

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ УГЛЕЙ КАК СЫРЬЯ ДЛЯ КОКСОВАНИЯ© И.Д. Дроздник¹, к.т.н., Ю.С. Кафтан², к.т.н.; * Д.В. Мирошниченко³, к.т.н., Н.Б. Бидоленко⁴*Государственное предприятие «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИИ)» 61023, г. Харьков, ул. Веснина, 7, Украина*¹ Дроздник Игорь Давидович, заведующий угольным отделом, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, e-mail: yo@ukhin.org.ua² Кафтан Юрий Семенович, вед. науч. сотр., канд. техн. наук, старший научный сотрудник, e-mail: yo@ukhin.org.ua³ Мирошниченко Денис Викторович, заместитель заведующего угольным отделом, канд. техн. наук, ст. научн. сотр., e-mail: dvmir79@gmail.com⁴ Бидоленко Наталья Борисовна, старший научный сотрудник, e-mail: yo@ukhin.org.ua

Для разграничения коксующихся углей одной марки разных стран и бассейнов по их потребительской ценности разработан метод рейтинговой оценки по 7 важнейшим показателям технологических свойств и петрографических характеристик углей, определяющим выход и свойства получаемого кокса. В их число включены зольность (A^d), содержание общей серы (S^d), выход летучих веществ (V^{daf}), толщина пластического слоя (y), показатель отражения витринита (R_o), содержание мацералов группы витринита (V_t) и индекс основности золы ($И_о$). По каждому из этих параметров установлены диапазоны значений и соответствующие им рейтинговые места (всего 10 мест). Каждому рейтинговому месту соответствует определенное количество баллов (от 0,1 до 1,0). Диапазоны значений параметров A^d , S^d , V_t и $И_о$, устанавливались для всего метаморфического ряда, а диапазоны параметров V^{daf} , « y » и R_o для отдельных марок и групп марок.

Всего в исследованную выборку включены 85 коксующихся углей Украины, России, США и Канады, входящие в сырьевую базу коксохимических предприятий Украины. Были установлены диапазоны и средние значения рейтингового количества баллов для углей отдельных марок и групп. Приведен пример сравнительной оценки по разработанной методике трех жирных углей из Украины, США и Австралии.

* Автор для корреспонденции

Использование данной методики позволяет объективно оценивать технологическую ценность углей в пределах одной марки и делать при закупке обоснованный выбор в пользу угля того или иного поставщика.

Ключевые слова: коксующиеся угли, технологическая ценность, показатели свойств, диапазон свойств, рейтинговое количество баллов.

В сырьевой базе коксохимических предприятий Украины наряду с отечественными используется большое количество импортных углей как ближнего, так и дальнего зарубежья. Количество импортных углей в шихте и их номенклатура постоянно возрастают, в связи с чем правильная оценка их технологической ценности приобретает важное значение.

В настоящее время основным ориентиром для оценки технологической ценности углей различных бассейнов бывшего СССР является совместная разработка институтов УХИН (г. Харьков, Украина) и ВУХИН (г. Екатеринбург, РФ) по определению коэффициентов технологической ценности углей различных типов (КТЦ), проведенная в процессе разработки ГОСТ 25543 – 88 «Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам» [1, 2]. Данный коэффициент оценивает в основном коксуюемость угля, т.е. его способность при коксовании в смесях образовать механически прочный кусковой материал, а также обеспечивать определенный выход валового и металлургического коксов.

Внедрение во все больших масштабах прогрессивной технологии вдувания пылеугольного топлива непосредственно в доменные печи потребовало внести существенные коррективы в требования к качеству кокса. В первую очередь, наряду с высокой механической прочностью, кокс улучшенного качества должен быть малосернистым, низкорреакционным и с высокой послереакционной прочностью (соответственно показатели CRI и CSR). Последние два параметра в значительной степени зависят от химического состава золы угля, выражаемого индексом основности (Ио). Помимо этих главных двух параметров (содержание серы и индекс основности), важное значение имеют также величина выхода летучих веществ (V^{daf}), определяющая выход кокса, и толщина пластического слоя (y) угля, определяющая спекаемость шихты и, следовательно, механическую прочность кокса (M_{25} , M_{10}). Кроме перечисленных характеристик, на качество кокса влияют также зольность (A^d) угля, показатель отражения витринита (R_c) и его количество в вещественном составе угля (Vt).

В классификации по ГОСТ 25543 – 88 устанавливается марочная принадлежность каменных углей по комплексу генетических и технологических свойств, включающему четыре параметра: средний произвольный показатель отражения витринита, сумма фюзенизированных компонентов, толщина пластического слоя и выход летучих веществ. В пределах одной марки собраны угли, обладающие близостью указанных параметров и имеющих свой коэффициент технологической ценности, установленный в работах [1, 2].

Значения коэффициентов технологической ценности (КТЦ) углей отдельных марок приведены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты технологической ценности (КТЦ) отдельных марок углей

Марка	КТЦ	
	ед.	%
ДГ	0,45	45
Г	0,50	50
ГЖО	0,65	65
ГЖ	0,80	80
Ж	0,85	85
КЖ	1,00	100
К	0,90	90
КО	0,65	65
КС	0,55	55
КСН	0,45	45
ОС	0,75	75
ТС	0,40	40
СС	0,40	40

Как показала практика использования зарубежных углей, для всех из них может быть установлена марочная принадлежность в соответствии с ГОСТ 25543 – 88. В то же время опыт работы на межбассейновой сырьевой базе коксования показал, что в пределах одной марки угли могут заметно различаться по ряду важнейших технологических свойств, таких как содержание серы, зольность, индекс основности, содержание мацералов группы витринита. Это потребовало разработки на базе существующих коэффициентов технологической ценности углей коэффициентов их потребительской ценности, позволяющих дать сравнительную оценку углей одной марки, но различных поставщиков, учитывая приведенный выше перечень показателей свойств углей.

При разработке методических рекомендаций по установлению потребительских свойств был принят метод рейтинговой оценки по каждому параметру свойств углей. Рейтинг углей оценивался по следующим качественным параметрам:

- зольность, A^d , %;
- содержание общей серы, S_{it}^d , %;
- выход летучих веществ, V^{daf} , %;
- толщина пластического слоя, y , мм;
- показатель отражения витринита, R_o , %;
- содержание мацералов группы витринита, Vt , %;
- индекс основности золы, Io , ед.

За каждое рейтинговое место назначается определенное количество баллов, указанное в табл. 2.

Определение рейтингового места по каждому выбранному параметру качества производится следующим образом.

Таблица 2

Зависимость количества баллов от рейтингового места

Рейтинговое место	Количество баллов
1	1,0
2	0,9
3	0,8
4	0,7
5	0,6
6	0,5
7	0,4
8	0,3
9	0,2
10	0,1

Зольность, содержание общей серы, индекс основности и содержание мацералов группы витринита углей являются универсальными параметрами для всех марок углей в равной мере. Очевидно, что чем ниже уровень значений первых трех показателей и выше четвертый, тем выше потребительская ценность угля в пределах каждой марки.

В табл. 3 приведены диапазоны значений Io и соответствующие им рейтинговые места.

Таблица 3

Рейтинг по индексу основности золы, Io

Диапазон значений, Io , ед	Рейтинговое место
$\leq 1,50$	1
1,51-2,00	2
2,01-2,50	3
2,51-3,00	4
3,01-3,50	5
$> 3,50$	10

Значение индекса основности выше 3,50 делает нежелательным использование такого угля при получении кокса улучшенного качества для доменного производства с применением ПУТ, о чем свидетельствует рейтинговое место (10).

Рейтинг по содержанию серы приведен в табл. 4.

Угли с содержанием серы более 1,50 % для получения кокса улучшенного качества малопригодны.

Диапазоны значений зольности и соответствующие им рейтинговые места приведены в табл. 5.

Угли с зольностью более 9 % для получения кокса улучшенного качества малопригодны.

Диапазоны значений содержания мацералов группы витринита и соответствующие им рейтинговые места представлены в табл. 6.

Как правило, в углях в наибольшем количестве представлены мацералы двух групп: витринита и инертинита. При наличии мацералов групп витринита в количестве более 60 % именно они определяют уровень таких технологических свойств, как выход летучих веществ и толщина пластического слоя, и, в конечном счете, прочностные свойства кокса. Наличие 40 % и более мацералов группы инертинита, которые характеризуются пониженным выходом летучих веществ и отсутствием спекаемости, изменяет при одной степени

метаморфизма с витринитовыми углями уровень указанных выше показателей кокса и снижает тем самым потребительскую ценность угля. В связи с этим крайне

нежелательно использование в шихте углей с содержанием мацералов группы инертинита 40 % и более.

Таблица 4

Рейтинг по содержанию серы

Диапазон значений, S^d , %	Рейтинговое место
$\leq 0,5$	1
0,51-0,75	2
0,76-1,00	3
1,01-1,10	4
1,11-1,25	5
1,26-1,50	6
$>1,50$	10

Таблица 5

Рейтинг по уровню зольности

Диапазон значений, A^d , %	Рейтинговое место
$\leq 7,0$	1
7,1-7,5	2
7,6-8,0	3
8,1-8,5	4
8,6-9,0	5
$> 9,0$	10

Таблица 6

Рейтинг по содержанию мацералов группы витринита

Диапазон значений, Vt , %	Рейтинговое место
≥ 90	1
89-80	2
79-70	3
69-60	4
59-50	5
<50	10

Диапазон параметров выхода летучих веществ, толщины пластического слоя и показателя отражения витринита, а также соответствующие им рейтинговые

места будут рассматриваться отдельно для каждой марки или группы марок.

В табл. 7 приведены рейтинги по выходу летучих веществ.

Таблица 7

Рейтинг по выходу летучих веществ для марок и групп углей

Диапазон значений V^{daf} , %						Рейтинговое место
ДГ, Г	ГЖО	ГЖ	Ж	К	ОС, КС, КО	
$\leq 38,0$	$\leq 34,0$	$\leq 38,0$	$\leq 26,0$	$\leq 23,0$	$\leq 19,0$	1
38,1-39,0	34,0-37,0	38,0-40,0	26,1-30,0	23,1-25,0	19,1-21,0	2
39,1-40,0	-	-	30,1-33,0	25,1-26,0	21,1-24,0	3
-	-	-	-	-	-	4
-	-	-	-	$> 26,0$	$> 24,0$	5
$> 40,0$	$> 37,0$	$> 40,0$	$> 33,0$	-	-	10

Использование в шихтах углей марок ДГ, Г и ГЖ с выходом летучих веществ более 40 %, марки ГЖО с V^{daf} более 37 % и марки Ж с V^{daf} более 33 % нежелательно, т.к. приводит к существенному снижению выхода валового кокса.

Диапазоны значений толщины пластического слоя и соответствующие им рейтинговые места для углей различных марок приведены в табл. 8.

Таблица 8

Диапазон значений толщины пластического слоя «у», мм					Рейтинговое место
ДГ, Г, ГЖО	ГЖ	Ж	К	ОС, КС, КО	
≥12	≥20	≥25	≥20	≥12	1
11	18-19	24-20	18-19	10-12	2
10	-	18-19	16-17	-	3
-	<18	16-17	14-15	8-9	4
-	-	-	13	7	5
9	-	15	-	-	7
<9	-	<15	<13	<7	10

Некоторые импортные угли, декларируемые как жирные, имеют толщину пластического слоя менее 17 мм (нижний предел по ДСТУ 3472 – 96), что даёт основание понизить их рейтинговое место до 7 и 10.

Диапазоны значений показателя отражения витринита приведены в табл. 9. Данный показатель дифференцирован как по отдельным маркам (Ж и К), так и по группам углей. Угли марок ДГ, Г, ГЖО, ГЖ и КО, КС, ОС объединены в отдельные группы.

Таблица 9

Диапазон значений показателя отражения витринита				Рейтинговое место
ДГ, Г, ГЖО, ГЖ	Ж	К	ОС, КС, КО	
≥0,85	1,20-1,11	>1,40	>1,50	1
0,84-0,80	1,10-1,01	1,40-1,31	1,49-1,40	2
0,79-0,75	1,00-0,90	1,30-1,21	1,39-1,30	3
0,74-0,70	-	-	-	4
-	-	≤1,20	<1,30	5
-	≤0,89	-	-	7
≤0,69	-	-	-	10

На базе представленных данных о свойствах конкретного угля определяются рейтинговые места угля в пределах своей марки по всем семи параметрам. Результат представляется в виде таблицы, где в числителе по каждому параметру указывается его фактическое значение, а в знаменателе его рейтинговое место.

Параметры качества, входящие в расчет коэффициента потребительской ценности (КПЦ), по степени влияния на получение кокса улучшенного качества делятся на 3 категории и имеют повышающие коэффициенты в категориях 1 и 2 (табл. 10).

По отдельным маркам и группам марок были установлены диапазоны и средние значения рейтингового количества баллов. В обсчет были взяты данные по 85

углям Украины, РФ, США и Канады, которые входят или могут войти в сырьевую базу коксования заводов Украины. Полученные результаты представлены в табл. 11.

В случае включения в оценку углей, рейтинговое количество баллов которых выходит за диапазон значений для данной марки, средние значения для неё должны пересчитываться.

Принято, что коэффициенту технологической ценности (КТЦ) марок угля (табл. 1) соответствует среднее значение коэффициента потребительской ценности (КПЦ). Превышение среднего значения КПЦ улучшает (увеличивает) КТЦ, а уменьшение ухудшает.

Таблица 10

Категории параметров качества

Категория	Показатели качества, входящие в категорию	Повышающий коэффициент
1	Содержание серы, S_t^d , %	1,2
	Индекс основности золы, I_o , ед.	
2	Выход летучих веществ, V^{daf} , %	1,1
	Толщина пластического слоя, y , мм	
3	Зольность, A^d , %	-
	Содержание мацералов группы витринита, V_t , %	
	Показатель отражения витринита, R_o , %	

Таблица 11

Диапазоны и средние значения рейтингового количества баллов для углей отдельных марок (групп марок)

Марка	Диапазон значений	Среднее значение
ДГ-Г	3,49-6,66	5,07
ГЖО	4,51-6,55	5,53
ГЖ	4,99-6,05	5,52
Ж	3,73-6,11	4,92
К, КО	4,60-6,84	5,72
ОС, КС	4,62-7,05	5,83

Ниже приводится пример расчета рейтинговой оценки трех жирных углей различных поставщиков.

Необходимо произвести рейтинговую оценку углей марки «Ж» следующих поставщиков:

– шахта им. Баракова (Украина);
– Wellmore (США);
– Tahmoog (Австралия);

Таблица 12

Рейтинговая оценка углей марки «Ж»

Поставщик	Показатели качества						
	A^d , %	S_t^d , %	V^{daf} , %	y , мм	R_o , %	V_t , %	I_o , ед.
ш. Баракова, Украина	8,8	1,73	31,8	24	1,03	93	4,42
	5	10	3	2	2	1	10
Wellmore, США	8,5	1,03	33,8	19	0,98	62	2,42
	4	4	10	3	3	4	3
Tahmoog, Австралия	8,9	0,48	31,6	17	0,99	62	2,21
	5	1	3	4	3	4	3

1. Определяем рейтинговые места.
2. Определяется рейтинговое количество баллов, которое составляет*:

$$(S_t^d + I_o) \times 1,2 + (V^{daf} + y) \times 1,1 + (A^d + R_o + V_t)$$

Ш. им. Баракова (Украина):

$$(0,1+0,1) \times 1,2 + (0,8+0,9) \times 1,1 + (0,6+0,9+1,0) = 4,61;$$

Wellmore (США):

$$(0,7 + 0,8) \times 1,2 + (0,1+0,8) \times 1,1 + (0,7+0,8+0,7) = 4,99;$$

Tahmoog (Австралия):

$$(1,0 + 0,8) \times 1,2 + (0,8 + 0,7) \times 1,1 + (0,6 + 0,8 + 0,7) = 5,91.$$

3. Рассчитываем изменение потребительской ценности каждого угля относительно среднего рейтингового количества баллов для углей марки Ж – 4,92 (табл. 11):

Ш. им. Баракова (Украина):

$$[(4,61 - 4,92) / 4,92] \times 100 = - 6,3 \%;$$

Wellmore (США):

$$[(4,99 - 4,92) / 4,92] \times 100 = 1,4 \%;$$

Tahmoog (Австралия):

$$[(5,91 - 4,92) / 4,92] \times 100 = 20,1 \%.$$

* В формуле указываются символы параметров и количество баллов за рейтинговое место по каждому параметру, которое определяется по табл. 2.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что уголь ш. им. Баракова имеет потребительскую ценность на 6,3 % отн. ниже средней по марке Ж. В то же время угли Wellmore и Tahmoog по потребительской ценности на 1,4 и 20,1 % отн. лучше, чем потребительская ценность усредненного по качественным показателям жирного угля.

Таким образом, использование данной методики позволяет лучше дифференцировать угли по технологической ценности в пределах каждой марки и делать при закупке обоснованный выбор в пользу угля того или иного поставщика.

Библиографический список

1. Дроздник И.Д. Ценность углей для коксования. Методика её определения / И.Д.Дроздник, Ю.В.Зингерман, М.В.Турье, С.С.Торяник, М.И.Стуков, Л.Г.Ольшанецкий, П.П.Хархардин // Кокс и химия. – 1990. – №3. – С. 2-4.
2. Стуков М.И. Коэффициенты ценности углей для коксования. Их определение / М.И.Стуков, П.Г.Ольшанецкий, В.А.Теушин, Ю.В.Зингерман, М.В.Турье, С.С.Торяник, И.Д.Дроздник // Кокс и химия. – 1990. – №4. – С. 2-4.

Рукопись поступила в редакцию 08.04.2015

THE IMPROVING OF THE TECHNIQUE FOR ASSESSING OF THE TECHNOLOGICAL VALUE OF COALS AS THE RAW MATERIAL FOR COKING

© Drozdnik I.D., PhD in technical sciences, Kaftan Y.S., PhD in technical sciences, Miroshnichenko D.V., PhD in technical sciences, Bidolenko NB (SE "UHIN")

In order to differentiate the coking coals of one mark from different countries and coalfields according to their consumer value, it has been developed a method of rating assessing with the help of 7 the most important indicators of technological properties and petrographic characteristics of coal, which predetermines the yield and properties of the resulting coke. They are: ash content (A^d), the total sulfur content (S^d), the yield of the volatile matters (V^{vol}), the thickness of the plastic layer ("y"), the rate of vitrinite reflectance (R_o), the content of macerals of vitrinite group (Vt) and the index of the ash alkalinity (I_o). For each of these parameters the ranges of values and the corresponding to them rating sets (total 10 sets) has been determined. Each rating set corresponds to the certain number of balls (from 0,1 to 1,0). The ranges of parameters A^d , S^d , V , and I_o has been determined for all of the metamorphic series, and the ranges of parameters V^{vol} , «y» and R_o – for individual marks and groups of marks.

It has been studied the samples of 85 coking coals from Ukraine, Russia, USA and Canada, which includes the resource base of Ukrainian coke enterprises. It has been estimated the ranges and average values of rating sets for the number of coal individual marks and their groups. An example has been presented of the comparative evaluation of the developed technique for three bituminous coals from Ukraine, USA and Australia.

The using of this technique allows to assess objectively the technological value of coal within a individual mark and to make an informed choice when purchasing coal in favor of a particular provider.

Keywords coking coals, technological value, indicators of properties, the range of properties, points.