



УДК 658.26:622.332./335.003

Пілова К.П.

АНАЛІЗ МЕТОДИК ОЦІНКИ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВУГІЛЛЯ В ЕНЕРГЕТИЦІ

Виконано аналіз методик оцінки економічної ефективності використання вугілля в енергетиці. Обґрунтовано економічну та технологічну доцільність використання збагаченого палива. Визначено підхід до корегування ціни вугілля з урахуванням теплоенергетичних властивостей палива.

Ключові слова: ринок первинних ресурсів, якість кам'яного вугілля, конкурентоспроможність кам'яного вугілля.

The analysis of methodologies for evaluating the economic efficiency of coal use in power generation is made. The economic and technological feasibility in the energy usage of enriched fuel is proved. An approach to adjusting the price of coal, which provides the incorporation of the thermal properties of fuel is identified.

Keywords: market is the primary resource, quality of coal, competitive coal.

Виробництво електричної енергії є одним з основних секторів споживання первинних енергоресурсів. Цей сектор є конкурентним середовищем, де використовуються відповідні технології виробництва електроенергії, адаптовані до природних енергоносіїв або їх комбінації.

Економічна ефективність використання збагаченого вугілля в енергетиці багато років є предметом досліджень. Неоднозначність відповідей на це актуальне питання в різні періоди часу була зумовлена, з одного боку, зміною у часі співвідношень послуг і цін на вугілля, вугільну продукцію, технологічний переділ, транспортні послуги. З іншого боку, подальший розвиток вугільних енерготехнологій, посилення екологічних вимог і нормативів по викидах в атмосферу шкідливих речовин приводили до нових сполученням економічних умов, які висували нові завдання досліджень в даній області.

Метою даного дослідження є аналіз методик оцінки економічної ефективності використання вугілля в енергетиці та визначення його впливу на конкурентоспроможність.

Поширеним способом захисту суспільством своїх інтересів у галузі економіки, екології, енергозабезпечення, раціонального використання природних ресурсів і запасів надр є стандарти на вугілля та вугільну продукцію.

Оптимізація параметрів об'єктів стандартизації полягає у встановленні таких їх значень, при яких природні ресурси будуть використовуватися найбільш ефективно, забезпечуючи максимальний прибуток при мінімальних витратах на виробництво електроенергії при задоволенні екологічних та інших вимог [1].

У плановій економіці оптимізація параметрів стандартизації якості вугілля здійснювалася комплексно, з урахуванням взаємодії всього виробничого циклу від видобутку вугілля до його використання на електростанціях [1].

Для цього використовувалася цільова функція стандартизації, яка описує залежність мети виробництва і споживання об'єкта стандартизації від його якості, які характеризуються показниками, стандартизуються P , і часових параметрів:

$$Ц = f(P, t_e, t_d)$$

Стосовно до оптимізації якості вугілля такі параметри, як тривалість впровадження стандарту t_v і період дії стандарту t_d можна вважати заданими, тому для вирішення поставленої задачі достатньо оцінити ефективність видобутку і використання вугілля в залежності від їх якості.

Для оптимізації показників якості вугілля використовувалася відома формула для наведених витрат [1]:

$$\Pi^{\min} = C + E_n k, \quad (1)$$

де C - сума поточних витрат (собівартість) за цим варіантом якості; E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень; k - сума капітальних витрат.

На цій основі побудована економіко-математична модель, яка передбачає розгляд варіантів по безлічі виробників і споживачів палива і при різному їх поєднанні [1].

Порівняльна економічна ефективність наведених витрат встановлюється для різних варіантів якості вугілля по всьому технологічному ланцюгу їх видобутку та використання.

Для вугілля, призначених для пилоподібного спалювання, необхідно встановити сумарні витрати на кінцеву продукцію, тобто на вироблену електроенергію.

При розрахунку наведених витрат область знаходження можливих варіантів чисельних значень показників якості вугілля обмежена межами, за якими розгляд варіантів втрачає фізичний чи практичний сенс.

Як обмежуючий чинник (ефект від виробництва і використання продукції) приймається максимальна кількість корисно виробленого тепла (електроенергії) чи продукції як постійна величина при розгляді можливих варіантів зміни показників якості вугілля. Відповідно до цього мають визначатися додаткові витрати на виробництво потрібної кількості тепла (електроенергії) чи продукції в порівнянні з варіантом максимального виробництва.

Для оптимізації показників якості вугілля в загальному випадку варіанти призначаються за технологічним чинникам.

Викладена методика, що складена для планової економіки, дозволяє вирішити питання оптимізації якості за умови керованості факторами, що визначають наведені витрати. Але у зв'язку з розвитком елементів ринкових відносин у вугільній промисловості і в енергетиці така керованість стає неможливою у зв'язку з появою незалежних виробників, що ускладнює її застосування.

Разом з тим, такий підхід, хоча і є універсальним, не дозволяє вирішити питання про підвищення ступеня використання енергетичного потенціалу вугілля при оптимізації якості за мінімізації собівартості, оскільки максимальна кількість корисно виробленого тепла (електроенергії) при зміні зольності вугілля приймається як постійна величина, обумовлена потужністю електростанції.

Обґрунтування рівня якості вугілля для електроенергетики на основі енергетичного підходу до споживчих властивостей вугільного палива виконано Дебердеевим І.Х. з співавторами [2]. Ними показано, що в основі раціонального підходу використання кам'яного вугілля в енергетиці лежить енерговміст вугілля та його енергетична цінність, яка характеризується питомою теплотою згорання. Підкреслюється те, що товаром при продажу вугілля є його енергія, тому для виробника палива переважно добувати і переробляти енергетично більш цінні марки вугілля. Для оцінки сировинної бази вугільної енергетики пропонується ввести показник відносної енергетичної цінності, рівний відношенню нижчої теплоти згорання натурального до питомої теплоти згорання умовного палива (питома теплота згорання 7000 ккал / кг).

На основі цього показника пропонується ранжувати вугілля, що видобуваються в різних родовищах. Вказується, що енерговміст палива є основним ціноутворюючим параметром

продукції вугільних підприємств. Наведена формула ціни на вугілля враховує еквівалент умовної ціни умовного палива, його енерговміст, зольність, вміст сірки, транспортні тарифи та дальність транспортування. Доводиться економічна доцільність збагачення вугілля.

Разом з тим, дана робота не містить відомостей щодо обґрунтування раціонального рівня якості вугілля і ступеня збагачення.

Се Цяном і Дебердеевим І.Х. розроблена також методика оцінки ефективності використання на ТЕС збагаченого вугільного палива [3].

В якості основної економічної умови заміщення рядового вугілля збагаченим паливом прийнятий показник економії маси вугілля E .

Як підкреслюють автори, він, по суті, означає те, що отримання однакової кількості енергії можливе при спалюванні тонни збагаченого палива або $1 + E$ тонн рядового вугілля.

В якості основних компонентів, що забезпечують підвищення економічної ефективності, авторами прийнято:

- зменшення витрат на транспортування та обробку вугілля у зв'язку зі зниженням його кількості;

- зниження витрат на сіркоочистки або штрафів за перевищення гранично допустимих концентрацій у зв'язку зі зменшенням вмісту сірки в збагаченому паливі і, відповідно, шкідливих викидів в атмосферу;

- підвищення ефективності спалювання збагаченого палива.

На думку авторів, облік цих трьох компонентів дозволяє визначити ціну збагаченого вугільного палива на прийнятній для споживачів основі. Перевищення ціни вугільного концентрату над ціною рядового вугілля визначається рівнянням:

$$\frac{C_k}{C_{py}} = \mathcal{E} + \frac{1}{1 - \mathcal{E}} \quad (2)$$

Разом з тим, дана методика не дозволяє обґрунтовувати раціональну зольність вугільних концентратів з точки зору максимального використання енергетичного потенціалу кам'яного вугілля, оскільки передбачає в якості результату встановлення прийнятної для споживача рівня підвищення ціни вугільних концентратів.

У 2002 р. в Україні введено державний стандарт на тверде паливо [4], згідно з яким вугілля для пилоподібного спалювання на теплових електростанціях поділяють на чотири категорії за ознаками відповідності його основних показників якості проектним вимогам діючих пилувугільних котлоагрегатів.

Для кожної категорії якості введені коефіцієнти енергетичної цінності одиниці нижчої теплоти згоряння на робочий стан палива, відповідно: 1,00, 0,75, 0,50, 0,30. Ці коефіцієнти на думку укладачів стандарту повинні враховувати витрати на збагачення вугілля і додаткові витрати теплових електростанцій на спалювання палива з якістю, нижче проектного та можуть бути використані для ціноутворення [4].

До першої категорії якості стандарт відносить вугілля марок Д, ДГ, Г, Ж, К, ПС, якість яких забезпечує стабільні умови пилоподібного спалювання без добавки природного газу чи мазуту. Нижча теплота згоряння такого вугілля на робочий стан палива повинна бути не менше 20,097 МДж / кг (4800 ккал / кг). У цю категорію входять також марки П, А з нижчою теплотою згоряння на робочий стан палива 21,772 МДж / кг (5200 ккал / кг). До другої категорії якості відносяться вугілля перерахованих вище марок з нижчою теплотою згоряння на робочий стан палива в межах 17,585 (4200) ... 20,097 (4800) і 20,097 (4800) ... 21,772 (5200) МДж / кг (ккал / кг). Це вугілля також придатні для пилоподібного спалювання, але тільки з добавкою природного газу чи мазуту. До третьої категорії якості відносяться промпродукт всіх марок з нижчою теплотою згоряння не нижче 16,747 (4000) МДж / кг (ккал / кг), а до че-

твертої категорії - шлами всіх марок з нижчою теплою згоряння не менше 12,560 (3000) МДж / кг (ккал / кг). При цьому загальна волога на робочий стан палива для вугілля першої, другої та третьої категорій якості повинна бути не більше: марка Д - 14,0%, марки ДГ, Г, Ж, К, ПС - 12%, марки П, А, промпродукту всіх марок - 9%, а для шламу - 18%.

Виходячи з цих умов, а також рекомендованих у додатку В [4] середніх показників вищої теплоти згоряння марок вугілля, які видобуваються в Україні, межі зміни зольності за марками вугілля і категоріями якості наведені у табл.1.

Аналіз даних табл.1 та їх зіставлення з зольністю рядового вугілля, видобутого в Україні в останні роки [5], показує, що тільки невелика частина з них може бути без збагачення віднесена до другої категорії і, практично весь видобутий вугілля не відповідає першій категорії якості. Відзначимо, що другої категорії якості відповідає значення коефіцієнта енерго-технологічної цінності, рівне 0,75 [4], а це може істотно вплинути на його ціну.

Таблиця 1

Межі зміни зольності вугілля за марками і категоріями якості згідно з ДСТУ 4083-2002

Категорія якості	Межі зміни зольності (%) за марками вугілля								
	Д	ДГ	Г	Ж,ПС	К	П	А	Пром-продукт	Шлами
Перша	<22,16	<26,17	<27,25	<30,88	<31,98	<29,19	<26,45	-	-
Друга	22,16	26,17	27,25	30,88	31,98	29,19	26,45	-	-
	... 30,00	... 33,79	... 34,73	... 37,92	... 38,27	... 33,89	... 31,37	-	-
Третя	-	-	-	-	-	-	-	<38 ...43,81	-
Четверта	-	-	-	-	-	-	-	-	<41,37 ...45,82

Таким чином, з точки зору зниження витрат на паливо при виробництві електроенергії, слід орієнтуватися на використання вугілля першої категорії якості. Тому вся гірнична маса енергетичного вугілля повинна піддаватися збагачення.

Проте на запитання про те, якою повинна бути якість вугілля, що відносяться до першої категорії і забезпечують найбільшу ефективність їх використання, існуючий стандарт відповіді не дає.

Економічна та технологічна доцільність використання в енергетиці збагаченого палива доведена в роботах [6-12] та підтверджується досвідом світової вугільної енергетики. В результаті дослідження рядового вугілля різної якості, обумовленої як природними, так і гірничо-технологічними чинниками, встановлено, що мінімальна вартість одиниці корисного тепла має місце при спалюванні максимального вилучених з гірничої маси вугільних і проміжних фракцій. Величина цього мінімуму пов'язана також з вживаними технологіями вугле-збагачення і спалювання.

Виходячи із споживацьких властивостей і суті такого товару, як вугілля, вартість корисного тепла, одержуваного з цього палива має бути за своєю фізичною суттю величиною постійною і зростати у міру збільшення об'ємів у зв'язку з низькою калорійністю, оскільки вони призводять до додаткових витрат.

Раніше, коли ціни на вугілля, залежно від його якості і марки, піддавалися державному регулюванню На продукцію вугільних підприємств встановлювалася базова ціна. Якщо зольність вугілля або його вологість відрізнялися від величин, вказаних в преїскуранті, то здійснювалось корегування. Ціна вугілля збільшувалася на 2,5% при зниженні зольності на 1% і на 1% при зниженні вологості на 1%. Для продуктів збагачення ціна збільшувалася на 1,3% при зниженні вологості на 1%. Коли державне регулювання було ослаблене, преїску-

рантні ціни були переведені в ранг рекомендованих. Але з введенням стандарту, що регламентує якість вугілля для енергетики [4], корегування ціни не обов'язкове, оскільки зольність вироблюваної вугільної продукції одержують таку, щоб вона відповідала верхній межі відповідної категорії якості. Якщо фактична якість вугілля виявляється вище, то ціна, як правило, не збільшується. Таке положення не можна визнати за нормальне, оскільки не стимулюється зниження зольності, а це призводить до зростання вартості паливної компоненти у виробництві тепла і електроенергії.

Розуміння необхідності стимулювання підвищення якості палива привело до того, що введені поправки [12], проте тільки по відношенню до встановленої договором базової ціни палива договірної якості.

У роботі [13] пропонується визначати ціну вугілля за середньою по галузі вартістю 1 Мкал. При цьому ціна палива залежно від його нижчої теплоти згорання може бути визначена емпіричною формулою:

$$\text{Ціна палива} = \text{ціна 1 Мкал} \cdot 7 \cdot \left(Q_p^n / 7000 \right)^{1,5} \quad (3)$$

Такий підхід є прогресивнішим, проте він не враховує зміну коефіцієнту корисної дії (к.к.д.) ТЕС залежно від зольності палива. Дослідження вартості потенційного тепла залежно від зольності вугілля, виконані з використанням приведеної формули, показали, що вона знижується практично лінійно з погіршенням якості палива.

Об'єктивнішим було б урахування обставини, що кінцевим продуктом використання вугілля є одержане корисне тепло або електроенергія.

Вартість корисного тепла залежить від коефіцієнту к.к.д. ТЕС та його чутливості до зольності вугілля.

За даними інституту вугільних енерготехнологій НАН України к.к.д. ТЕС в залежності від зольності палива A^d відображається наступною залежністю:

$$\eta = a - bA^d \quad (4)$$

де $a=36,5 \dots 38,18$; $b=0,15 \dots 0,23$ – емпіричні коефіцієнти, отримані з досвіду практичної роботи ТЕС та залежні від конструкції й технічного стану енергоблоків.

Кількість корисного тепла, що може бути отримана при спалюванні кілограму палива визначається наступною залежністю:

$$Q_n = Q_p^n \eta = \left(Q^s \frac{100 - A^d - W}{100} - 6W \right) \cdot (a - bA^d) \quad (5)$$

де W – вологість палива, %.

Якщо визначена вартість корисного тепла C_k , що вимірюється у грошових одиницях віднесених до гікалорії або мегаджоулю, то ціна палива дорівнює:

$$P = C_k Q_n \quad (6)$$

Співставлення формул (3) и (6) доводить ідентичність результатів з розрахунків ціни вугілля в залежності від його зольності при $b=0,24$. Але формули (5) и (6) розкривають вплив кожного з факторів, які визначають споживацькі властивості палива.

Мінімальна собівартість готової продукції існуючих теплоенергетичних підприємств, що виробляють тепло і електроенергію, досягається при спалюванні вугільних концентратів із зольністю, відповідною зольності безпородних фракцій. Вихід концентратів повинен бути максимально можливим для вугілля даного фракційного складу в умовах чинних технологій збагачення.

Істотний вплив на паливну складову собівартості виробництва тепла і електроенергії надають витрати на транспортування і спалювання палива, що залежать від фізичного об'єму

використовуваного вугілля. Тому навіть у разі слабого впливу зольності на к.к.д. ТЕС і на кількість одержаного тепла, використання збагаченого палива економічно виправдане у зв'язку із зниженням його питомої витрати і об'ємів транспортування та витрат на спалювання.

Для стимуляції попиту на збагачене паливо, споживання якого підвищить ступінь використання енергетичного потенціалу видобутого вугілля необхідно корегувати ціни на вугільні концентрати шляхом введення обґрунтованих поправок на зміни якості.

При використанні формул (5) і (6) встановлено, що при зміні зольності вугілля на 1% для збереження на постійному рівні ціни на корисне тепло необхідно при підвищенні зольності знижувати, а при знижувати – підвищувати ціну на величину:

$$\Delta P = 0,0003A^{d^2} + 0,0136A^d + 1,7691, \% \quad (7)$$

На відміну від раніш використаної постійної поправки (2,5%) для будь якого діапазону зміни зольності встановлена залежність (7) вимагає диференційний підхід при якому для досягнення постійної вартості корисного тепла, що може бути отримане з вугілля, поправка повинна зменшуватись від 2,5% для вугілля із зольністю 30% до 1,9% для зольності вугільних концентратів із зольністю 8...10%.

Запропонований підхід до корегування ціни вугілля, який забезпечує врахування теплоенергетичних властивостей палива, надає можливість визначати показники конкурентоспроможності кам'яного вугілля на ринку первинних енергоносіїв.

Література

1. Марченко М.Г. Стандартизация и нормирование качества углей. / М.Г. Марченко, В.М. Филиппов. М., Недра, 1977. 247 с.
2. Дебердеев И.Х. К вопросу энергетического подхода к потребительским свойствам угольного топлива / И.Х. Дебердеев, Б.И. Линева, А.И. Молчанов // Уголь. - 1999.- №5(878).- С.56-59.
3. Се Цян Разработка и применение методики оценки эффективности использования на ТЭС обогащенного угольного топлива / Се Цян, И.Х. Дебердеев// Уголь.- 1999.- №10.- С.46-48.
4. Вугілля кам'яне та антрацит для пиловидного спалювання на теплових електростанціях. Технічні умови. ДСТУ 40083-2002. – Київ. – Держстандарт України. – 2002. – 9 с.
5. Паливно-енергетичний комплекс України: базові показники та тенденції розвитку. Національна безпека і оборона, №2, 2001. - С. 10.
6. Пилова Е. П. Влияние качества каменных углей на себестоимость производимой электроэнергии и ресурсосбережение / Е.П. Пилова // Горный информ.-аналит. бюл.- 2003.- №2.- С. 138-140.
7. Пилова Е. П. Улучшение экономических показателей производства угольных концентратов для энергетики за счет повышения их качества / Е.П. Пилова // Экономика промышленности: Сб. науч. тр. / НАН Украины; Ин-т экономики промышленности. - Донецк, 2002. – С. 373-281.
8. Пілова К. П. Економічна ефективність та раціональний ступінь збагачення кам'яного вугілля для енергетики / К.П. Пілова // СХІД. - 2003.- №2(52).– С.13-17.
9. Пилова Е. П. Методология экономического обоснования качества каменных углей на основе повышения степени использования их энергетического потенциала / Е.П. Пилова // Академічний огляд.- 2003.– №1.- С. 53-61.
10. Пилова Е. П. Экономические аспекты производства и использования каменных углей в энергетике / Е.П. Пилова // Горный информ.-аналит. бюл.- 2004.- №3.– С. 176 – 181.
11. ГТР 34.09.110-03. Вхідний контроль палива на ТЕС та організація претензійної роботи. Методичні вказівки. – К.: Мінпаливенерго України – ОЕП „ГРІФРЕ”, 2004.– 54 с.
12. COAL WEEK international. - № 47.
13. Синякович Б. Г. Энергетический уголь Украины: соотношение цены и качества / Б. Г. Синякович, Н. В. Чернявский // Энергетика и электрификация.- 2004.- №12.- С. 37-40.

Рекомендовано до публікації
д.е.н., проф. Решетіловою Т.Б. 18.11.2010

Надійшла до редакції
25.11.2010