

**КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ УГОЛЬНОЙ
СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ДЛЯ
ПРОИЗВОДСТВА КОКСА МАРКИ
«ПРЕМИУМ»**

CONCEPTION OF THE DEVELOPMENT OF PJSC
“YASINOVSKY COKING PLANT” COAL
RESOURCE BASE FOR COKE “PREMIUM”
PRODUCTION

© 2013 **Филатов Ю.В., к.т.н.**
(*ПрАО «Донецксталь»-МЗ*),
Чаленко В.И.(*ПАО «ЯКХЗ»*),
Ковалев Е.Т., д.т.н.,
Дроздник И.Д., к.т.н.,
(*ГП «УХИИ»*)

Filatov Yu.V., **PhD in technical sciences**
(*PrJSC «Donetsksteel»-MP*),
Chalenko V.I.,
(*PJSC “Yasinovsky Coking Plant”*),
Kovalev E.T., Doctor of Technical Sciences,
Drozdnic I.D., PhD in technical sciences,
(*SE “UKHIN”*)

Рассмотрена концепция формирования угольной сырьевой базы ПАО «Ясиновский КХЗ» с постепенным снижением долевого участия дорогостоящего базового компонента шихты – угля ПАО «Шахтоуправление «Покровское» и заменой его на менее дорогие отечественные и импортные угли с сохранением качества кокса марки «Премиум».

The conception has been observed of the coal resource base formation for pjsc “yasinovsky coking plant” with a gradual decrease of percentage of the expensive blend component (coal of pjsc “coal company “pokrovs'ke”) with replacing by a less expensive domestic and imported coals while maintaining the quality of "premium" coke.

Ключевые слова: сырьевая база, уголь, шихта, кокс, концепция развития, марка «Премиум».

Keywords: source of raw materials, coal, blend, coke, conception of development, brand "Premium".

ПАО «Ясиновский КХЗ» входит в группу предприятий интегрированной компании «Донецксталь», обладающей собственными активами по добыче коксующихся углей (ПАО «Шахтоуправление «Покровское», бывшая шахта «Красноармейская Западная № 1») и по производству металлопродукции (Донецкий металлургический завод). Касясь этих предприятий, следует отметить, что добываемый уголь ПАО «Шахтоуправление «Покровское» относится к маловосстановленным коксовым углям с невысоким содержанием серы. Долевое участие этого угля в добыче украинских углей этой марки составляет 55-56 %.

Донецкий металлургический завод первым в Украине освоил технологию вдувания пылеугольного топлива (ПУТ) в доменные печи, что при одновременном использовании высокопрочного низкорекреационного доменного кокса позволяет снизить его расход с уровня 500-550 до 400-450 кг/т чугуна. Исходя из этого, задачей Ясиновского КХЗ является производство доменного кокса марки «Премиум» как для обеспечения собственного металлургического производства (ДМЗ), так и для поставок на внешний рынок.



В табл. 1 представлены нормы показателей качества доменного кокса марки «Премиум» трех классов – КДП1; КДП2; КДП3 [1].

В концепцию формирования угольной сырьевой базы для получения кокса марки «Премиум» завод совместно с ГП «УХИН» включил следующие основные положения:

- базовым компонентом должен быть уголь ПАО «Шахтоуправление «Покровское», являющийся собственным активом компании;
- изыскание ресурсов жирных углей для повышения общей спекаемости шихты с учетом требований к качеству кокса;
- изыскание возможности включения в шихту отошающих компонентов как низких, так и высоких стадий метаморфизма без ухудшения качества кокса с целью удешевления шихты.

Определение угля ПАО «Шахтоуправление «Покровское» в качестве базового компонента шихты ПАО «Ясиновский КХЗ» вызвано результатами его многочисленных исследований, охватывающих как качественные характеристики, так и технологические свойства и особенности [2-5].

Таблица 1

Показатели качества кокса доменного марки «Премиум»

Наименование показателя	Норма для класса		
	КДП1	КДП2	КДП3
Зольность A^d , %, не более	10,7	11,0	11,5
Массовая доля общей серы S_t^d , %, не более	0,85	1,00	1,20
Массовая доля общей влаги W_t^r , %, не более	6,0	5,0	5,0
Выход летучих веществ V^{daf} , %, не более	0,8	1,0	1,2
Индекс реакционной способности кокса CRI, %, не более	29,0	34,0	35,0
Прочность остатка кокса после реакции CSR, %, не менее	56,0	48,0	45,0
Показатели прочности, %			
M_{25} , не менее	88,0	87,0	86,0
M_{10} , не более	7,2	7,5	7,6

В табл. 2 представлены основные качественные и технологические характеристики базового компонента – угля ПАО «Шахтоуправление «Покровское», обогащенного на ОФ «Свято-Варваринская» ПрАО «Донецксталь»-МЗ.

Из приведенных данных видно, что уголь является петрографически однородным (содержание витринита – 81 %), малосернистым с повышенным содержанием кислорода и невысокой спекаемостью ($y = 14$ мм). Уголь характеризуется повышенной твердостью, что выражено низким значением коэффициента размолоспособности (57 ед.). Данное обстоятельство учитывалось при оптимизации схемы подготовки углей к коксованию.

Одним из наиболее привлекательных свойств данного угля является химический состав его минеральной части (зола), характеризующийся невысоким содержанием основных оксидов (прежде всего Fe_2O_3) и низким основно-кислотным отношением (I_0). Данное

обстоятельство делает этот уголь весьма ценным для коксования при получении низкорреакционного кокса и определяет его высокую потребительскую стоимость.

Индекс свободного вспучивания характеризуется величиной $8\frac{1}{2}$, что соответствует углям средней стадии метаморфизма марок Ж и К.

Характерной особенностью угля ПАО «Шахтоуправление «Покровское» является высокая коксуемость при невысоком уровне спекаемости ($y = 14$ мм). Так, коксуемость по Грей-Кингу относит уголь к типу G₇ (высокая коксуемость), что подтверждается показателями механической прочности при его индивидуальном коксовании: M₂₅ – 89,0 %, M₁₀ – 7,5 %. Вместе с тем, было установлено, что при высокой индивидуальной коксуемости этот уголь практически не принимает отошающих компонентов, что объясняется недостаточным продуцированием жидкой составляющей пластической массы, вызванной невысоким значением толщины пластического слоя.

Таблица 2

Качественная характеристика и технологические свойства товарного угля

Показатели качества	Единицы измерения	Обозначения показателя	Величина
1	2	3	4
Технический анализ:	%		
влага рабочая		W _t ^r	8,5
зольность		A ^d	8,4
выход летучих веществ		V ^d /V ^{dat}	26,1/28,5
содержание общей серы		S _t ^d	0,70
нелетучий углерод		FC ^d	65,5
Пластометрические показатели:	мм		
толщина пластического слоя		y	14
пластометрическая усадка		x	9
Петрографический анализ:	%		
витринит		Vt	81
семивитринит		Sv	0
инертинит		I	11
липтинит		L	3
минеральные включения		M	5
реактивные компоненты			84
инертные компоненты			16
индекс (СВІ)			0,52
стандартное отклонение			
Рефлектограмма витринита (V-шаг):	%	S	
V9			11

1	2	3	4
V10			42
V11			35
V12			12
средний показатель отражения витринита	%	R _o	1,10
Элементный состав:	%		
углерод		C ^d	80,06
водород		H ^d	4,73
азот		N ^d	1,63
сера		S ^d _t	0,70
кислород		O ^d _d	4,50
зола		A ^d	8,38
фосфор		P ^d	0,012
Теплота сгорания высшая	<u>МДж/кг</u> ккал/кг	Q ^{daf} _s	<u>35,68</u> 8522
Коэффициент размолоспособности по Хардгроу		HGI	57
Химический состав золы:	%		
диоксид кремния		SiO ₂	54,07
оксид алюминия		Al ₂ O ₃	28,69
оксид железа		Fe ₂ O ₃	6,98
оксид магния		MgO	1,51
оксид кальция		CaO	1,40
оксид натрия		Na ₂ O	0,99
оксид калия		K ₂ O	3,00
триоксид серы		SO ₃	0,65
пятиоксид фосфора		P ₂ O ₅	0,48
оксид марганца		MnO	< 0,1
Индексы основности		И _o	1,97
		И _o	0,168
Показатели спекаемости и коксуемости:			
индекс свободного вспучивания	ед.	FSI	8 1/2
спекающая способность по Рога	ед.	RI	63
Дилатометрические показатели по Одбер-Арну:			
сжатие	%	a	32
расширение	%	b	75
температура начала пластического состояния	°C	t _I	396
температура максимального сжатия	°C	t _{II}	435
температура максимального расширения	°C	t _{III}	471
Показатели текучести в пластическом состоянии по Гизелеру:			
максимальная текучесть	деление шкалы	F _{max}	111

1	2	3	4
температура начала пластического состояния	°С	t ₁	420
температура максимальной текучести	°С	t _{max}	470
температура затвердевания	°С	t ₃	500
температурный интервал пластичности	°С	Δt	80
Давление распираания угля	кПа		17,4
Тип кокса по Грей-Кингу		GK	G ₇
Выход кокса	%	V _{вал.сух.}	76,6
Показатели прочности кокса	%	M ₂₅	89,0
		M ₁₀	7,5

Учитывая данное обстоятельство, потребовалось введение в шихту жирных углей для повышения спекаемости шихты и возможности введения отошающих компонентов. В качестве объектов рассматривались угли марки Ж шахт им. Скочинского, им. Засядько и «Чайкино», обогащаемые на ЦОФ «Калининская» и ЦОФ «Киевская». В табл. 3 приведена качественная характеристика исследованных жирных углей.

Таблица 3

Качественная характеристика исследованных жирных углей

Уголь марки Ж (ЦОФ)	Технический анализ, %				y, мм	R _o , %	I _o
	W ^r	A ^d	S _t ^d	V ^{daf}			
им. Скочинского (Калининская)	8,7	7,4	1,04	32,6	17	1,01	2,11
им. Засядько (Киевская)	11,4	8,1	1,60	30,7	25	1,06	3,86
«Чайкино» (Калининская)	8,1	7,3	2,44	30,3	24	1,14	4,92

Представленные данные свидетельствуют, что введение этих углей в шихту завода существенно увеличивает ее спекаемость при одновременном повышении содержания серы и индекса основности. Исходя из этого, следующим этапом обработки принятой концепции был поиск и исследование отошающих компонентов как малых, так и высоких стадий метаморфизма.

В качестве малометаморфизованных компонентов рассмотрены газовые донецкие (концентраты ЦОФ «Комсомольская», ЦОФ «Добропольская», ЦОФ «Пролетарская», ЦОФ «Чумаковская»), павлоградские концентраты (ЦОФ «Дзержинская», ЦОФ «Селидовская») и российский уголь ш. Заречная, обогащенный на собственной фабрике. Кроме этих углей, рассмотрен концентрат переобогащения шламов шламонакопителя ранее закрытой обогатительной фабрики завода (КУК).

Из отошающих компонентов других стадий метаморфизма рассматривались российские угли марок КС, КСН Бочатского и Краснобродского разрезов.

В табл. 4 приведены результаты исследования качественной характеристики возможных отошающих компонентов.

Качественная характеристика отошающих компонентов

ЦОФ, разрез	Технический анализ, %				у, мм	R _o , %	I _o
	W ^r	A ^d	S _t ^d	V ^{dat}			
Комсомольская	9,0	7,1	1,38	38,4	12	0,83	4,19
Добропольская	8,8	6,3	1,76	39,3	10	0,84	4,36
Чумаковская	9,6	7,2	1,45	37,9	10	0,81	4,30
Пролетарская	8,7	7,3	1,49	38,1	10	0,76	3,90
Дзержинская	10,1	6,7	0,91	37,9	11	0,69	2,30
Селидовская	8,6	6,1	1,31	38,3	10	0,66	2,61
Заречная	8,7	7,5	0,47	42,9	9	0,61	4,30
Кук (смесь марок ДГ, Г, Ж, К)	11,6	8,5	1,41	31,1	11	1,05	5,71
Бочатский	7,8	8,0	0,42	23,5	7	1,18	2,29
Краснобродский	8,1	7,0	0,38	23,4	7	1,08	1,75
Краснобродский (Тырган)	6,8	7,4	0,33	22,5	7	1,08	1,87

Приведенные данные свидетельствуют, что все исследованные угли газовой группы соответствуют по качественным характеристикам своим технологическим свойствам. Так, украинские газовые угли имеют диапазоны зольности 6,1-7,3 % и содержания серы 0,91-1,76 %. Эти угли характеризуются показателем толщины пластического слоя 10-11 мм и интервалом значений среднего показателя отражения витринита 0,66-0,84 % при среднем значении 0,76 %.

Кузнецкий уголь марки ДГ ОФ «Заречная» является малосернистым углем с высокими значениями выхода летучих веществ (42,7 %) и индекса основности.

Концентрат переобогащения шламов (КУК) является смесью марок ДГ, Г, Ж, К (бывшая шихта) и характеризуется близкими к газовым углям значениям содержания серы, выхода летучих веществ и спекаемости.

Особыми свойствами обладают отошающие компоненты марки КС Бачатского и Краснобродского разрезов по мацеральному составу и распределению витринита по стадиям метаморфизма (табл. 5).

Таблица 5

Петрографический состав и распределение витринита по стадиям метаморфизма углей марки КС

Разрез	Петрографический состав, %					Распределение по стадиям метаморфизма, %						
	V _t	S _v	I	L	ΣОК	Д	ДГ	Г	Ж	К	ОС	Т
Бочатский	45	0	54	1	55	0	0	12	69	16	2	1
Краснобродский	34	1	65	0	65	0	0	9	73	17	1	0
Краснобродский (Тырган)	34	0	66	0	66	0	1	20	64	9	6	0

Особенностью этой группы углей является низкое содержание витринита (34-45 %) и повышенное количество отошающих компонентов (55-66 %). Обращает на себя внимание, что в распределении витринита по стадиям метаморфизма преобладает стадия жирного угля (64-73 %), что подтверждается значениями среднего показателя отражения витринита (R_o = 1,09 %). Данное обстоятельство явилось основанием перейти при подготовке углей в промышленных условиях со схемы ДШ (дробление всей шихты) на схему ГДК (групповое дробление компонентов), что также сказалось на улучшении механической и горячей прочности кокса.

Следующим мероприятием по оптимизации состава шихты является поиск возможности частичной замены дорогостоящего угля ПАО «Шахтоуправление «Покровское» менее дорогими коксовыми украинскими углями. В качестве объектов исследовались угли трех частных шахт: «Горняк», «Центральная Белянка», «Флагман», а также шахты «Щегловская Глубокая» ш/у «Донбасс». Все эти угли марки К обогащались на ЦОФ «Чумаковская».

В табл. 6 представлена качественная характеристика украинских углей марки К указанных шахт.

Таблица 6

Качественная характеристика группы украинских углей марки К

Шахты	Технический анализ, %				у, мм	R _o , %	I _o
	W ^r	A ^d	S _t ^d	V ^{daf}			
Горняк	10,6	7,2	0,93	21,2	15	1,31	2,83
Центральная Белянка	7,3	7,4	0,94	24,9	18	1,27	2,64
Флагман	8,9	8,8	1,98	24,8	16	1,23	4,32
Щегловская Глубокая	10,2	7,5	2,27	27,7	20	1,18	4,91

Таблица 7

**Марочный состав и качественная характеристика производственных шихт
ПАО «Ясиновский КХЗ» за 2012-2013 г (I полугодие)**

Марка компонента	Поставщик, страна	Качественная характеристика					Содержание в шихте, %	
		Технический анализ, %				у, мм	2012 г.	2013 г. (I пол.)
		W ^r	A ^d	S _t ^d	V ^{daf}			
ДГ	ОФ «Заречная», РФ	8,7	8,0	0,47	42,9	9	2,0	1,2
Г	Украинские	8,7	7,5	1,28	38,1	10-12	2,6	5,5
ДГ, Г, Ж, К	КУК	11,6	8,5	1,41	31,1	11-13	2,2	1,7
Ж	Украинские	8,4	7,6	2,10	32,3	23-25	10,6	14,5
К	ОФ «Свято-Варваринская»	7,6	7,8	0,74	28,1	14	76,6	61,0
К	Украинские	10,2	7,7	2,17	28,0	18-20	2,7	6,1
КС	Российские	8,6	7,1	0,39	22,9	7-8	3,3	10,0
Шихта 2012 г.		7,9	7,8	0,94	29,0	15	100,0	
Шихта 2013 г. (I полугодие)		8,3	7,7	1,02	28,8	15		100,0

На основании результатов проведенных исследований всех углей как спекающей основы, так и отошающих компонентов заводом совместно с институтом ГП «УХИН» проведены опытно-промышленные коксования шихт с уменьшением долевого участия базового угля ПАО «Шахтоуправление «Покровское» до уровня 75-77 % (с 80-85 %). Дальнейшие исследование проводились в направлении еще большего снижения долевого участия базового угля – до уровня 60-65 %.

На основании результатов проведенных исследований в 2012 г. в промышленных шихтах доленое участие угля ПАО «Шахтоуправление «Покровское» снизилось до уровня 76,6 %, а в 2013 г. (первое полугодие) – до 61 % (см. табл. 7).

Как видно из приведенных данных, состав шихты в 2013 году менялся в сторону уменьшения содержания углей ПАО «Шахтоуправление «Покровское», обогащаемых на ОФ «Свято-Варваринская» (в первом полугодии 2013 г. снижение составило 15,6 %) с компенсацией за счет спекающей основы марок Ж+К на 7,3 % и отошающих компонентов – Г+КУК+КС – на 8,3 %. При этом качественные характеристики шихт мало чем отличались.

В табл. 8 представлены качественные показатели доменного кокса, полученного из приведенных шихт в 2012 и 2013 (I полугодие) гг., отгруженного в адрес Донецкого металлургического завода.

Таблица 8

Качественные показатели кокса ПАО «Ясиновский КХЗ»

Год	Технический анализ, %				Ситовый состав, % (мм)					Механическая прочность, %		Горячая прочность, %	
	W ^r	A ^d	S _t ^d	V ^d	+80	80-60	60-40	40-25	25-0	M ₂₅	M ₁₀	CRI	CSR
2012	3,3	10,5	0,94	0,6	7,6	37,2	40,6	11,9	2,7	88,6	7,3	29,3	54,9
2013(I)	3,3	10,3	0,96	0,3	6,4	35,9	42,8	12,3	2,7	88,3	7,3	29,9	53,7

Приведенные данные показывают, что разработанные и внедренные в производство составы шихт с уменьшенным долевым участием особо ценных и дорогостоящих углей марки К ПАО «Шахтоуправление «Покровское» позволяют получать низкорреакционный высококачественный доменный кокс марки «Премиум» в условиях углекоксового производства ПАО «Ясиновский КХЗ».

Исходя из изложенного, можно сделать следующие основные выводы:

1. Разработана и применена в промышленных условиях угольная сырьевая база со снижением долевого участия высококачественного коксующегося угля ПАО «Шахтоуправление «Покровское» до 61 % с замещением более дешевыми отечественными и импортными углями.

2. Разработанная сырьевая база позволила в 2012-2013 гг. производить низкорреакционный высокопрочный доменный кокс марки «Премиум» для использования в доменном цехе Донецкого металлургического завода совместно с вдуванием пылеугольного топлива.

3. Исходя из того, что уголь ПАО «Шахтоуправление «Покровское» по своим технологическим свойствам и качественной характеристике соответствует мировым стандартам, высвобождаемые ресурсы могут быть реализованы как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

Библиографический список

1. *Технические условия ТУ У 23.1-00190443-086:2006 «Кокс доменный марки «Премиум».*
 2. *Ковалев Е.Т. О коксуетности угля шахты «Красноармейская Западная №1» / Е.Т.Ковалев, И.Д.Дроздник, А.Р.Давидзон, И.В.Золотарев // Уголь Украины. – 2002. – № 11-12. – С. 22-24.*
 3. *Кафтан Ю.С. Технологическая ценность угля шахты «Красноармейская Западная №1» / Ю.С.Кафтан, И.Д.Дроздник, С.С.Торяник, Н.Б.Бидоленко // Углехимический журнал. – 2002. – № 3-4. – С. 3-7.*
 4. *Давидзон А.Р. Исследование угля шахты «Красноармейская Западная № 1» как важного компонента сырьевой базы коксования Украины // А.Р.Давидзон, Т.Г.Шендрик, Л.В.Пащенко, В.В.Симонова // Кокс и химия. – 2004. – № 3. – С. 8-12.*
 5. *Дроздник И.Д. Угли для коксования и пылеугольного топлива / И.Д.Дроздник, А.Г.Старовойт, В.Г.Гусак, Ю.В.Филатов, А.В.Емченко. – Харьков: ИПЦ Контраст, 2011. – 187 с.*
- Рукопись поступила в редакцию 21.07.2013