

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ  
ПОДГОТОВКИ УГЛЕЙ В УСЛОВИЯХ  
ПАО «ЯКХЗ»**

THE IMPROVING OF THE TECHNOLOGICAL  
SCHEME OF COAL PREPARING APPLYING TO  
THE  
PJSC “YASINOVSKY COKING PLANT”

© 2013 Зинченко С.А.,  
Давидзон А.Р. к.т.н.  
(ПрАО «Донецксталь»-МЗ»),  
Казаков В.В., (ПАО «ЯКХЗ»),  
Мирошниченко Д.В., к.т.н.,  
Сорокотяга К.Н. (ГП «УХИИ»),  
Борохович Д., к.т.н., Канунников И.,  
Круш И., к.ф.-м.н. (KROOSH  
TECHNOLOGIES LTD)  
Zinchenko S.A., Davidzon A.R.,  
**PhD in technical sciences**  
(PrSC «Donetsksteel»-MP»),  
Kazakov V.V.  
(PJSC “Yasinovsky Coking Plant”),  
Miroshnichenko D.V., **PhD in technical sciences**,  
Sorokotyaga K.N. (SE “UKHIN”),  
Borohovich D., **PhD in technical sciences**,  
Kanunnikov I., Kroosh I., **PhD in mathematics**,  
(KROOSH TECHNOLOGIES LTD)

*Сырьевая база ПАО «ЯКХЗ» характеризуется наличием двух групп углей, различающихся исходным гранулометрическим составом, что предопределяет необходимость их раздельного приготовления к коксованию, а именно – применение схемы ГДК. Использование схемы ГДК, в сравнении со схемой ДШ, при аналогичном марочном и компонентном составах угольной шихты, позволяет улучшить показатели механической прочности производимого кокса на 0,3 % ( $M_{25}$ ) и 0,2 % ( $M_{10}$ ). Внедрение схемы ГДК позволяет снизить стоимость угольной шихты, вследствие возможности уменьшить содержание в ней угольного концентрата ш/у «Покровское».*

*Raw material base of PJSC “Yasinovsky Coking Plant” is characterized by the presence of two groups of coals with different initial particle size distribution, thax determines their separate preparations for coking – namely, the application of the scheme of groupcomponente crushing. Use of a, in comparison with the circuit CB Blend crushing, with similar mark and compositional grades of coal blend, can additionally improve the mechanical strength of coke for 0,3 % ( $M_{25}$ ) and 0,2 % ( $M_{10}$ ). The implementation of a can reduce the cost of coal blend, because of the possibility to reduce the content of coal concentrate “Pokrovs'ke” PJSC Coal Company.*

Ключевые слова: уголь, схема подготовки, качество кокса.

Keywords: coal, scheme of coal preparing, the quality of coke.

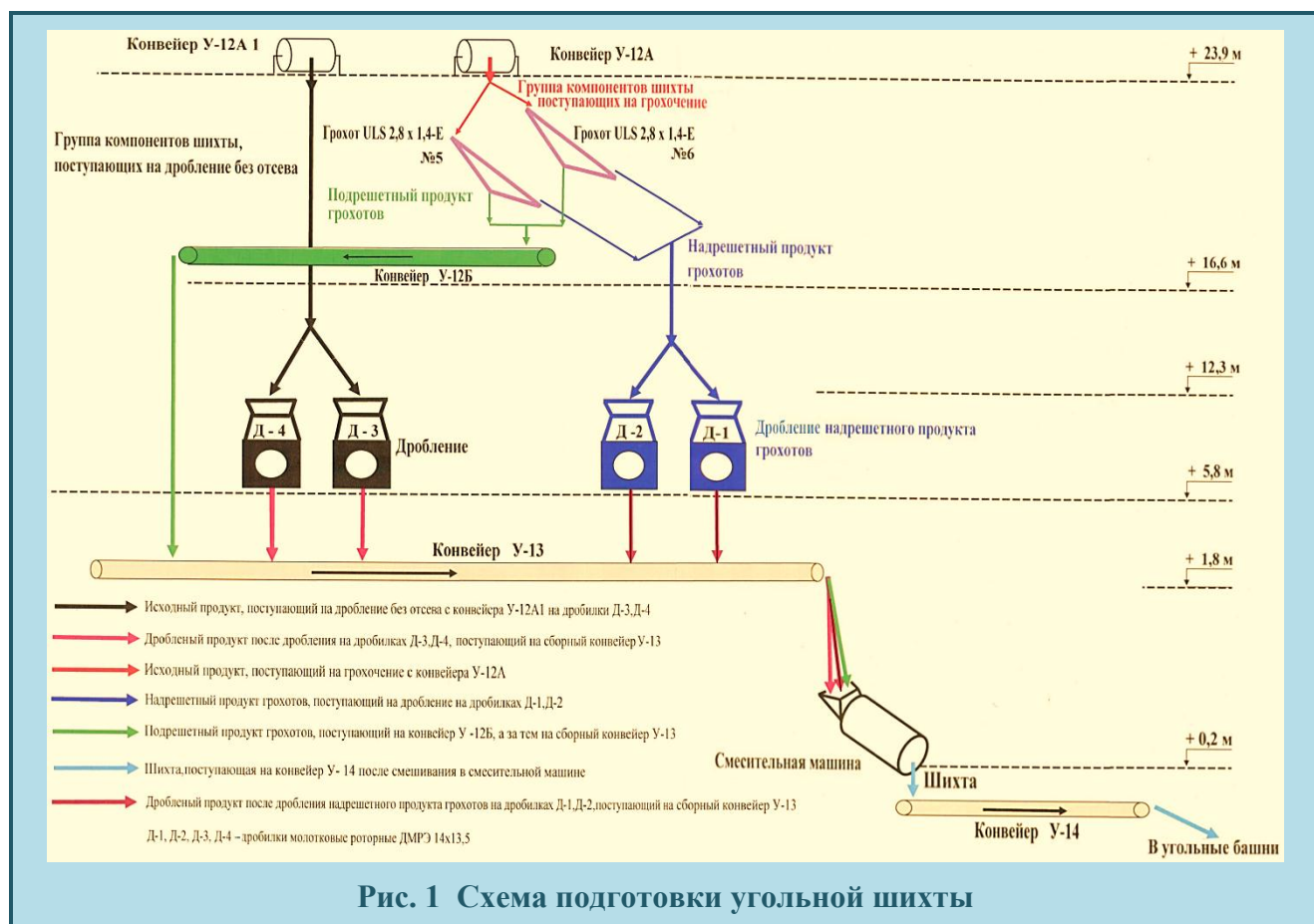
\*\*\*\*\*

**В**опросу выбора научно-обоснованной схемы подготовки угольных компонентов на ПАО «ЯКХЗ» всегда уделялось повышенное внимание – как на существовавшей ранее обогатительной фабрике, так и на тракте «угольный склад – отделение измельчения – угольная башня» [1-6].

В 2012 г. в углеподготовительном цехе ПАО «ЯКХЗ» после реконструкции отделения окончательного дробления введен в эксплуатацию комплекс подготовки шихты к коксованию по схеме ГДК (групповое дробление компонентов шихты). Согласно внедренной схеме (рис. 1) угольные компоненты шихты распределяются до измельчения на два потока:

– первый поток (преимущественно слабоспекающиеся угли марок «Г» и «КСН») направляется с конвейера У-12 А1 на измельчение в дробилки Д-4 и Д-3 без предварительного отсева, далее поступаая на сборный конвейер У-13;

– второй поток (преимущественно хорошо спекающиеся угли марок «Ж» и «К») направляется с конвейера У-12 А на два многочастотных грохота ULS 2,8 x 1,4-Е, на которых происходит разделение угля по классу крупности 6 мм. Надрешетный продукт измельчается в молотковых дробилках Д-1 и Д-2 и далее поступает на сборный конвейер У-13. Подрешетный продукт поступает на конвейер У-12 Б, который транспортирует его без дробления на сборный конвейер У-13.

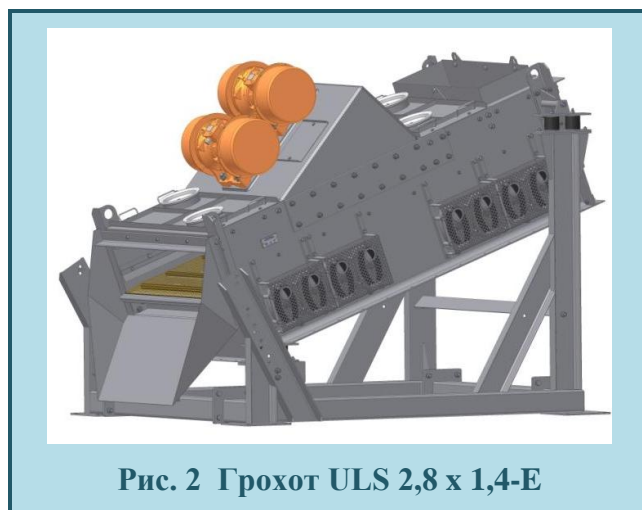


Дроблёные угли твердой группы и дроблёные угли мягкой группы надрешетного продукта грохотов ULS, а также не дроблёный подрешетный продукт грохотов ULS поступают по сборному конвейеру в смесительную машину и далее по конвейеру У-14, в угольные башни коксового цеха.

Грохот ULS2,8x1,4-Е (рис. 2) компании KROOSH TECHNOLOGIES LTD (Израиль) представляет собой прямоугольный однодечный многочастотный вибрационный просеивающий аппарат с площадью просеивающей поверхности 3,5 м<sup>2</sup>, предназначенный для разделения по крупности "трудных" сыпучих материалов и твердой фазы пульпы. Грохот оснащен двумя электрическими вибраторами, которые генерируют одночастотные направленные колебания корпуса. На корпусе размещена механическая система Kroosher – основная составная часть грохота, которая отличает его от традиционных самобалансных грохотов. Система преобразует одночастотные, малой энергии, колебания корпуса, генерируемые вибраторами, в многочастотные усиленные колебания просеивающей сетки с непрерывным спектром частот и с пиками ускорений на ней в десятки и сотни g. Специальная конструкция сетки грохотов ULS обеспечивает передачу этих частот и ускорений в слой просеиваемого материала с кратностью, равной числу колебаний грохота за одну секунду.

При таком воздействии в слое просеиваемого материала возбуждаются собственные колебания в широком спектре частот, соответствующих собственным частотам данного слоя. Внешне это выглядит как турбулентное движение слоя сыпучего материала по сетке. В

таком виброкипящем слое каждая частица начинает двигаться по своей траектории (в отличие от вибровзвешенного слоя традиционных грохотов, где все частицы перемещаются по сходным траекториям). За счет этого улучшается и ускоряется процесс сегрегации, и более мелкие частицы, представляющие подрешетный продукт грохота, успевают в большем количестве пройти сквозь сетку. Одновременно, широкий спектр пиковых ускорений сетки обеспечивает её непрерывную самоочистку. В грохоте ULS 2,8 x 1,4-Е пиковые ускорения на сетке достигают 300 g в отличие от традиционных грохотов с ускорениями в пределах 3-5 g. Залипание сетки в такой ситуации практически невозможно. Таким образом, благодаря отмеченным инновационным преимуществам многочастотного грохота, обеспечивается существенное увеличение производительности процесса при его высокой эффективности.



Проведенные в период промышленной эксплуатации испытания доказали высокую эффективность разделения влажных залипающих углей при использовании многочастотного грохота ULS 2,8 x 1,4-Е для отсева класса крупности менее 6 мм: при средней нагрузке 310 т/ч на два грохота с общей рабочей площадью 7 м<sup>2</sup> средний выход подрешетного продукта составил 47,0 %.

Таблица 1

**Технологические свойства угольных концентратов, входящих  
в сырьевую базу ПАО «ЯКХЗ»**

Поставщик	Марка	Технический анализ, %				Пластометрические показатели, мм		Коэффициент размоло способности по Хардгроу, ед	Давление распираания, P <sup>10</sup> кПа
		A <sup>d</sup>	S <sub>t</sub> <sup>d</sup>	V <sup>d</sup>	V <sup>daf</sup>	x	y		
КУК	–	11,0	1,61	30,1	33,9	52	10	66	2,5
ЦОФ «Комсомольская»	Г	10,8	1,67	33,0	37,0	36	11	40	3,1
ЦОФ «Постниковская»	Ж	9,1	2,65	30,2	33,3	16	25	73	4,6
ш. «Сентяновская»	Ж	5,6	0,95	29,3	31,1	22	18	72	4,8
ш. им. Засядько	Ж	6,6	1,81	29,3	31,4	-1	24	71	5,2
ш/у «Покровское»	К	9,5	0,84	26,6	29,4	14	13	70	10,3
ЦОФ «Чумаковская» (ш. «Щегловская Глубокая»)	К	9,3	1,73	28,7	31,7	2	23	72	6,1
УК «Кузбассразрезуголь»	КС	7,4	0,41	23,2	25,1	38	10	48	8,2

Таблица 2

**Петрографическая характеристика угольных концентратов, входящих  
в сырьевую базу ПАО «ЯКХЗ»**

Поставщик	Марка	Петрографический состав (без минеральных примесей), %					Средний показатель отражения витринита, %	Стадии метаморфизма витринита, %						
								менее	0,50-	0,66-	0,90-	1,20-	1,40-	1,70-
								0,50	0,65	0,89	1,19	1,39	1,69	2,59
								Марки угля, условно соответствующие стадиям метаморфизма витринита						
		Vt	Sv	I	L	Σ ОК	R <sub>o</sub>	Д	ДГ	Г	Ж	К	ОС	Т/А
КУК	–	81	-	18	1	18	0,93	4	18	35	21	11	6	4/1
ЦОФ «Комсомольская»	Г	83	-	12	5	12	0,86	2	15	38	45	-	-	-
ЦОФ «Постниковская»	Ж	86	-	12	2	12	0,97	-	-	13	87	-	-	-
ш. «Сентяновская»	Ж	89	-	9	2	9	1,06	-	-	5	86	8	1	-
ш. им. Засядько	Ж	92	-	6	2	6	1,09	-	-	-	94	6	-	-
ш/у «Покровское»	К	87	1	10	2	11	1,12	-	-	-	81	19	-	-
ЦОФ «Чумаковская» (ш. «Щегловская Глубокая»)	К	92	1	6	1	7	1,11	-	-	-	90	10	-	-
УК «Кузбассразрезуголь»	КС	33	3	63	1	65	1,05	-	-	10	80	10	-	-

Таблица 3

**Гранулометрический состав угольных концентратов, входящих  
в сырьевую базу ПАО «ЯКХЗ»**

Поставщик	Марка	Гранулометрический состав (мм), %							
		6-13	3-6	1-3	0,5-1	-0,5	-6	-3	d <sub>ср</sub>
КУК	–	0,4	2,4	12,5	44,3	40,4	99,6	97,2	0,82
ЦОФ «Комсомольская»	Г	47,0	13,5	14,3	11,7	13,5	53,0	39,5	5,48
ЦОФ «Постниковская»	Ж	34,4	20,8	20,0	12,0	12,8	65,6	44,8	4,73
ш. «Сентяновская»	Ж	33,9	19,3	19,9	13,1	13,8	66,1	46,8	4,62
ш. «им. Засядько»	Ж	11,6	16,5	29,1	22,3	20,5	88,4	71,9	2,65
ш/у «Покровское»	К	20,0	15,7	18,4	15,3	30,6	80,0	64,3	3,17
ЦОФ «Чумаковская» (ш. «Щегловская Глубокая»)	К	9,6	13,4	26,8	25,3	24,9	90,4	77,0	2,30
УК «Кузбассразрезуголь»	КС	52,7	12,3	12,2	9,0	13,8	47,3	35,0	5,91

Для оценки эффективности внедрения схемы отсева мелких классов перед измельчением углей, в углеподготовительном цехе ПАО «ЯКХЗ» были проведены опытно-промышленные коксования угольных шихт, подготовленных по различным схемам. В табл. 1-3 приведены технологические свойства, петрографическая характеристика, а также данные ситового анализа угольных концентратов, входящих в сырьевую базу ПАО «ЯКХЗ» и участвовавших в эксперименте. Данные таблиц 1-3 свидетельствуют, что в настоящий момент в сырьевую базу входят 8 угольных компонентов:

– КУК (концентрат угольный для коксования), Украина – товарный продукт, образующийся при переработке отходов флотации шламонакопителей бывшей углеобогащательной фабрики ПАО «ЯКХЗ»;

– ЦОФ «Комсомольская», марка «Г», Украина;

– ЦОФ «Постниковская», марка «Ж», Украина;

– ш. «Сентяновская», марка «Ж», Россия;

– ш. им. Засядько, марка «Ж», Украина;

- ш/у «Покровское», марка «К», Украина;
- ЦОФ «Чумаковская» (ш. «Щегловская Глубокая»), марка «К», Украина;
- УК «Кузбассразрезуголь», марка «КС», Россия.

Данные табл. 1 свидетельствуют, что используемые угольные концентраты различаются по своим характеристикам. Зольность угольных проб колеблется от 5,6 (ш. «Сентяновская») до 11,0 % (КУК); содержание общей серы – от 0,41 (УК «Кузбассразрезуголь») до 2,65 % (ЦОФ «Постниковская»); выход летучих веществ – от 25,1 (УК «Кузбассразрезуголь») до 37,0 % (ЦОФ «Комсомольская»); толщина пластического слоя – от 10 (КУК и УК «Кузбассразрезуголь») до 25 мм (ЦОФ «Постниковская»); индекс размолосопособности по методу Хардгрова – от 40 (ЦОФ «Комсомольская») до 73 ед. (ЦОФ «Постниковская»). Необходимо отметить, что повышенное значение HGI для КУК, равное 66 ед., вызвано, в первую очередь, особенностями гранулометрического состава данной пробы (84,7 % класса менее 1,0 мм), что сказывается на ее подготовке к испытанию по методу Хардгрова.

Давление распыления угольных концентратов изменяется от 2,5 (КУК) до 10,3 кПа (ш/у «Покровское»), причем критические значения (более 7,5 кПа) кроме угля ш/у «Покровское» имеет и уголь УК «Кузбассразрезуголь». Данное обстоятельство необходимо учитывать при составлении и коксовании угольных шихт с большим участием указанных компонентов.

Данные табл. 2 свидетельствуют, что все угли, кроме УК «Кузбассразрезуголь» ( $\Sigma\text{ОК} = 65\%$ ), являются петрографически однородными ( $\Sigma\text{ОК} < 25\%$ ).

Приведенный в табл. 3 гранулометрический состав исследованных угольных компонентов показывает, что часть углей характеризуются повышенным содержанием класса 0-3 мм и не нуждаются в интенсивном измельчении. К таким можно отнести:

- КУК – 97,2 %;
- ш. им. Засядько – 71,9 %;
- ЦОФ «Чумаковская», (ш. «Щегловская Глубокая») – 77,0 %;
- ш/у «Покровское» – 64,3 %.

Остальные угли, характеризуются содержанием зерен класса 0-3 мм на уровне 35-46,8 %, что предопределяет их обязательное измельчение. Таблица 4

**Компонентный состав опытных шихт из угольных концентратов, входящих в сырьевую базу ПАО «ЯКХЗ»**

Поставщик	Марка	Схема подготовки, % участия в шихте				
		ДШ	ГДК базовый		ГДК оптимизированный	
			мягкая группа	твердая группа	мягкая группа	твердая группа
КУК	–	4	4	-	8	-
ЦОФ «Комсомольская»	Г	8	-	8	-	8
ЦОФ «Постниковская»	Ж	8	8	-	12	-
ш. «Сентяновская»	Ж	5	5	-	5	-
ш. «им. Засядько»	Ж	5	5	-	5	-
ш/у «Покровское»	К	48	22	26	14	28
ЦОФ «Чумаковская» (ш. «Щегловская Глубокая»)	К	6	6	-	6	-
УК «Кузбассразрезуголь»	КС	16	-	16	-	14
Итого		100	50	50	50	50
			100		100	
Содержание класса 0-3 мм, %		80	75	85	75	85
				80		

Всего было приготовлено 3 варианта угольных шихт (табл. 4):

1. ДШ – шихта заводского марочного и компонентного составов, подготовленная путем смешения, усреднения и одновременного ее измельчения до содержания 80 % угольных частиц крупностью 0-3 мм.

2. ГДК базовый – шихта заводского марочного и компонентного составов, подготовленная следующим образом. Входящие в состав шихты угли были разделены на мягкую и твердую группы. Мягкую группу рассеяли по классу 6 мм и от него отделили 40 % (имитация работы грохота) угля.

Остальную часть (60 %) класса менее 6 мм объединили с классом более 6 мм и подробили таким образом, чтобы суммарный помол мягкой группы после объединения с недробленными 40 % класса менее 6 мм составлял 75 %. Группа твердых углей была подроблена до 85 % содержания класса 0-3 мм. После объединения мягкой и твердой групп общий помол составлял около 80 %.

3. ГДК оптимизированный – способ подготовки аналогичен варианту 2 (ГДК базовый), однако в марочный и компонентный составы внесены некоторые изменения, направленные на удешевление шихты. В частности, было увеличено содержание КУК (с 4 до 8 %), а также угольного концентрата ЦОФ «Постниковская» (с 8 до 12 %), при снижении содержания угля ш/у «Покровское» (с 48 до 42 %) и УК «Кузбассразрезуголь» (с 16 до 14 %). Необходимо отметить, что распределение углей по мягкой и твердой группам не изменилось.

Таблица 5

**Технологические свойства опытных шихт из угольных концентратов ПАО «ЯКХЗ»**

Вариант подготовки шихты	Технический анализ, %				Пластометрические показатели, мм		Давление распираания, P <sup>10</sup>
	A <sup>d</sup>	S <sub>t</sub> <sup>d</sup>	V <sup>d</sup>	V <sup>daf</sup>	x	y	кПа
ДШ	8,9	1,12	27,4	30,1	22	15	7,3
ГДК базовый	8,9	1,12	27,4	30,1	25	15	4,8
ГДК оптимизированный	9,0	1,23	27,7	30,4	25	15	5,0

Таблица 6

**Петрографическая характеристика угольных концентратов, входящих в сырьевую базу ПАО «ЯКХЗ»**

Вариант подготовки шихты	Петрографический состав (без минеральных примесей), %					Средний показатель отражения витринита, %	Стадии метаморфизма витринита, %						
							менее 0,50	0,50-0,65	0,66-0,89	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	Σ ОК	R <sub>o</sub>	Д	ДГ	Г	Ж	К	ОС	Т/А
ДШ	78	1	19	2	20	1,06	-	3	7	81	9	-	-
ГДК базовый	78	1	19	2	20	1,06	1	1	11	81	6	-	-
ГДК оптимизированный	79	1	18	2	19	1,05	1	4	11	72	12	-	-

В табл. 5 и 6 приведены технологические свойства и петрографическая характеристика составленных угольных шихт. Последние характеризуются следующим изменением значений показателей качества: зольность колеблется в интервале 8,9-9,0 %; содержание общей серы 1,12-1,23 %; выход летучих веществ (на сухое беззольное состояние) 30,1-30,4 %; толщина пластического слоя – 15 мм; давление распираания – 4,8-7,3 кПа, сумма фюзенизированных компонентов – 19-20 %.

При близости всех показателей качества, наблюдается отличие в значениях давления распираания угольных шихт, подготовленных по схемам ГДК (5,0 кПа) и ДШ (7,3 кПа). По всей видимости, данное обстоятельство явилось следствием того факта, что уголь ш/у «Покровское», развивающий максимальное давление распираание (10,3 кПа), в схеме ДШ был подроблен более крупно, нежели в схеме ГДК, а как известно «чем меньше помол угля (шихты), тем большее давление распираание он (она) может развить» [7].

Составленные варианты шихт были помещены в перфорированные металлические ящики (по 2 на каждый вариант), имеющие следующие размеры, мм: 200×200×300. Ящики загружались в средний люк выбранных коксовых камер коксовой батареи № 1. Технологический режим коксования приведен в табл. 7.

Согласно представленным в табл. 7 данным, можно констатировать, что период коксования составил 24 часа, контрольные температуры были заданы на уровне 1220-1245 °С (соответственно машинная и коксовая стороны), тушение кокса осуществлялось «мокрым» способом.

## Технологические параметры коксования

Коксовая батарея	Период коксования, ч	Заданные температуры в контрольных вертикалах, °С		Способ тушения
		машинная сторона	коксовая сторона	
№ 1	24	1220	1245	Мокрое

После выдачи ящиков из камер коксования и их тушения они были охлаждены и раскрыты. Извлеченный кокс подсушивался до отсутствия изменения потери массы, после чего определялся выход сухого валового кокса. Далее кокс подвергался сбрасыванию и испытанию в лабораторном барабане ГП «УХИН» с определением показателей механической прочности  $P_{25}$  и  $I_{10}$ . Кроме того, для полученных коксов определялись показатели технического анализа: зольность, содержание общей серы и выход летучих веществ. Результаты исследования, а также прогнозные значения показателей механической прочности производственного кокса представлены в табл. 8.

Таблица 8

## Технологические свойства кокса из угольных концентратов ПАО «ЯКХЗ»

Вариант подготовки шихты	Технический анализ, %			Выход сухого валового кокса, $V^d$ , %	Механическая прочность, %			
					По данным лабораторных испытаний в ГП «УХИН»		Прогноз производственных результатов	
	$A^d$	$S_t^d$	$V^{daf}$		$P_{25}$	$I_{10}$	$M_{25}$	$M_{10}$
ДШ	11,7	0,92	0,2	75,7	91,7	6,8	88,7	6,8
ГДК базовый	11,8	0,93	0,1	75,8	93,0	6,0	90,0	6,0
ГДК оптимизированный	11,9	1,05	0,2	75,5	91,8	6,7	88,8	6,7

Данные технического анализа полученных коксов коррелируют с аналогичными показателями угольных шихт. Коэффициенты озолоения составляют 1,31-1,32; обессеривания – 0,82-0,85. Невысокие значения остаточного выхода летучих веществ из коксов (0,1-0,2 %) свидетельствуют об их «готовности».

Выход сухого валового кокса составляет 75,5-75,8 % и, в целом, коррелирует с выходом летучих веществ из опытных шихт. Показатели механической прочности свидетельствуют, что использование схемы ГДК в сопоставлении со схемой ДШ на аналогичном марочном и компонентном составе приводит к увеличению  $P_{25}$  ( $M_{25}$ ) на 1,3 % и снижению  $I_{10}$  ( $M_{10}$ ) на 0,8 %.

Удешевление угольной шихты вследствие замены дорогостоящего угольного концентрата ш/у «Покровское» и импортного отошающего угля (УК «Кузбассразрезуголь») на КУК и украинский жирный уголь (ЦОФ «Постниковская») при использовании схемы ГДК приводит к практически тем же значениям  $P_{25}$  ( $M_{25}$ ) и  $I_{10}$  ( $M_{10}$ ) кокса, что и при коксовании заводского варианта шихты, но подготовленного по схеме ДШ.

В целом по итогам проведенных исследований можно сформулировать следующие основные выводы:

1. Сырьевая база ПАО «ЯКХЗ» характеризуется наличием двух групп углей, различающихся исходным гранулометрическим составом (содержание класса 0-3 мм на уровне соответственно больше и меньше 64 %), что предопределяет необходимость их отдельного приготовления к коксованию, а именно – применения схемы ГДК;

2. Использование схемы ГДК при аналогичных марочном и компонентном составе угольной шихты позволяет улучшить показатели механической прочности получаемого доменного кокса или снизить стоимость угольной шихты путем вовлечения в нее большего количества слабоспекающихся углей (КУК, Г, КС) без ухудшения качества получаемого кокса по показателям  $M_{25}$  и  $M_{10}$ .

## Библиографический список

1. Литманович И.М. Совершенствование техники и технологии обогащения углей на Ясиновском коксохимическом заводе / И.М.Литманович, В.П.Исаев // Кокс и химия. – 1983. – № 11. – С. 6-9.

2. **Исаев В.П.** 25 лет углеобогадательной фабрике Ясиновского коксохимического завода / **В.П.Исаев, В.Ф.Позигун, И.М.Литманович** // *Кокс и химия*. – 1983. – № 1. – С. 2-3.
3. **Золотарев И.В.** Особенности подготовки угольных шихт для производства различных видов кокса в условиях ОАО «Ясиновский коксохимический завод» / **И.В.Золотарев, А.К.Саенко, В.В.Казаков, В.Н.Дудяк, А.В.Карпов** // *Кокс и химия*. – 2003. – № 11. – С. 8-11.
4. **Дроздник И.Д.** Особенности подготовки угольной шихты для коксования в условиях изменяющейся сырьевой базы / **И.Д.Дроздник, А.Г.Дюканов, Н.И.Тарасенко** // *Кокс и химия*. – 2003. – № 11. – С. 5-7.
5. **Полуэкттов И.Е.** Испытание импульсно-волнового грохота в непрерывном режиме в углеподготовительном цехе ОАО «Ясиновский КХЗ» / **И.Е.Полуэкттов, В.Н.Дудяк, А.К.Саенко, В.В.Казаков, О.Ф.Тихонова, И.Д.Дроздник, Д.В.Мирошниченко, Ю.В.Бессчастный** // *Углекимический журнал*. – 2008. – № 5-6. – С. 8-14.
6. **Полуэкттов И.Е.** Разработка и оценка эффективности различных способов подготовки угольной шихты к коксованию на ОАО «Ясиновский КХЗ» / **И.Е.Полуэкттов, А.К.Саенко, В.В.Казаков, И.Д.Дроздник, Д.В.Мирошниченко, О.Н.Сербин** // *Углекимический журнал*. – 2008. – № 5-6. – С. 22-31.
7. *Справочник коксохимика. Т. 1. Угли для коксования. Обогащение углей. Подготовка углей к коксованию [под ред. Борисова Л.Н., Шаповала Ю.Г.]*. – Харьков: ИД ИНЖЭК, 2010. – 536 с.

Статья поступила в редакцию 02.09.2013