0,2	
Исходный надрешетный продукт	13,3	3,1	29,1	27,0	20,1	0,4	1,3	54,5	27,5	7,0	5,7	9,97
1	0	0	18,7	36,4	32	5,9	3,1	81,4	45,0	7,1	4,0	4,11
2	0	3,2	23,4	32,8	27,4	4,5	3	73,2	40,4	8,5	5,5	4,90
3	0	0,6	13,7	32,3	37,1	7,8	3,8	85,6	53,3	8,4	4,6	3,69
4	0	0	14,1	31,1	37,2	8,4	4,2	85,9	54,8	9,2	5,0	3,57
5	0	0	14,9	29,8	35,7	9,1	5,4	85,0	55,2	10,4	5,0	3,56

Таблица 8

Вариант	Гранулометрический состав (мм), %											Средний диаметр частиц, мм	
	>25	13-25	6-13	3-6	1-3	0,5-1,0	0,2-0,5	<0,2	<6,0	<3,0	<0,5		<0,2
1	0	0,0	12,3	27,7	31,4	10,7	9,0	8,7	87,4	59,7	17,7	8,7	3,17
2	0	2,1	15,4	25,4	28,3	9,7	8,9	9,7	82,0	56,7	18,6	3,6	3,69
3	0	0,4	9,0	25,0	34,7	11,9	9,4	9,1	90,2	65,2	18,5	3,0	2,89
4	0	0,0	9,3	24,2	34,8	12,3	9,7	9,4	90,4	66,2	19,1	6,3	2,81
5	0	0,0	9,8	23,4	33,8	12,8	10,5	9,4	89,8	66,4	19,9	4,5	2,80

Принципиальная схема работы дробильного отделения углеподготовительного цеха ЧАО «ЗАПОРОЖКОКС» представлена на рис. 7.

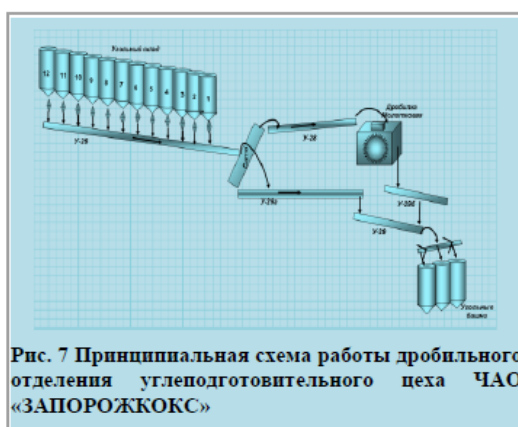


Рис. 7 Принципиальная схема работы дробильного отделения углеподготовительного цеха ЧАО «ЗАПОРОЖКОКС»

Марочный и компонентный составы угольной шихты, использовавшейся в эксперименте, приведены в табл. 9, а перечень и показатели качества угольных концентратов, входящих в ее состав, – в табл. 10 и 11.

Угольная шихта характеризуется следующим марочным составом, %: Г – 22, Ж – 36, К – 27, КО – 4, ОС – 11.

Технологические свойства угольных концентратов, представленных в табл. 10 и 11, показывают их стабильное качество, соответствие марочной принадлежности заявленной марке и соответствие планируемым показателям.

Исходная угольная шихта подавалась с различной нагрузкой в течение одного часа по транспортеру У-26 (см. рис. 7) и поступала на струнное сито с зазором между прутьями 6 мм (см. рис. 8), установленное в желобе транспортера У-28, с рабочими размерами 1800×768 мм (что соответствует поверхности равной 1,3824 м²), где происходило ее разделение на надрешетный и подрешетный продукты, после чего оставались транспортерные ленты и осуществлялся с помощью специального шаблона (шириной 1) отбор проб угольной шихты.

Надрешетный продукт по конвейеру У-28 поступал в молотковую дробилку, в которой осуществлялось его измельчение. Затем, этот уже измельченный, надрешетный продукт по транспортеру У-29 б поступал на конвейер У-29, где происходило его смешение с подрешетным продуктом, который после отсева поступал сюда же по транспортеру У-29 а. Объединённая дробленая шихта конвейером У-29 подавалась в угольные башни на коксование.

Таблица 9

Марочный и компонентный составы угольной шихты		
Поставщик, страна	Марка	Участие в шихте, %
Ш/у «Талдинский угольный разрез», РФ	Г	11
ОФ «Усковская», РФ	ГЖ	11
ЦОФ «Щедрухинская», РФ	Ж	4
Wellmore, США	Ж	13
ЦОФ «Кузнецкая», РФ	Ж	19
ОФ «Свято-Варваринская», Украина	К	27
ЦОФ «Березовская», РФ	КО	4
Pocahontas, США	ОС	11
Итого		100

Таблица 10

Технологические свойства угольных концентратов

Поставщик, страна	Марка	Технический анализ, %			Пластометрические показатели, мм	
		A ^d	S _t ^d	V ^{daf}	x	y
Ш/у «Талдинский угольный разрез», РФ	Г	8,2	0,47	37,0	33	10
ОФ «Усковская», РФ	ГЖ	7,6	0,39	37,5	32	16
ЦОФ «Щедрухинская», РФ	Ж	8,7	0,58	34,5	11	29
Wellmore, США	Ж	7,4	1,07	32,9	14	25
ЦОФ «Кузнецкая», РФ	Ж	8,3	0,54	33,5	29	21
ОФ «Свято-Варваринская», Украина	К	8,4	0,64	26,4	18	14
ЦОФ «Березовская», РФ	КО	8,4	0,33	25,4	30	12
Pocahontas, США	ОС	8,9	0,66	17,8	11	11

Таблица 11

Петрографическая характеристика угольных концентратов

Поставщик, страна	Марка	Петрографический состав (без минеральных примесей), %					Средний показатель отражения витринита, %	Стадии метаморфизма витринита, %					
								0,50	0,80	0,90	1,20	1,50	1,70
								марки угля, условно соответствующие стадиям метаморфизма витринита					
Vt	Sv	I	L	Σок	R _o	ДГ+Г	ГЖО+ГЖ	Ж	К	ОС	Т		
Ш/у «Талдинский угольный разрез», РФ	Г	78	0	20	2	20	0,64	100	0	0	0	0	0
ОФ «Усковская», РФ	ГЖ	90	0	8	2	8	0,74	87	13	0	0	0	0
ЦОФ «Щедрухинская», РФ	Ж	91	0	8	1	8	0,91	0	44	56	0	0	0
Wellmore, США	Ж	78	0	18	4	18	0,94	0	27	73	0	0	0
«Кузнецкая», РФ	Ж	90	0	9	1	9	0,91	16	18	66	0	0	0
ОФ «Свято-Варваринская», Украина	К	85	0	13	2	13	1,16	0	0	61	39	0	0
ЦОФ «Березовская», РФ	КО	58	0	41	1	41	1,02	0	10	86	4	0	0
Pocahontas, США	ОС	79	0	21	0	21	1,57	0	0	0	22	72	6



Рис. 8 Сито струнное

С помощью специального шаблона (шириной 1 м) в ходе эксперимента, осуществлялся отбор следующих проб:

Исходная шихта до отсева и дробления, отобранная с транспортера У-26;

Подрешетный продукт с конвейера У-29 а;

Надрешетный продукт до дробления с конвейера У-28;

Надрешетный продукт после дробления с конвейера У-29 б;

Шихта на башню с конвейера У-29.

Гранулометрический состав отобранных угольных проб приведен в табл. 12. Исходя из приведенных данных, можно утверждать, что при увеличении количества угольной шихты, подаваемой на дробление, с 300 до 450 т/ч происходит снижение количества

подрешетного продукта с 113,41 до 93,13 т/ч или с 37,7 до 20,7 % и увеличение содержания угольных частиц класса $\leq 0,5$ мм в дробленой шихте с 114,04 до 176,81 т/ч или с 37,9 до 39,3 %.

Таблица 12

Наименование пробы (процент от исходной шихты)	Гранулометрический состав (мм), %										Средний диаметр частиц, мм
	13-25	6-13	3-6	1-3	0,5-1	0,2-0,5	0,075-0,2	<0,075	<0,5	0-3	
Шихта исходная	18,6	8,6	12,8	22,3	10,7	12,1	7,5	7,4	27,0	60,0	5,51
нагрузка 300 т/ч											
Надрешетный продукт до дробления	24,9	8,1	12,7	20,6	10,1	10,4	6,7	6,5	23,6	54,3	6,61
Подрешетный продукт (37,7 %)	4,7	7,8	17,4	29,0	13,4	13,0	8,1	6,6	27,7	70,1	3,16
Надрешетный продукт после дробления (62,3 %)	1,1	3,7	9,7	27,0	14,4	21,0	11,6	11,5	44,1	85,5	1,74
Шихта на башню	2,5	5,2	12,6	27,7	14,1	18,0	10,2	9,7	37,9	79,7	2,27
нагрузка 350 т/ч											
Надрешетный продукт до дробления	28,8	8,1	12,9	19,3	9,3	9,7	6,0	5,9	21,6	50,2	7,32
Подрешетный продукт (33,6 %)	5,7	8,3	17,0	28,0	13,5	11,9	8,4	7,2	27,5	69,0	3,35
Надрешетный продукт после дробления (66,4 %)	0,9	3,3	9,1	26,9	14,4	22,7	12,6	10,1	45,4	86,7	1,66
Шихта на башню	2,5	5,0	12,4	27,4	14,3	18,8	10,9	8,7	38,4	80,1	2,23
нагрузка 400 т/ч											
Надрешетный продукт до дробления	22,2	8,1	13,4	21,6	10,9	10,5	6,3	7,0	23,9	56,4	6,15
Подрешетный продукт (26,5 %)	5,9	8,5	16,2	27,6	13,5	13,2	8,0	7,1	28,3	69,4	3,37
Надрешетный продукт после дробления (73,5 %)	1,0	4,6	10,6	27,2	14,3	20,9	12,7	8,7	42,3	83,8	1,85
Шихта на башню	2,3	5,6	12,1	27,3	14,1	18,9	11,4	8,3	38,6	80,0	2,25
Нагрузка 450 т/ч											
Надрешетный продукт до дробления	23,8	8,2	13,8	20,9	10,2	10,6	6,6	5,9	23,1	54,2	6,46
Подрешетный продукт (20,7 %)	4,8	6,1	17,4	29,2	13,6	13,3	8,5	7,1	28,9	71,7	3,02
Надрешетный продукт после дробления (79,3 %)	1,5	6,0	10,5	25,9	14,1	20,7	12,4	8,9	42,0	82,0	2,04
Шихта на башню	2,2	6,1	11,9	26,5	14,0	19,1	11,6	8,6	39,3	79,8	2,25

Снижение количества подрешетного продукта при увеличении нагрузки можно объяснить достижением предела пропускающей способности отсеивающих устройств, а увеличение количества угольных частиц

крупностью менее 0,5 мм – эффектом самоистирания угольных зерен в дробилке.

Данные по расходу электроэнергии в процессе проведения экспериментальных исследований приведены в табл. 13.

Таблица 13

Показатели	Расход угольной шихты на дробление, т/ч			
	300	350	400	450
Продолжительность эксперимента, мин	74	59	69	65
Количество поданной шихты, т	370	347	458	485
Расход электроэнергии на дробление, кВт	239,216	331,080	375,780	376,172
Общее потребление электроэнергии по второму участку, кВт	436,54	542,70	590,42	608,5223
Ампераж дробилки, А	34-36	36-38	42	42-46

Как видно из представленных данных, и ампераж, и расход электроэнергии возрастает при увеличении количества исходной угольной шихты. Это вполне объяснимо, так как в силу увеличения скорости подачи шихты возрастает как прямая нагрузка на дробилку, так и нагрузка, связанная со снижением количества отсева мелких классов, идущих мимо дробилки.

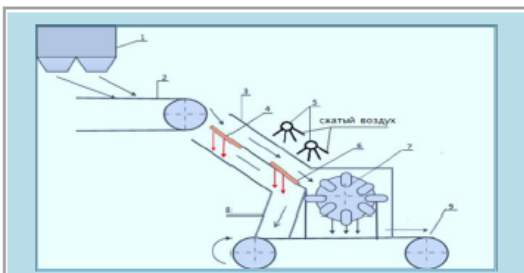


Рис. 9 Устройство для отсева мелких классов угольной шихты

1 – бункеры угольных концентратов; 2 – конвейер; 3 – желоб; 4 – стационарное сито (зазор между прутьями – 10 мм); 5 – форсунки; 6 – струнное сито (зазор между струнами – 6 мм); 7 – дробилка; 8 – дополнительный желоб; 9 – конвейер смещения.

Однако, если ампераж дробилки возрастает линейно, то расход электроэнергии достигает определенного максимума (375 кВт), который соответствует нагрузке, равной 400 т/ч. При дальнейшем повышении нагрузки до 450 т/ч увеличение расхода электроэнергии не происходит. По всей види-

мости, величина 375 кВт соответствует максимальной эффективной заводской мощности дробилки в данных условиях.

На следующем этапе определяли эффективность отсева мелких классов угольной шихты при использовании дополнительного стационарного сита, расположенного перед струнным. Схема работы отсеивающих устройств представлена на рис. 9.

При проведении исследования исходная угольная шихта по транспортеру У-26 поступала поочередно на стационарное сито № 1 с зазором между прутьями 10 мм и струнное сито № 2 с зазором между прутьями 6 мм, установленное в желобе транспортера У-28, где происходит ее разделение на надрешетный и подрешетный продукты.

Марочный и компонентный составы шихты ЧАО «ЗАПОРОЖКОКС» на момент исследования приведены в табл. 14, а технологические свойства и петрографическая характеристика – в табл. 15 и 16 соответственно. В табл. 17 приведены результаты исследований по использованию дополнительного стационарного сита в сравнении с работой отделения отсева мелких классов без него.

Анализируя данные таблицы 17, можно сделать вывод, что применение для отсева мелких классов стационарного сита наряду с используемым струнным позволяет существенно увеличить эффективность отсева – на 10,4 % при нагрузке 300 т/ч и на 11,0 % при нагрузке 350 т/ч. Также, при использовании для отсева мелких классов дополнительного стационарного сита происходит снижение содержания класса менее 0,5 мм в дробленой шихте, а именно на 3,2-3,3 % (с 41,2 до 37,9 % при нагрузке 300 т/ч и с 41,6 на 38,4 % при нагрузке 350 т/ч).

Таблица 14

Компонентный и марочный составы опытной шихты		
Поставщик	Марка	Доля в шихте, %
ОФ «Усковская», РФ	ГЖ	24,0
Toms Creek, Канада	Ж	4,0
Wellmore, США	Ж	22,0
ЦОФ «Кузнецкая», РФ	Ж	8,0
ОФ «Свято-Варваринская», Украина	К	18,0
Teck Premium, Канада	К+КО	12,0
Pocahontas, США	ОС	12,0
Итого		100,0

Таблица 15

Технологические свойства опытной угольной шихты

Технический анализ, %				Пластометрические показатели, мм		Окисленность, °С
W ^a	A ^d	S _t ^d	V ^{daf}	x	y	Δt
1,8	8,0	0,73	30,1	27,0	17	4

Таблица 16

Петрографическая характеристика опытной угольной шихты

Петрографический состав (без минеральных примесей), %					Средний показатель отражения витринита, %	Стадии метаморфизма витринита, %					
						0,50-0,79	0,80-0,89	0,90-1,19	1,20-1,39	1,40-1,69	1,70-2,59
					марки угля, условно соответствующие стадиям метаморфизма витринита						
Vt	Sv	I	L	ΣOK	R ₀	ДГ+Г	ГЖО+ГЖ	Ж	К	ОС	Т
83	0	15	2	18	1,01	26	12	42	11	9	0

Выводы

1. Снижение содержания класса менее 0,5 мм в шихте на коксование возможно при снижении содержания данного класса в исходных углях, а также количества подаваемого на дробление надрешетного продукта. Установлено, что повышение степени метаморфизма углей, выраженное снижением показателя выхода летучих веществ и ростом показателя отражения витринита, приводит к увеличению содержания класса менее 0,5 мм. К аналогичному результату приводит

также повышение содержания фюзенизированных компонентов.

2. Установлено, что при увеличении количества угольной шихты, подаваемой на дробление, с 300 до 450 т/ч происходит снижение количества подрешетного продукта на 15-17 % и увеличение в шихте содержания класса менее 0,5 мм на 1,5-2,0 %. Рациональный расход электроэнергии наблюдается при работе отделения 350-400 т/ч.

Таблица 17

Гранулометрический состав угольных шихт при отсеивании на одном / двух ситах

	Гранулометрический состав (мм), %										Средний диаметр частиц, мм
	10-25	6-10	3-6	1-3	0,5-1	0,2-0,5	0,075-0,2	<0,075	<0,5	0-3	
Шихта исходная	15,9	9,8	16,2	23,7	8,1	11,5	5,7	9,1	26,3	58,1	5,27
нагрузка на ленты 300 т/ч											
одно сито											
Надрешетный продукт до дробления	11,6	10,9	16,6	25,7	8,3	11,9	6,1	8,9	26,9	60,9	4,62
Подрешетный продукт (15,5 %)	1,8	7,8	18,7	29,4	10,0	14,1	7,3	10,9	32,3	71,7	2,41
Надрешетный продукт после дробления (84,5 %)	1,3	4,6	11,2	27,6	12,4	19,2	10,6	13,1	42,8	82,9	1,76
Шихта на башню	1,4	5,1	12,4	27,9	12,0	18,4	10,0	12,8	41,2	81,1	1,87
два сита											
Надрешетный продукт до дробления	9,4	10,5	16,3	25,4	9,1	13,3	6,6	9,4	29,3	63,8	4,15
Подрешетный продукт (25,9 %)	2,9	8,1	16,6	29,7	10,8	15,1	6,9	9,9	31,9	72,4	2,81
Надрешетный продукт после дробления (74,1 %)	1,6	5,5	12,8	27,3	12,8	21,0	11,1	7,9	40,0	80,1	2,14
Шихта на башню	1,9	6,2	13,8	27,9	12,3	19,5	10,0	8,4	37,9	78,1	2,31

Продолжение таблицы 17

нагрузка на ленты 350 т/ч											
одно сито											
Надрешетный продукт до дробления	11,0	10,7	16,1	25,1	8,9	12,3	6,5	9,4	28,2	62,2	4,45
Подрешетный продукт (13,8 %)	2,5	8,1	17,4	29,3	10,9	14,2	7,3	10,3	31,8	72,0	2,76
Надрешетный продукт после дробления (86,2 %)	1,8	4,3	10,8	26,9	13,0	19,2	10,1	13,9	43,2	83,1	1,96
Шихта на башню	1,9	4,8	11,7	27,3	12,7	18,5	9,7	13,4	41,6	81,6	2,07
два сита											
Надрешетный продукт до дробления	13,4	12,0	15,7	23,4	7,9	12,3	6,2	9,1	27,6	58,9	4,97
Подрешетный продукт (24,8 %)	3,2	9,9	17,1	28,9	9,6	14,7	6,6	10,0	31,3	69,8	3,03
Надрешетный продукт после дробления (75,2 %)	2,8	4,3	12,5	28,0	11,7	17,2	11,0	12,5	40,7	80,4	2,23
Шихта на башню	2,9	5,7	13,6	28,2	11,2	16,6	9,9	11,9	38,4	77,8	2,43

3. Применение для отсева мелких классов дополнительного стационарного сита наряду с используемым струнным, позволяет увеличить эффективность отсева на 10,4 % при нагрузке 300 т/ч и на 11,0 % при нагрузке 350 т/ч. При этом происходит снижение содержания в шихте класса менее 0,5 мм на 3,2-3,3 %.

Библиографический список

1. Войтенко Б.И. Совершенствование схемы подготовки угольной шихты на ОАО «Запорожжкокс» / Б.И. Войтенко, Ю.А. Чернышов, Ю.В. Ермак, А.В. Подлубный, И.Д. Дроздник, Д.В. Мирошниченко, Ю.С. Кафтан, В.М. Ладыжинский, Ю.В. Бессчастный // УглеХимический журнал. – 2009. – № 1-2. – С. 37-47.

2. Дроздник И.Д. Совершенствование схем подготовки углей в условиях межбассейновой сырьевой базы коксования / И.Д. Дроздник, Д.В. Мирошниченко, В.М. Ладыжинский, Ю.В. Бессчастный, Н.И. Топоркова // УглеХимический журнал. – 2010. – № 3-4. – С. 17-24.

3. Еремин И.В. Петрология и химико-технологические параметры углей Кузбасса / И.В.

Еремин, А.С. Арцер, Т.М. Брновец. – Кемерово, 2000. – 399 с.

4. Полуэктов И.Е. Разработка и оценка эффективности различных способов подготовки угольных шихт к коксованию на ОАО «Ясиновский КХЗ» / И.Е. Полуэктов, А.К. Саенко, В.В. Казаков, И.Д. Дроздник, Д.В. Мирошниченко, О.Н. Сербин // УглеХимический журнал. – 2008. – № 5-6. – С. 22-31.

5. Попов Е.С. Межбассейновая сырьевая база коксохимического производства Украины: проблемы формирования шихт, их подготовки и коксования / Е.С. Попов, В.И. Гаврилюк, Н.В. Мукина, Е.Т. Ковалев, И.Д. Дроздник, Н.Б. Бидоленко // УглеХимический журнал. – 2018. – № 5. – С. 3-7.

6. Рубчевский В.Н. Анализ технологических свойств углей и оптимизация схемы их подготовки в условиях ПАО «ЗАПОРОЖЖКОКС» / В.Н. Рубчевский, А.С. Гайдаенко, Ю.А. Чернышов, Ю.В. Ермак, Е.В. Бондаренко, А.В. Подлубный, С.Н. Постол, И.Д. Дроздник, Д.В. Мирошниченко, Н.А. Десна, В.В. Коваль // УглеХимический журнал. – 2015. – № 1. – С. 3-11.

Рукопись поступила в редакцию 05.12.2018

THE DEVELOPMENT OF PRACTICAL RECOMMENDATIONS FOR MINIMIZING THE COST OF CRUSHED COAL AND REDUCING THE CONTENT OF A CLASS LESS THAN 0.5 MM AT PJSC "ZAPOROZHCOKE"

© A.A. Bekhter, V.V. Plokhonnikov, T.V. Koretskaya (PJSC "ZAPOROZHCOKE"), E.T. Kovalev, Doctor of Technical Sciences, I.D. Drozdник, PhD in technical sciences, D.V. Miroshnichenko, Doctor of Technical Sciences, N.A. Desna, PhD in technical sciences, V.V. Koval (SE "UKHIN")

It has been established that an increase in the degree of coal metamorphism, expressed as a decrease in the volatile matter yield and an increase in the vitrinite reflectance, leads to an increase of the content of fineness fraction less than 0.5 mm when crushing. An increase in the content of fusinized components also leads to a similar result.

It has been shown that with an increase in the amount of coal blend passed to the crushing from 300 to 450 t/h, the amount of the undersize product decreases from 37.7 to 20.7 % or from 113.41 to 93.13 t/h, as well as the number of coal particles with a fineness of less than 0.5 mm in the crushed charge from 37.9 to 39.3 % or from 114.04 to 176.81 t/hour. At the same time, the amperage during crushing increases linearly, and the electric power consumption for crushing increases to a certain maximum (375 kW), which corresponds to a load of ~ 300 t/h.

The use of an additional stationary sieve along with the existing string one for screening of a small classes, allows to increase the screening efficiency by 10.4–11.0% when the coal load is 300-350 t/h and at the same time to reduce the content of the class less 0.5 mm in crushed blend by 3.2-3.3 %

Keywords: coal concentrates, blend, preparation scheme, screenings, electric power consumption, hammer crusher.

РОЗРОБКА ПРАКТИЧНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО МІНІМІЗАЦІЇ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПОДРІБНЕННЯ ВУГІЛЛЯ І ЗМЕНШЕННЯ ВМІСТУ КЛАСУ МЕНШЕ ВІД 0,5 ММ У ПОДРІБНЕНІЙ ШИХТІ ПРАТ «ЗАПОРІЖКОКС»

© А.О. Бехтер, В.В. Плохотников, Т.В. Корецька (ПРАТ «ЗАПОРІЖКОКС»), Є.Т. Ковальов, І.Д. Дроздник, Д.В. Мірошніченко, Н.А. Десна, В.В. Коваль (ДП «УХІН»)

Встановлено, що підвищення ступеню метаморфізму відображене зниженням показника виходу летких речовин і зростанням показника відбиття вітриниту, призводить до збільшення вмісту класу < 0,5 мм. До аналогічного результату призводить також підвищення вмісту фюзенизованих компонентів.

Показано, що при збільшенні кількості вугілля, що подається на подрібнення, з 300 до 450 т/год відбувається зниження кількості подрішного продукту з 37,7 до 20,7 % або з 113,41 до 93,13 т/год, а також збільшення кількості вугільних частинок крупніших, ніж 0,5 мм у подрібненій шихті з 37,9 до 39,3 % або з 114,04 до 176,81 т/год.

При цьому, ампераж при подрібненні зростає лінійно, а витрати електроенергії на подрібнення зростає до певного максимуму (375 кВт), який відповідає навантаженню ~ 300 т/год.

Застосування додаткового стаціонарного сита разом з наявним струнним дозволяє збільшити ефективність відсіву на 10,4-11,0 % при навантаженні по кам'яновугільній шихті від 300 до 350 т/год і одночасно знизити вміст класу < 0,5 мм у подрібненій шихті на 3,2-3,3 %.

Ключові слова: вугільні концентрати, шихта, схема підготовки, відсів, витрати електроенергії, молоткова дробарка.