

**P**азвитие мировой экономики и общества в настоящее время тесно взаимосвязано с объемами и технологиями использования разных видов энергии. Объемы использования разновидностей первичных энергоресурсов (уголь, нефть, природный газ, атомная энергия, гидроэнергия, нетрадиционные и возобновляемые виды энергии и др.) определяются их потребительскими свойствами: энергетическими и экологическими характеристиками, спросом и ценой, а также его доступностью.

Производство электрической энергии является одним из основных секторов потребления первичных энергоресурсов. Этот сектор представляет собой конкурентную среду, где используются соответствующие технологии производства электроэнергии, адаптированные к природным энергоносителям или их комбинации.

В последнее время наблюдается мировая тенденция к возрастанию роли угля в энергетике, особенно в связи с разработкой экологически чистых технологий его использования. Уголь как топливный ресурс имеет целый ряд позитивных свойств. К ним относятся: более низкая цена по сравнению с нефтью и газом (в пересчете на эквивалентное топливо).

В отличие от быстро дорожающего газа и нефти, что связано с их истощающимися запасами, цена на уголь в ближайшей перспективе будет расти

более медленными темпами. Это обусловлено разработкой более эффективных его месторождений, улучшением хозяйственной организации и научно-техническим прогрессом в добывче, переработке и транспортировке угля.

Однако несовершенство угольных энерготехнологий привело к низкой его конкурентоспособности по сравнению с другими энергоносителями.

Вместе с тем, прирост производства электроэнергии в мире осуществляется за счет использования угля, что подтверждается тесной корреляцией между ростом мирового потребления энергоносителей и ростом добычископаемых углей [2].

Формирование рынка энергоносителей определяется особенностями каждого региона, страны и подвержено влиянию мировых тенденций надежного энергообеспечения.

Товаром, образующимся в результате использования любого энергоносителя является энергия (тепловая, электрическая). В этом смысле можно говорить о наличии общего рынка энергоносителей. Однако, каждый вид энергоносителя занимает свой рыночный сегмент, в пределах которого имеет место конкуренция, основанная на различиях цены, качества и местонахождения энергоресурсов и их доступности.

Конкуренция между сегментами определяется степенью совершенства

энерготехнологий, наличием и доступностью топливных ресурсов страны, инфраструктурой тепловой энергетики.

Цена на полезное тепло, как товар, производимый из энергоносителей, формируется на всех иерархических уровнях рынка.

Для производителей энергии определяющим критерием является не только качество топлива, но и его цена, что обеспечивает себестоимость производства энергии ниже ее рыночной цены.

Так как качество угля, используемого для производства электрической энергии, и его цена могут изменяться в достаточно широких пределах, анализ коммерческой целесообразности закупок топлива предлагается проводить на основе стоимости единицы низшей теплоты сгорания топлива [1, 3].

В работе [1] предложено определять цену угля по средней по отрасли стоимости 1 Мкал тепла. При этом цена топлива в зависимости от его низшей теплоты сгорания может быть определена по формуле (в редакции авторов):

Цена топлива = цена 1 Мкал · 7 ·  $(Q_p^h / 7000)^{1.5}$ , которая, после преобразований приводится к виду:

$$C = c_q Q_p^h \sqrt{\frac{Q_p^h}{7000}},$$

где  $c_q$  - удельная стоимость тепла, заключенного в угле;  $Q_p^h$  - низшая теплота сгорания рабочего топлива, ккал/кг; 7000 – теплотворная способность условного топлива, ккал/кг.

Известно, что низшая теплота сгорания рабочего топлива определяется высшей теплотой сгорания угла  $Q^v$  и количеством балластных примесей,

таких как зольность  $A^d$  и влажность  $W$ , т.е.:

$$Q_p^h = Q^v \frac{100 - A^d - W}{100} - 6W, \text{ ккал/кг.}$$

Учет низшей теплоты сгорания рабочего топлива, связанной с зольностью угля, позволяет корректировать цену в зависимости от качества топлива. Однако предложенная формула является эмпирической и не может полностью отражать многие аспекты корректировки цены в зависимости от качества топлива.

На самом деле, предложенная формула не отвечает задекларированному принципу пропорциональности цены топлива его низшей теплоте сгорания, поскольку, последняя входит в расчет в степени 1,5.

Предложенный подход к определению цены является более прогрессивным, но не учитывает изменение к.п.д. при производстве тепловой энергии в зависимости от зольности топлива. Более объективным был бы учет того обстоятельства, что конечным продуктом использования угля является полученное полезное тепло или электроэнергия, цена угля в его натуральном состоянии должна формироваться под влиянием рыночной стоимости полезного тепла.

Количество полезного тепла связано с коэффициентом полезного действия (к.п.д.) топки (котлоагрегата)  $\eta$ , т.е. из единицы массы топлива можно получить полезного тепла

$$Q_n = Q_p^h \eta, \text{ ккал/кг.}$$

Используя данные, полученные в институте угольных энерготехнологий Национальной академии наук Украины, установлены зависимости к.п.д. некоторых твердотопливных электростанций от зольности сжигаемых углей. Например, при сжигании углей зольностью 12...40 % для Триполь-

ской ТЭС с использованием котла ТПГ-210А для марок А, АШ получена зависимость

$$\eta_c = 39,18 - (0,192 \dots 0,233) A^d, \%$$

Значение коэффициента  $b$  зависит от степени изношенности котла.

Меньшие его значения соответствуют лучшему техническому состоянию (новый котел или после капитального ремонта). Коэффициент увеличивается с ростом степени изношенности котла, т.е. котел становится более чувствительным к зольности топлива.

Для того же котла, но при сжигании углей марок А, ТР к.п.д. определяется уравнением:

$$\eta_c = 37,2 - (0,14 \dots 0,15) A^d, \%$$

Для Старобешевской и Луганской ТЭС при сжигании в котле ТП-100 антрацитов марки АШ, зольность которых также изменялась в пределах 12...40 %, зависимость к.п.д. от зольности характеризуется такими уравнениями:

$$\eta_c = 38,5 - (0,2 \dots 0,26) A^d, \%$$

$$\eta_c = 36,5 - 0,3 A^d, \%$$

Более низкий к.п.д. для Луганской ТЭС и большая его чувствительность к зольности связана с низким техническим состоянием используемого котла.

В обобщенном виде зависимость к.п.д. угольных энергоблоков линейно зависящая от зольности топлива может быть представлена уравнением

$$\eta = a - b A^d,$$

при значениях  $a = 0,37 \dots 0,39$  и  $b = 0,0015 \dots 0,003$ . Исходя из технического состояния ТЭС, наиболее частотными значениями являются  $a = 0,39$ ,  $b = 0,0025$ .

К.п.д. энергоблока представляет собой произведение к.п.д. сжигания топлива, превращения полученного тепла в пар и превращения энергии пара в электрическую энергию.

От качества топлива зависит лишь к.п.д. сжигания, зависимость которого от зольности также линейна и определяется путем деления к.п.д. энергоблока на к.п.д. превращения тепла в энергию пара и в электрическую энергию, произведение которых для существующих энергоблоков составляет 0,47...0,56 в зависимости от их конструкции и технического состояния.

Таким образом для исследованного случая к.п.д. сжигания составляет:

$$\eta_c = a_c - b_c A^d = 0,71 - (0,0027 \dots 0,0036) A^d.$$

Однако влияние зольности на экономическую эффективность угольных тепловых электростанций проявляется еще и в повышении расходов на топливоприготовление в связи с ухудшением размолоспособности углей из-за большей доли в них породы.

Исходя из потребительских свойств и сущности такого товара, как уголь, стоимость полезного тепла, получаемого из этого топлива должна быть по своей физической и экономической сущности величиной постоянной и нарастать по мере увеличения объемов в связи с низкой калорийностью, т.к. они приводят к дополнительным затратам.

Если удельная стоимость полезного тепла  $c_q^n$ , то цена топлива должна быть не выше

$$C = c_q^n Q_p^H \eta_c.$$

С другой стороны, если взять соотношение цены угля и удельной рыночной стоимости полезного тепла, то эта величина будет являться количе-

ством полезного тепла, которое можно получить при сжигании тонны угля определенного качества:

$$\frac{C}{c_q^n} = Q_n = \left( Q^b \frac{100 - A^d - W}{100} - 6W \right) \times \\ \times (a_c - b_c A^d),$$

то правая часть уравнения не подвержена влиянию рынка энергоносителей, а связана лишь с качеством топлива и техническим состоянием устройств для сжигания.

Исследование этой зависимости при значении высшей теплоты сгорания 8000 ккал/кг, влажности топлива

8%, значениях коэффициентов в уравнении для к.п.д. 0,71 и 0,0036 позволило получить уравнение:

$$\frac{C}{c_q^n} = 5,1195 - 0,073A^d$$

при достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,9993$ .

Таким образом, чтобы оценить минимальную рыночную цену тонны угля необходимо учесть рыночную стоимость полезного тепла, зольность, влажность и высшую теплоту сгорания топлива.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов А.А., Гелетий З.С., Синякович Б.Г. Концепция создания нормативных документов по качеству твердого топлива для электростанций Украины. Энергетика: экономика, технология, экология, 2000, №4, с.81-85.
2. Баръяхтар В., Кухар В., Пальшин Г. Энергетика Украины в контексте общеми-
- ровых тенденций / Вестник НАН Украины, 2000, № 7. С. 14-26.
3. Синякович Б.Г., Чернявский Н.В. Энергетический уголь Украины: соотношение цены и качества//Энергетика и электрификация. - №12. - 2004. – С. 37-40.

ГИАБ

#### Коротко об авторах

Пилова Е.П. – кандидат экономических наук, доцент кафедры маркетинга Национального горного университета (г. Днепропетровск).

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 8 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. В.А. Харченко.

