

УДК 66.092.89:669.162.16:662.8

**ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ЖИДКИХ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ  
ПОПУТНЫХ ПРОДУКТОВ  
КОКСОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ  
СВЯЗУЮЩЕГО ПРИ  
БРИКЕТИРОВАНИИ УГОЛЬНОЙ  
ШИХТЫ**

© 2012 Ильяшов М.А., д.т.н.  
(ПрАО «Донецксталь»-МЗ),  
Золотарев И.В., к.т.н.  
(ЧАО «МАКЕЕВКОКС»),  
Тамко В.А., к.т.н. (ИНФОРУ НАНУ),  
Збыковский Е.И., к.т.н.,  
Швец И.И., к.х.н. (ДонНТУ),  
Евтушенко С.А., Исаев С.В.,  
Кулик-Форостяный А.А.,  
Хвостенко С.И., Депутат Л.С.  
(ЧАО «МАКЕЕВКОКС»)

*В работе показана возможность использования жидких углеродсодержащих попутных продуктов ЧАО «МАКЕЕВКОКС» в качестве связующего для брикетирования угольных шихт.*

*The possibility of using liquid carbon coking by-products of JSC "MAKEEVKOKS" as a binder in briquetting coal charge are shown in the article.*

Ключевые слова: жидкие углеродсодержащие материалы, кислая смолка, фусы, полимеры, угольная шихта, брикетирование, прочность.

**В**ведение

Несмотря на разработку альтернативных процессов выплавки чугуна и стали, на данный момент доминирующую позицию в черной металлургии занимает доменный процесс, использующий в качестве восстановителя и разрыхлителя каменноугольный кокс. Требования металлургов к качеству кокса постоянно повышаются, что ставит коксохимиков перед необходимостью использования высококачественных коксующихся углей, дефицит которых неизбежно растет. Поэтому перед производителями кокса остро стоит задача разработки и внедрения технологий, максимально полно использующих потенциал используемого сырья [1].

На коксохимических заводах образуются различные попутные продукты, в том числе и жидкие углеродсодержащие (далее – УСПП), к которым относятся: кислая смолка, каменноугольные фусы, полимеры бензольных отделений, сопутствующие продукты производства нафталина, некоторые компоненты каменноугольной смолы и др. [2]. На их основе производится разнообразная продукция – гл. обр., для использования в других отраслях народного хозяйства. Так, доказана возможность при соответствующей переработке ряда материалов (полимеров, кислой смолки, фусов) использовать их для производства ядохимикатов; в качестве компонентов шпалопропиточного масла, дорожных вяжущих материалов, лаков для смазки изложниц, котельных топлив и др., а также в качестве о жирняющих добавок к каменноугольной шихте [1-4].

Одним из наиболее простых и распространенных путей применения жидких УСПП является передача их непосредственно в угольную шихту, идущую на коксование. Разработаны различные способы подготовки попутных продуктов КХЗ, введение и смешение их с угольной шихтой [4-9]. Все они имеют свои недостатки и преимущества. Однако их использованию на конкретном КХЗ должны предшествовать предварительные испытания воздействия такой добавки на качество выпускаемого кокса.

Достаточно распространенной технологией переработки слабоспекающихся и неспекающихся марок углей является их предварительное брикетирование со связующим. [5, 8] Брикетирование применяется для использования некондиционных углей в качестве энергетического топлива, для их полукоксования с получением окускованного бездымного твердого топлива, а также для производства металлургического кокса из частично брикетированной шихты.

Исследования по получению брикетов из смеси угольных шихт с различными связующими проводились в многих странах (Китае, Венгрии, Индии, США, ЮАР). В промышленных условиях метод брикетирования шихты со связующим применялся в Германии. В Японии использование при коксовании частично брикетируемой шихты является основной промышленной технологией расширения сырьевой базы коксования и повышения прочности кокса [6].

К связующим для брикетирования углей предъявляются следующие требования: хорошая вяжущая способность, низкая канцерогенность, слабая адгезионная способность по отношению к конструкционным материалам (особенно к металлам), высокая спекающая способность, невысокая стоимость, наличие необходимых ресурсов и др. Наиболее распространенным связующим каменноугольного происхождения является

пек (применение которого, однако, сильно ограничивает его канцерогенность), нефтяного – нефтебитумы [6, 7].

В настоящее время в Украине имеет место острый дефицит продуктов переработки нефти; свободные же ресурсы каменноугольного пека практически отсутствуют в силу его высокой востребованности электродной промышленностью. Поэтому особо важную роль приобретают работы по изучению возможностей использования нетрадиционных связующих для брикетирования. В работах [8, 9] показана возможность использования для этой цели УСПП. Однако качественные показатели как этих материалов, так и используемых для коксования углей, различны для разных КХЗ. Это создает трудности для разработки единого способа приготовления композиций для получения связующего. Поэтому использованию УСПП на конкретном коксохимическом заводе должны предшествовать специальные исследования [9].

По данным ЧАО «МАКЕЕВКОКС», при получении кокса на заводе ежегодно образуется до 1500 т УСПП, в т.ч. фусы, кислая смолка, полимеры и др. Для исследований по их использованию в качестве связующего для брикетирования угля завод приобрел опытно-промышленный экструдер производительностью 5 т брикетов в час. Экструдер обеспечивает возможность получения цилиндрических брикетов диаметром 30, 50, 60, 70 и 120 мм и длиной 50-150 мм [10].

#### Экспериментальная часть

Для брикетирования использовали шихту (состав, %: Г – 28; ГЖ – 20; Ж – 28; СС – 14; К – 10) и индивидуальные угли (Г, ш. «Заречная», СС, К, ш. «Красноармейская-Западная №1»), применяемые для коксования на ЧАО «МАКЕЕВКОКС». Характеристика используемых УСПП и сырья для производства кокса приведены в табл. 1 и 2.

Данные табл. 1 и визуальные наблюдения показывают, что в исследуемых УСПП содержится значительные количества воды, в том числе и эмульгированной, причем значения влажности колеблются в достаточно

широких пределах. Также в УСПП содержатся серосодержащие соединения. Так, кислая смолка содержит значительное количество серной кислоты, сульфатов и сульфосоединений.

Таблица 1

Характеристика УСПП ЧАО «МАКЕЕВКОКС»

Показатели	Фуусы	Кислая смолка	Полимеры	Связующее на нефтяной основе	
Содержание воды	10,0	19,5	н/опр.	1,0	
pH водной фазы	7-8	1-2	н/опр.	н/опр.	
Выкипает в пределах, °С	<170	0,9	0,6	4,0	1,5
	170-270	11,5	9,5	11,0	15,5
	270-300	14,0	18,4	30,0	10,0
	>300	73,6	71,5	55,0	75,0
Температура размягчения, °С, остатка, не выкипающего до 300 °С	40-45	45-50	40-45	65	
Содержание твердой фазы, %	55	0,1	0,6	н/опр.	
Плотность ( $\rho$ ) г/см <sup>3</sup>	1,30	1,15	1,10	1,20	
Элементный состав, %	C	88,6	75,9	86,6	н/опр.
	H	5,5	4,9	5,3	н/опр.
	O+N	4,4	14,5	4,0	н/опр.
	S	1,5	4,7	4,1	н/опр.

В лабораторных условиях брикетирование проводили на механическом и гидравлическом прессах. Для прессования на механическом прессе использовалась матрица, обеспечивающая получение брикета диаметром (d) 16,3 мм, площадью поперечного сечения (S) 2,09 см<sup>2</sup> и высотой (h) 24-31 мм.

Масса брикета m составляла 6,0-7,5 г. Для прессования на гидравлическом прессе использовалась матрица, позволяющая получать брикеты со следующими характеристиками, мм: d – 22 мм; S – 3,8 см<sup>2</sup>; h – 18-25 мм; m – 9,0-11,0 г.

Таблица 2

Характеристика исследуемых углей и шихт

Уголь, шихта	W <sup>f</sup> , %	A <sup>d</sup> , %	S <sub>t</sub> <sup>d</sup> , %	V <sup>d</sup> , %	V <sup>dat</sup> , %
Шихта	9,9	7,8	1,34	31,2	33,85
Г	9,9	7,5	1,45	34,4	37,2
СС	12,1	6,4	0,44	24,3	25,9
К	8,2	7,9	0,75	27,1	29,5

Для исследований использовали фракции угля крупностью 0-3 мм с рабочей влажностью 3-10 %. Количество УСПП в

смеси составляло 10-15 %. В специальную емкость помешали навеску связующего и подогрели его на водяной бане при



температуре 50-80 °С до вязкотекучего состояния. Затем добавляли нагретую до 50-80 °С пробу угля (шихты) и тщательно перемешивали до образования однородной массы. Полученную смесь загружали в матрицу и подвергали брикетированию.

После получения брикетов определяли их прочность на сжатие (раздавливание). Испытанию подвергали свежеприготовленные брикеты, а также брикеты, высушенные при температуре 20-25 °С в течение 1-10 суток и высушенные при температуре 100 и 160 °С. Испытание проводили на ручном или гидравлическом прессе, снабженных динамометром или манометром. Испытываемый брикет взвешивали, измеряли его размеры и вычисляли площадь поперечного сечения. После этого брикет помещали на нижнюю подставку прессы и, плавно увеличивая давление, доводили до разрушения. Фиксировали по динамометру или манометру максимальное давление разрушения брикета. Удельное сопротивление брикета силам сжатия рассчитывали по формуле:

$$K_C = \frac{P}{F}, \text{ Па} \quad (1),$$

где  $P$  – нагрузка на брикет, Н;  
 $F$  – площадь брикета, м<sup>2</sup>.

Брикетирование в лабораторных условиях проводили при различных давлениях прессования: 150; 250; 350; 450 и 500 кг/см<sup>2</sup>. В ходе проводимых исследований изучали брикетирующую способность как отдельных марок углей, так и их смесей. То же относится и к связующим компонентам (УСПП).

#### Результаты и их обсуждение

В табл. 3 приведена прочность брикетов (свежеприготовленных и выдержанных при комнатной температуре в течение 24 ч), полученных из смесей угольной шихты (табл. 2) с различными УСПП.

Данные табл. 3 показывают, что прочность брикетов зависит от природы используемого связующего. Наибольшую прочность брикетам придает связующее на основе нефтепродуктов. Так, прочность брикетов, полученных из смеси шихты с этим связующим при давлении 250 кг/см<sup>2</sup>, составляет 14,4 кг/см<sup>2</sup>, в то время как прочность брикетов с использованием в качестве связующего кислой смолки – 7,1 кг/см<sup>2</sup>. Сравнивая прочность брикетов, изготовленных с использованием в качестве связующего различных УСПП, можно отметить, что наибольшую прочность брикетам придает кислая смолка.

Приготовление связующих смешением УСПП (без предварительной их переработки) и их использование при составлении смесей с угольной шихтой приводит к снижению прочности брикетов в сравнении с брикетами на основании кислой смолки.

В табл. 4 приведена прочность брикетов, полученных из смесей углей (которые преимущественно используются для коксования на ЧАО «МАКЕЕВКОКС») и жидких УСПП. Прочность брикетов приведена для разных значений давления прессования. Данные табл. 4 показывают, что прочность брикетов зависит от природы (метаморфизма) угля и используемых УСПП. Это можно объяснить тем, что угли разных марок избирательно взаимодействуют с используемыми связующими и это, по-видимому, обусловлено особенностями молекулярного состава и надмолекулярной структуры угля и химическим составом УСПП.

Данные табл. 3 и 4 показывают, что использование для брикетирования углей в качестве связующих УСПП при определенных условиях дает возможность получать весьма прочные угольные брикеты.

Таблица 3

Прочность брикетов, полученных из смесей угольной шихты с различными УСПП при различных давлениях прессования

Связующее	Массовая доля в смеси на брикетирование, %	Давление прессования, кг/см <sup>2</sup>									
		150		250		350		450		500	
		прочность брикетов, кг/см <sup>2</sup> (*)									
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Кислая смолка	10	3,9	5,5	5,0	7,1	6,7	7,6	6,9	7,3	7,1	8,5
Полимеры	10	1,6	2,0	2,0	2,3	1,8	2,0	1,6	2,0	1,6	2,0
Фусы	10	3,5	5,0	3,9	6,1	4,1	6,8	5,9	7,0	5,8	7,4
Отходы нафталина	10	2,8	3,5	4,0	4,3	4,4	5,3	5,0	5,3	5,8	5,8
Нефтяное связующее	10	5,2	13,0	6,6	14,4	8,0	13,1	7,9	14,5	н/опр.	н/опр.
Кислая смолка	5	2,5	2,9	3,3	3,5	3,3	3,9	3,4	3,6	3,6	3,9
Полимеры	5										
Кислая смолка	3										
Фусы	6	3,2	4,1	4,4	5,9	5,0	6,4	н/опр.	н/опр.	н/опр.	н/опр.
Полимеры	1										

(\*1 – прочность свежеприготовленных брикетов; 2 – прочность брикетов после выдержки в течении 24 ч при температуре 20-25 °С; d = 16,3 мм, S = 2,09 см<sup>2</sup>.)

В табл. 5 приведены результаты исследований, характеризующих зависимость прочности брикетов от количества связующего в брикетируемой смеси и от давления прессования. Данные табл. 5 показывают, что количество связующего, обеспечивающее максимальную прочность брикетов, зависит от природы используемого связующего и давления прессования. Так, нефтяное связующее обеспечивает максимальную прочность брикетов при содержании менее 10 % от брикетируемой смеси, а связующие на основании УСПП – более 10 %. Большое количество последних, необходимое для получения прочных брикетов, по-видимому, объясняется содержанием в этих материалах значительного количества примесей, ухудшающих качество брикетов.

Как видно из табл. 5, прочность свежеприготовленных брикетов в меньшей мере зависит от количества связующего в брикетируемой смеси, по сравнению с

брикетами, выдержанными при комнатной температуре в течение 24 ч. Допустимо предположить, что такая выдержка обеспечивает возможность молекулам связующего диффундировать в уголь, вступать во взаимодействие с активными центрами угля, образуя достаточно прочные связи, приводящие к упрочнению брикета. На взаимодействие жидкой и твердой фаз брикета и, соответственно, на его прочность существенное влияние оказывает давление прессования, повышение которого способствует сближению угольных зерен и диффузионным процессам.

На рис. 1 и рис. 2 приведены зависимости изменения прочности брикетов от давления прессования исследуемых смесей. Как следует из приведенных данных, максимальные значения прочности соответствуют давлению прессования на уровне 350-450 кг/см<sup>2</sup>. Это, по-видимому, объясняется как возможностью выдавливания части связующего, так и

раздавливанием частиц, входящих в наполнителя, в результате чего количество брикетизируемую смесь. Последнее способ- связующего становится недостаточным для ствует наращиванию удельной поверхности эффективного смачивания твердых частиц.

Таблица 4

**Прочность брикетов, полученных из смесей различных марок углей с УСПП при различных давлениях прессования**

Марка угля, связующее	Массовая доля в смеси на брикетирование, %	Давление прессования, кг/см <sup>2</sup>									
		150		250		350		450		500	
		прочность брикетов, кг/см <sup>2</sup> (*)									
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
СС	90										
Кислая смолка	10	4,0	7,3	6,4	9,8	7,3	11,0	н/опр.	н/опр.	7,3	10,3
СС	90										
Фусы	10	2,3	4,5	3,1	5,2	3,1	6,0	3,5	6,3	3,4	6,1
СС	90										
Нефтяное связующее	10	4,2	7,3	5,0	8,5	5,8	10,8	5,5	11,8	8,0	12,8
Г	90										
Кислая смолка	10	6,6	11,0	6,8	12,5	8,5	13,8	8,9	14,5	н/опр.	н/опр.
Г	90										
Фусы	10	4,0	6,8	4,6	6,7	4,9	7,3	5,5	8,0	5,5	7,9
Г+СС (равные доли)	90										
Кислая смолка	10	6,6	11,6	6,6	12,5	8,0	13,5	8,5	14,0	8,3	13,0
К	90										
Отходы производства нафталина	10	2,9	3,4	4,4	4,6	5,0	4,9	5,5	5,5	5,5	5,5
К	90										
Кислая смолка	10	4,5	8,0	7,0	10,3	7,8	11,5	н/опр.	н/опр.	н/опр.	н/опр.
К	90										
Фусы	10	3,8	5,0	4,4	6,4	3,5	5,4	4,0	5,3	4,5	5,5
К	90										
Нефтяное связующее	10	4,3	н/опр.	6,5	н/опр.	7,0	н/опр.	8,0	н/опр.	8,5	н/опр.

(\*1 – прочность свежеприготовленных брикетов; 2 – прочность брикетов после выдержки в течении 24 ч при температуре 20-25 °С

Окончательная прочность брикета обеспечивается стадией, обеспечивающей стабилизацию его структурных характеристик. Эта стадия определяется температурой и продолжительностью ее воздействия на брикет без приложения к нему механических воздействий. Ее можно осуществлять,

подвергая брикет низкотемпературному воздействию длительное время, либо высокой температуре значительно меньшее время. Эффективность этой стадии для получения брикетов с необходимой прочностью должна подтверждаться экспериментально и выполняться в соответствии с задачами процесса.

Таблица 5

Зависимость прочности брикетов на основе угольной шихты от количества связующего и давления прессования

Связующее	Массовая доля в смеси на брикетирование, %	Давление прессования, кг/см <sup>2</sup>									
		150		250		350		450		500	
		прочность брикетов, кг/см <sup>2</sup> (*)									
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Кислая смолка	8	2,2	3,4	2,6	3,9	3,0	4,2	3,1	4,3	н/опр.	н/опр.
	10	3,9	5,5	5,0	7,1	6,7	7,6	6,9	7,3	7,1	8,5
	15	5,2	7,9	6,0	8,5	7,3	8,9	7,5	9,9	н/опр.	н/опр.
	18	5,8	8,9	6,4	9,9	7,6	10,6	7,5	11,5	6,8	10,5
Нефтяное связующее	4	3,5	6,0	5,0	7,3	5,8	8,3	5,8	7,5	6,0	8,8
	6	6,3	10,3	8,8	13,0	9,5	13,8	9,1	15,5	10,3	15,3
	8	7,5	11,1	8,7	12,6	9,7	16,3	9,3	15,6	9,3	16,0
	10	5,2	13,0	6,6	14,4	8,0	13,1	7,9	14,1	н/опр.	н/опр.
	14	5,9	8,9	5,8	8,0	5,8	9,0	6,0	9,8	6,5	9,3
	18	3,8	5,3	4,5	5,3	4,5	5,3	4,5	5,8	4,3	5,5

(\*1 – прочность свежеприготовленных брикетов; 2 – прочность брикетов после выдержки в течение 24 ч при температуре 20-25 °С

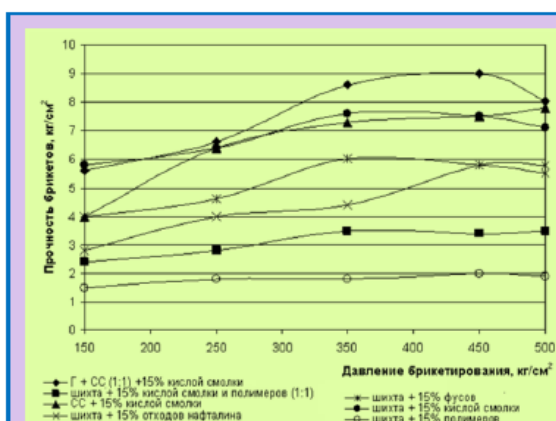


Рис. 1 Зависимость прочности свежеприготовленных брикетов от давления брикетирования

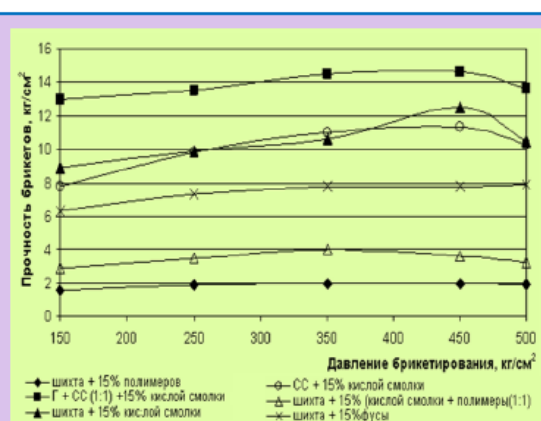


Рис. 2 Зависимость прочности брикетов, выдержанных в течение 24 ч при температуре 20-25 °С, от давления брикетирования

В табл. 6 приведены результаты изменения прочности брикетов от продолжительности их выдержки при температуре 20-25 °С. Данные

табл. 6 показывают, что наибольший прирост прочности брикета происходит в течение двух суток.



Таблица 6

Зависимость прочности брикетов от продолжительности их выдержки при температуре 20-25 °С температуре <sup>(\*)</sup>

Продолжительность выдержки брикета, ч	Давление прессования брикетов, кг/см <sup>2</sup>		
	150	250	350
прочность брикетов, кг/см <sup>2</sup>			
1,0	3,6	4,0	5,7
3,0	6,0	6,3	6,4
4,0	н/опр.	6,0	6,3
24	7,0	8,2	9,0
47	8,5	9,5	9,9
50	н/опр.	9,9	11,3
75	9,0	10,8	12,4
100	9,1	11,1	12,8

<sup>(\*)</sup> Состав брикетированной смеси, %: шихта – 90; кислая смола – 10.

Таблица 7

Зависимость прочности брикетов от продолжительности их выдержки при температуре 100 и 160 °С

Продолжительность выдержки брикета, мин.	Давление прессования брикетов, кг/см <sup>2</sup>					
	150	250	350	150	250	350
	при 100 °С			при 160 °С		
прочность брикетов, кг/см <sup>2</sup>						
<i>Состав смеси брикетирования, %: шихта – 90; кислая смола – 10</i>						
0	3,6	4,0	5,7	3,6	4,0	5,7
15	4,6	5,8	7,1	10,0	11,0	10,5
30	8,0	8,3	8,8	20,0	21,0	20,5
45	10,0	12,8	13,8	20,0	20,3	20,7
60	15,8	16,5	17,8	н/опр.	н/опр.	н/опр.
<i>Состав смеси брикетирования, %: шихта – 90; компаундное связующее (67 % фусов, 30 % кислой смолки, 3 % полимеров) – 10</i>						
0	3,2	4,4	5,0	3,2	4,4	5,0
15	н/опр.	н/опр.	н/опр.	10,0	10,3	12,8
30	8,3	10,3	10,5	12,8	14,8	17,8
45	7,8	9,5	10,3	13,3	17,3	18,0
60	11,3	12,8	15,5	н/опр.	н/опр.	н/опр.

Полная готовность брикетов происходит по истечению 4-5 суток. Продолжительность этой стадии зависит также от природы используемых для брикетирования углей, и особенно – от химической природы связующего. Как видно из табл. 6, выдержка брикетов во времени значительно сглаживает значения прочности брикетов, полученных при различных давлениях прессования.

В табл. 7 приведены значения прочности брикетов при различной продолжительности их выдержки при 100 и 160 °С. Данные табл. 7 показывают, что при 100 °С необходимая продолжительность выдержки брикетов составляет более 60 мин., при 160 °С – 30 мин. Прочность брикетов при этом наиболее высокая и в 1,4-2,2 раза превосходит прочность образцов, выдерживавшихся при



20-25 °С в течение 100 ч. Причем прочность брикетов, полученных из брикетируемой смеси одного и того же состава, но при различных давлениях прессования, становится практически одинаковой.

#### Выводы

1. Установлена возможность использования УСПП ЧАО «МАКЕЕВКОКС» в качестве связующего для брикетирования угольных шихт.
2. Установлены оптимальные составы брикетируемых смесей, условия их приготовления, параметры брикетирования и условия последующей изотермической выдержки брикетов.
3. Показано, что из брикетируемых смесей, состоящих из угольной шихты и УСПП ЧАО «МАКЕЕВКОКС», можно получать брикеты с прочностью на раздавливание до 10-21 кг/см<sup>2</sup>.
4. Освоена работа опытной брикетной установки на ЧАО «МАКЕЕВКОКС» с использованием экструзивных брикетных машин с различными насадками для формирования брикетов диаметром 30-60 мм.

#### Библиографический список

1. Браун Н.В. Перспективные направления развития коксохимического производства / Н.В.Браун, И.М.Глуценко. – М.: Металлургия, 1989. – 269 с.
2. Лазорин С.Н. Обезвреживание отходов коксохимических заводов / С.Н.Лазорин, Г.И.Панков, В.И.Литвиненко. – М.: Металлургияиздат, 1977. – 238 с.
3. Чоп Ю.А. Нейтрализация кислой смолки ректификации сырого бензола / Ю.А.Чоп, Я.В.Бесчасный // УглеХимический журнал. – 2012. – № 3-4. – С. 26-29.
4. Чешко Ф.Ф. Предварительная обработка вторичных продуктов химического производства перед их подачей в шихту для коксования / Ф.Ф.Чешко, И.Н.Питюлин, Э.И.Торяник [и др.] // Кокс и химия. – 2002. – № 9. – С. 22-25.
5. Тютюнников Ю.Б. Органічні добавки у виробництві коксу / Ю.Б.Тютюнников, Л.Г.Синцера, Ю.І.Гречко. – Київ: Техніка, 1971. – 94 с.
6. Литвин Е.М. Об оптимизации технологии частичного брикетирования шихты перед коксованием / Е.М.Литвин, Л.Ю.Гальперин, А.Я.Яремий, И.М.Глуценко // Кокс и химия. – 1992. – №2. – С. 14-18.
7. Елишевич А.Т. Брикетирование угля со связующими / А.Т. Елишевич. – М.: Недра, 1972. – 216 с.
8. Браун Н.В. О возможности использования отходов коксохимического производства в качестве связующего при брикетировании угольной шихты / Н.В.Браун, И.М.Глуценко, Н.И.Панченко // Кокс и химия. – 1986. – № 5. – С. 16-19.
9. Васючков Е.И. Исследование возможности использования отходов коксохимического производства в шихте для коксования / Е.И.Васючков, В.Д.Музычук, И.М.Глуценко [и др.] // Кокс и химия. – 1985. – №11. – С. 16-18.
10. Саранчук В.И. О возможности использования отходов коксохимического производства в процессе каменноугольной шихты / В.И.Саранчук, Е.И.Збыковский, И.В.Золотарев, Ю.А.Кныш // Материалы II междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых по химии и химической технологии, НТУ-КПИ. – Киев, 2009. – С. 45-49.
11. Золотарев И.В. Решение экологических проблем в процессе производства металлургического топлива // Угольная теплоэнергетика. Проблемы реабилитации и развития: материалы научно-техн. конф. – Алушта, 2008. – С. 76-78.
12. Дисильг В.М. Получение безобжиговых брикетов на основе мелкозернистого бурогоугольного полукочка из углей Канско-Ачинского бассейна / В.М.Дисильг, В.М.Страхов, В.И.Ливену [и др.] // Кокс и химия. – 2008. – № 9. – С. 50-56.

Рукопись поступила в редакцию 02.06.2012.