

УДК 662.6/.8

**С.А. Эпштейн, Б.И. Линеv, С.М. Романов,
Е.А. Лактионов-Мандельштам, С.С. Будаев**

СТАНДАРТИЗИРОВАННОЕ ТОПЛИВО И КАЧЕСТВО РОССИЙСКИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УГЛЕЙ*

Приведены основные требования к качеству стандартизированного угольного топлива. Рассмотрено влияние показателей качества углей на эффективность их использования в энергетике. Приведены обобщенные данные по качеству энергетических углей Российской Федерации.

Ключевые слова: стандартизированное топливо, уголь, зольность, теплота сгорания.

Качество стандартизированного топлива (СТ) включает в себя энергетическую составляющую, соответствующую калорийности на уровне 6000 ккал/кг и зольности топлива не более 15 %, а также экологическую составляющую, определяющую минимизацию выбросов вредных и токсичных продуктов.

Энергетическая составляющая стандартизированного энергетического топлива определяется в мировой практике калорийным эквивалентом, который зависит от генетических параметров углей, их химического и вещественного состава. Основными генетическими параметрами, определяющими калорийный эквивалент, являются стадия метаморфизма и петрографический состав углей. К основным технологическим характеристикам относятся: содержание влаги, выход летучих продуктов, зольность и содержание элементов, окисление которых при сжигании приводит к потреблению дополнительной энергии

(сера, водород, хлор).

Экологическая компонента СТ определяется содержанием в углях серы, фосфора, мышьяка, хлора, тяжелых металлов и других элементов, выбросы которых в геосферу строго регламентированы международным законодательством. С точки зрения утилизации золо-шлаковых отходов, показателями качества СТ являются расширенный химический состав золы (по основным оксидам и токсичным веществам), а также физико-химические свойства золы (плавкость, температурные интервалы фазовых переходов).

Для сопоставления разных видов энергетических углей с точки зрения их эффективности используется понятие об условном топливе с низшей теплотой сгорания рабочего топлива 29,3 МДж/кг (7000 ккал/кг).

В табл. 1 приведены данные о средних показателях калорийного эквивалента для разных стран.

Средний калорийный эквивалент углей России составляет 0,64, что

* Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2007—2013 гг.», Соглашение № 14.В37.21.0655.

Таблица 1

Страна	Калорийность		Калорийный эквивалент
	МДж/кг	ккал/кг	
Япония	25,10—35,50	5995-8479	0,86-1,21
США	22,40—31,40	5350—7500	0,76—1,07
Германия	24,40—31,00	5828—7404	0,83—1,06
Австралия	22,40—25,50	5350—6091	0,76—0,87
Польша	24,90	5947	0,85
Англия	19,30—25,50	4610—6091	0,66—0,87
КНР	19,70	4705	0,67
Россия	18,70	4466	0,64

значительно меньше соответствующих величин для развитых стран.

Угли, используемые в настоящее время в электроэнергетике России, имеют различные качественные характеристики, определяющие энергетическую, экологическую и экономическую эффективность их использования.

Зольность потребляемых углей колеблется от 8,7 до 51,7 %, влажность — от 8,1 до 50,2 %, теплота сгорания от 1900 до 6000 ккал/кг.

Рассмотрим кратко влияние этих показателей на эффективность использования углей в энергетике.

Зольность угля. Зольность угля в значительной мере определяет характер его использования в энергетике. Зола, являясь инертным балластом, ограничивает применение угля. В большинстве стран для сжигания в факельных котлоагрегатах используют уголь с низкой зольностью (A^d менее 15 %). В России в основном используют уголь средней зольности ($A^d=15-35$ %) и в ряде случаев высокозольный ($A^d>35$, например, Экибастузский уголь). Для угля с высокой или средней зольностью и низкой реакционной способностью (антрацит и тощий уголь) наиболее приемлемым считается сжигание в котлоагрегатах с циркулирующим кипящим слоем (для $A^d>30$) или в специальных конструкциях факельных котлов (для углей с $A^d<35$).

Увеличение зольности угля свыше проектных значений на уже существующем факельном котлоагрегате приводит к необходимости использования вспомогательного топлива для подсветки (газ или мазут). Для пылеугольных энергоблоков мощностью 200 МВт (ТП-100) изменение зольности антрацита до $A^d=30-35$ % (по сравнению с проектной $A^d=16-18$ %), приводит к необходимости дополнительного сжигания природного газа в количестве 5—10 тыс. м³/час на блок. Для 300 МВт энергоблоков этот уровень увеличивается до 10—15 тыс. м³/час на блок. При этом увеличиваются потери за счет недожога.

Выход летучих веществ — показатель качества, который в значительной степени определяет реакционную способность угля, влияя на выбор процесса его энергетического использования. Выход и воспламенение летучих веществ при нагревании угольной частицы способствуют воспламенению коксозольного остатка.

Угли с высоким содержанием летучих (V^{daf} более 8 %, за исключением антрацита) и низкой или средней зольностью сжигают как в факельных котлоагрегатах с твердым шлакоудалением, так и в котлах с различными модификациями кипящего слоя (в т.ч. и под давлением). Однако, высокореакционный уголь с высоким со-

держанием золы ($A^d > 35\%$) целесообразнее сжигать по технологиям с кипящим слоем (или газифицировать в кипящем слое).

Влажность топлива в большей степени влияет на надежность работы уже существующего оборудования, чем на выбор новой технологии его переработки. На типичных пылеугольных котлоагрегатах повышение влажности угля (более 10 %) приводит к: трудностям с выгрузкой угля в зимнее время из-за смерзания; ухудшению размолоспособности углей, уменьшению сушильной производительности пылесистемы. В случае сжигания в кипящем слое проблемы аналогичны — замазывания транспортеров подачи угля, прекращение подачи угля и замазывание молотковых дробилок. Обычно высоким содержанием влаги характеризуются бурые угли, сушка которых целесообразна лишь до определенных равновесных значений (обычно не менее 15-20 %), а их транспортировка на большие расстояния (более 50—100 км) нецелесообразна.

Характеристики плавкости золы. Физико-химические свойства золы определяют условия ее перехода в жидкое состояние для дальнейшего вывода из котлоагрегата, которые количественно характеризуются: температурами плавкости, компонентным составом золы, вязкостью шлака в истинном жидком состоянии, текучестью шлака и другими параметрами.

В общем случае высокие температуры плавкости золы благоприятствуют использованию угля в технологиях со сжиганием в кипящем слое. Следует отметить, что при оценке пригодности топлива к сжиганию в кипящем слое необходим также анализ его состава на наличие компо-

нентов (Na, K, Cl) в золе. Значительное их содержание может приводить к образованию низкоплавких эвтектик, которые затрудняют эксплуатацию отдельных элементов котлоагрегата из-за залипания.

Для факельных котлоагрегатов с жидким шлакоудалением основное требование к золе топлива — возможность её расплавления до состояния, которое обеспечивает свободное истечение жидкого шлака по стенкам топочной камеры и его выход через летки топки. Отчасти характеризуют это состояние температурами плавления золы. Однако, наиболее полная характеристика — это вязкость шлака.

Высокое содержание оксидов кислотного характера (SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2) в составе золы обуславливает высокую вязкость шлаков и температуру её плавкости, что усложняет ЖШУ. Для некоторых топлив наблюдается резкое увеличение вязкости шлака при переходе граничного содержания ($SiO_2 + Al_2O_3$) $> 80\%$ в золе, что также необходимо учитывать при выборе метода сжигания угля.

Теплота сгорания топлива. Несмотря на достаточно высокие показатели качества угля, поставляемого на мировой рынок, в общем случае в мире отмечается тенденция ухудшения качественных характеристик добываемого (то есть необогащенного) угля. Во многом это связано с исчерпанием наиболее богатых легкодоступных месторождений, а также усложняющимися горно-геологическими условиями добычи угля (в том числе из-за ведения добычи с больших глубин (более 600 м), из тонких пластов, из-за выбросов метана и прочих факторов).

Уже в начале 1990-х гг. советскими специалистами отмечалось, что

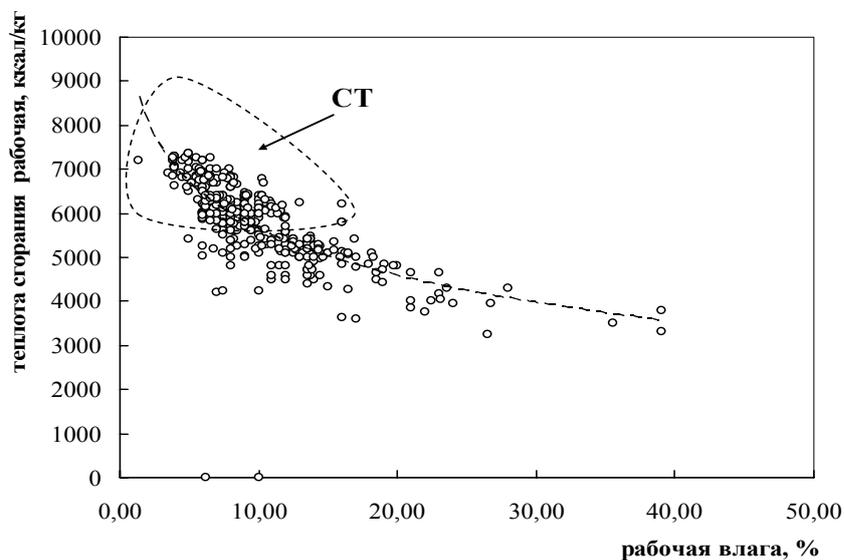


Рис. 1. Влияние влажности топлив на их теплоту сгорания

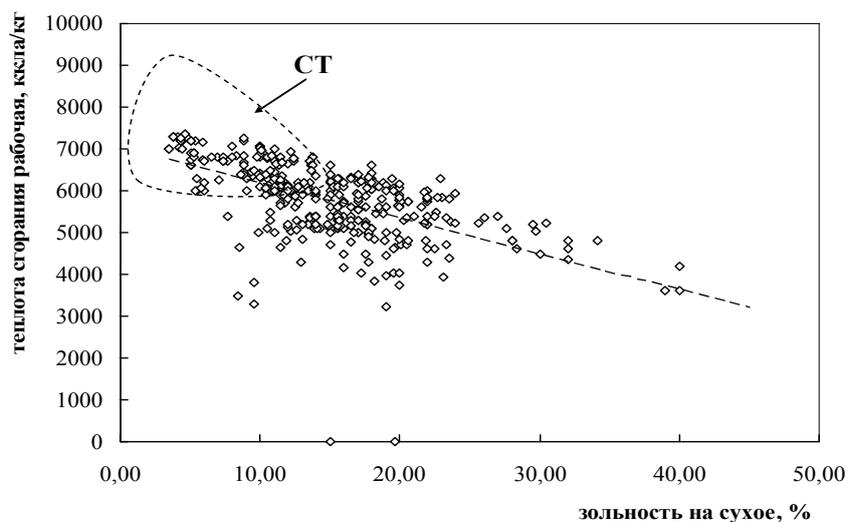


Рис. 2. Влияние зольности товарных топлив на их теплоту сгорания

низшая теплота сгорания рабочей массы добытого в СССР каменного угля и антрацита снизилась с 20,8 до 18,0 МДж/кг (с 5200 до 4500 ккал/кг) за период с 1975-1990 г, а зольность повысилась с 26 до 34 %. Также отмечалось заметное ежеме-

сячное изменение качества сжигаемого угля, многочисленные случаи, когда колебания характеристик топлива наблюдались в течение суток или даже вахты.

Количественная оценка влияния изменения теплоты сгорания и золь-

ности на технико-экономические показатели работы энергоблоков существенным образом зависит от конкретных условий их эксплуатации. Так, снижение к.п.д. котлов, приходившееся на 1 % увеличения зольности угля (на сухую массу), на Приднепровской ТЭС (Украина) составляло 0,2-0,3 %, а на Трипольской ТЭС и Новочеркасской ГРЭС дополнительные потери теплоты с механическим недожогом составляли 0,32-0,39 % при повышении A^d на 1 %.

Снижение теплоты сгорания угля, вызванное ростом его зольности, приводит к ухудшению топочного режима и увеличению расхода натурального топлива. Например, при сжигании каменного угля на котле ТПП-312А с пониженной теплотой сгорания 15 МДж/кг (вместо 20 МДж/кг) (при увеличении приведенной зольности $A^п$ с 6,4 до 12,2 %) приводит к уменьшению температуры в ядре факела от 1700 до 1600⁰С. Снижение теплоты сгорания угля по сравнению с проектной особенно остро проявляется при сжигании низкорекреационного угля — тощего и антрацита, когда теплота их сгорания доходит до уровня 21—21,8 МДж/кг (5000—5200 ккал/кг) по сравнению с проектной (около 6000 ккал/кг). В этих случаях устойчивое воспламенение угля без подсветки факела мазутом или газом не может быть обеспечено.

По некоторым оценкам увеличение зольности топлива на 10 % по сравнению с проектным значением и соответствующее уменьшение теплоты сгорания, приводят к снижению к.п.д. котла (брутто) при сжи-

гании антрацитового штыба (АШ) на 5 %, тощего донецкого и бурого угля на 2 %.

Проанализируем с точки зрения СТ качество товарных углей Российской Федерации, поставляемых для энергетики из регионов Кузбасса, Новосибирской, ростовской областей и республики Хакассия.

Из данных, приведенных в табл. 1 видно, что по калорийному эквиваленту Россия занимает сегодня последнее место среди развитых стран. Если в результате предлагаемых мероприятий калорийность топлива будет соответствовать СТ (6000 ккал/кг), калорийный эквивалент составит 0,86, что сопоставимо с соответствующим показателем для развитых стран.

На рис. 1, 2 представлены диаграммы, демонстрирующие основные средние показатели качества товарных энергетических каменных углей и антрацитов Кузбасса, Хакассии, Новосибирской и Ростовской областей.

Доля углей, которые можно отнести к «стандартизированному топливу» (СТ), характеризующемуся зольностью не более 15 % и калорийностью не менее 6000 ккал/кг, составляет не более 35 %.

Таким образом, назрела насущная необходимость разработки и внедрения стандартов, регулирующих качество угольной продукции на внутреннем рынке. Использование в энергетике угольного топлива с высокой теплотворной способностью и низким содержанием балластных и вредных примесей позволит:

- снизить стоимость транспортировки в расчете на 1 т.ут.

- снизить затраты электростанций на золошлакоудаление, и другие экологические платежи

- повысить конкуренцию среди поставщиков угля за счет применения неких «стандартов»

- повысить гибкость угольного рынка за счет свободного перемещения объемов между экспортными и внутренними поставками.

Увеличение потребления качественных углей и продукции с высокой добавленной стоимостью предусмотрено подпрограммой «Развитие внутреннего рынка угольной продукции и укрепление позиций России на мировом рынке угля» Долгосрочной программе развития угольной промышленности России на период до 2030 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Краснянский Г.Л., Зайденварг В.Е., Ковальчук А.Б. Уголь в экономике России. — М. — Экономика. — 2010, 383 с.

2. Лисиенко В.Г., Шелоков Я.М., Ладыгин М.Г. Топливо: Рациональное сжигание, управление и технологическое использование: Справочник: В 3 кн. — М.: Теплотехник, 2004.

3. Корякин Ю.В., Кокушкин А.А., Князев А.В. Опыт сжигания непроектных марок отечественных углей на котлах ТЭС Свердловскэнерго // Электрические станции, 1997. — № 6. — с. 2-9.

4. Говсиевич Е.Р. Современные проблемы топливообеспечения и топливоиспользования на ТЭС / Е.Р.Говсиевич,

А.П.Мельникова, О.Д.Селиверстова и др. // М.: Энергоиздат, 2006.

5. Романов С.М. Методологические основы моделирования угольного рынка. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2003. №2. С.70-74.

6. Энергетика России: взгляд в будущее (Обосновывающие материалы к Энергетической стратегии России на период до 2030 года). — М.: ИД «Энергия», 2010. — 616 с.

7. Долгосрочная программа развития угольной промышленности на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации 24.01.2012 года №14-р). **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Эпштейн Светлана Абрамовна — доктор технических наук, профессор, e-mail: apshstein@yandex.ru,

Романов Сергей Михайлович — доктор экономических наук, профессор, проректор, e-mail: smromanov@msmu.ru,

Лактионов-Мандельштам Евгений Алексеевич — аспирант, e-mail: mandelschtam@gmail.com, Московский государственный горный университет, ud@msmu.ru,

Линев Борис Иванович — доктор технических наук, профессор, директор ФГУП Институт обогащения твердого топлива, e-mail: iott@iott.ru,

Будаев Станислав Сергеевич — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, зав. отделом, Институт обогащения твердого топлива, e-mail: iott@iott.ru.

