

Materiały XXVI Konferencji z cyklu
*Zagadnienia surowców energetycznych
i energii w gospodarce krajowej*
Zakopane, 14–17.10.2012 r.
ISBN 978-83-62922-07-9

Michał MAZUREK*

Propozycja nowej formuły sprzedażnej węgla energetycznego przeznaczonego do energetyki zawodowej

STRESZCZENIE. W artykule przedstawiono metodę budowy nowej formuły sprzedażnej węgla energetycznego, opartą na wskaźnikach energetycznych zawartości popiołu i siarki. Opisano obecnie stosowany cennik GJ. Wykorzystując zaproponowaną formułę sprzedażną, obliczono ceny teoretycznych koncentratów i pokazano ich zmiany wobec zmian parametrów jakościowych. Omówiono różnicę pomiędzy cennikiem GJ a proponowaną formułą sprzedażną.

SŁOWA KLUCZOWE: węgiel energetyczny, użytkowanie węgla w energetyce, ceny węgla

Wprowadzenie

Obecnie stosowany system cen na węgiel kamienny jest głównie oparty na wartości opałowej z pewnym uwzględnieniem zawartości siarki. Nie jest natomiast uwzględniony wpływ zawartości popiołu na cenę węgla. Zawartość popiołu wpływa pośrednio na cenę gdyż zmienne zawartości popiołu zmieniają wartość opałową. Zależność ta jest znana w literaturze [7, 8, 9, 10, 12], która podaje, że zmiany te zachodzą proporcjonalnie ale są charakterystyczne dla każdego pokładu węglowego. Dla użytkowników węgla bardzo istot-

* Mgr inż. – Katedra Przeróbki Kopalini i Utylizacji Odpadów, Politechnika Śląska Gliwice

ne znaczenie ma wartość opałowa ale charakterystyki technologiczne krajowych węgla pokazują, że przy tej samej wartości opałowej zawartości popiołu mogą się dla różnych pokładów różnić nawet o kilkanaście procent. Fakt ten nie jest już obojętny dla użytkowników, którzy płacąc za wartość opałową nie uzyskują jakiegokolwiek bonifikaty ze względu na podwyższoną zawartość popiołu.

1. Obecnie stosowany cennik przez krajowych producentów węgla energetycznych

W obecnej chwili na krajowym rynku węgla energetycznego rozliczenia pomiędzy producentami i sprzedawcami odbywa się na podstawie dwóch wariantów:

- ✧ dla węgla o wartości opałowej $Q_i^r < 22\ 000$ kJ/kg stosuje się rozliczenia bazując na formułę E. Rupika,
- ✧ natomiast dla węgla o wartości opałowej $Q_i^r \geq 22\ 000$ kJ/kg zastosowano tzw. cennik GJ [13].

Stosowanie cennika GJ polega na wycenie węgla pod kątem zawartości jednostki energii (wartości opałowej), przy podziale na cztery przedziały zawartości siarki, pomijając natomiast zawartość popiołu. W przeciwieństwie do formuł sprzedażnych stosowanych w latach ubiegłych [4, 5, 6], jako węgiel wskaźnikowy przyjęto tzw. węgiel normatywny o następujących parametrach: wartość opałowa $Q = 21$ MJ/kg, zawartość siarki $S = 0,8\%$.

Postać formuły określającej wycenę jednostki energii przedstawia się następująco:

$$\text{Cena w zł/GJ} = (C_b \cdot (1 + ((Q_{ir1} - Q_{irb})/Q_{ir1}) \cdot W) - (C_s \cdot (Str - Str_b) \cdot 2 \cdot 1000)/Q_{ir1})$$

gdzie: C_b – cena 1 GJ węgla normatywnego o klasie wartości opałowej 21MJ/kg i zawartości siarki w klasie 08 (21/08) [zł/GJ],

Q_{ir1} – wartość opałowa węgla wycenianego dla wyliczenia ceny w zł/GJ [GJ/t].

Do wyliczenia przyjmuje się wartość opałową zaokrągloną do 1MJ/t w dół, co daje stałą ceną w zł/GJ w całej klasie wartości opałowej.

Q_{ir2} – wartość opałowa węgla wycenianego zaokrąglona w zależności od formy sprzedaży dla wyliczenia ceny w zł/t [GJ/t],

Q_{irb} – wartość opałowa węgla normatywnego – 21 [GJ/t],

W – wskaźnik wzrostu ceny jednostki energii z tytułu jej koncentracji w jednostce masy; $W = 0,3$,

C_s – bonifikata siarkowa zł/kg $SO_2 - 0,86$ zł/kg SO_2 [zł/kg],

Str – zawartość siarki w węglu wycenianym [%],

Str_b – zawartość siarki w węglu normatywnym – 0,8 [%],

KZD – zróżnicowanie ceny w zależności od środka transportu,

WKC – wskaźnik korekty ceny – WKC = 1,300 od 01.01.2012.

Stosowanie cennika GJ czyli wycena węgla na podstawie energii zawartej w węglu, przy pominięciu zawartości popiołu może powodować brak ekonomicznej motywacji ze strony producentów do prowadzenia procesów wzbogacania. Procesy te powodują zmniejszenie ilości ziarn kamienia w koncentracie, wobec tego wątpliwa staje się konieczność poddawania węgla procesom wzbogacania, skoro cennik na podstawie, którego wyznacza się jego cenę nie uwzględnia poprawy jakościowej otrzymanych produktów handlowych.

2. Propozycja nowego systemu cen na węgiel kamienny

Idea każdej formuły sprzedażnej węgla energetycznego polega na pokazaniu jak powinna się zmieniać cena węgla charakteryzującego się określonymi parametrami jakościowymi, wobec tzw. węgla bazowego, którego charakteryzuje określona cena oraz parametry jakościowe. Proponowana formuła sprzedażna umożliwi wyznaczenie ceny zakupu/sprzedaży węgla bezpośrednio z formuły. Uwzględniając fakt, iż węgle sprzedawane do energetyki zawodowej mają jakość zbliżoną do parametrów węgla normatywnego, w formule sprzedażnej jako węgiel odniesienia zastosowano węgiel normatywny. Formuła sprzedażna zbudowana została w oparciu o wskaźniki energetyczne zawartości siarki oraz zawartości popiołu. Siarka i popiół stanowiące dwa z głównych parametrów jakościowych występujących w węglach energetycznych, stanowią bardzo niekorzystny balast pod względem zarówno technologicznym jak i ekonomicznym, dla producentów jak i użytkowników węgla energetycznego. Zatem można stwierdzić, iż analiza przydatności energetycznej koncentratów, które kierowane są do procesów spalania, bazuje na informacjach dotyczących zawartości siarki i popiołu oraz wartości opałowej. Analizę tę można przeprowadzić poprzez wyznaczenie wskaźników energetycznych zawartości siarki i popiołu. Wskaźniki te podają ilość wyżej wymienionych parametrów tj. zawartość popiołu i siarki na 1000kcal i kilogram paliwa. Wskaźniki przydatności energetycznej węgla zostały wprowadzone przez Stanisława Blaschke [1] w 1975 roku.

a) Wskaźnik energetyczny zawartości siarki posiada następującą postać:

$$E_s = 10000 \cdot \frac{S_c^a}{Q_w^a} \text{ g } S_c^a / 1000 \text{ kcal}$$

gdzie: S_c^a – procentowa zawartość siarki całkowitej w badanym węglu, określona dla stanu analitycznego,

Q_w^a – wartość opałowa badanego węgla określona dla stanu analitycznego [kcal].

Wskaźnik energetyczny zawartości siarki podaje ilość siarki całkowitej wyrażonej w gramach na 1000 kcal wartości opałowej i kilogram paliwa. Stosowanie wskaźnika energetycznego zawartości siarki służy do określania stopnia zasiarczenia węgla dla celów porównawczych węgli pochodzących z różnych kopalń.

b) Wskaźnik energetyczny zawartości popiołu posiada następującą postać:

$$A_w = 10000 \cdot \frac{A^a}{Q_w^a} \text{ g } A^a / (\text{kg} \cdot 1000 \text{ kcal})$$

gdzie: A^a – zawartość popiołu w badanym węglu określona dla stanu analitycznego lub roboczego [%],

Q_w^a – wartość opałowa badanego węgla określona dla stanu analitycznego [kcal].

Wskaźnik A_w podaje obciążenie jednostki ciepła popiołem i wyrażany jest w gramach popiołu otrzymanego z 1 kg paliwa na 1000 kcal jego wartości opałowej.

Prezentowane wskaźniki umożliwiają przeprowadzenie analizy przydatności węgla pod względem wykorzystania w energetyce w zakresie wskaźników teoretycznych, ponadto pokazują zmienność wskaźników w zmieniających się zakresach odsiarczania i wzbogacania węgla.

3. Koncepcja budowy formuły sprzedażnej opartej na wskaźnikach energetycznych zawartości siarki oraz zawartości popiołu

Wprowadzenie nowej formuły ma na celu zbliżyć relacje pomiędzy ceną oraz jakością węgla odzwierciedlającą jego wartość użytkową.

Proponowana formuła posiada następującą postać :

$$F_c = C_b \cdot \frac{Q}{Q_n} \cdot \left[1 - \left(\frac{A_w - 43,8}{42} + \frac{E_s - 1,79}{5} \right) \right]$$

gdzie: C_b – cena węgla bazowego – węgiel normatywny 21 MJ [zł/Mg],

Q – wartość opałowa węgla energetycznego w stanie roboczym [kJ/kg],

Q_n – wartość opałowa węgla normatywnego w stanie roboczym [kJ/kg],

E_s – wskaźnik energetyczny zawartości siarki w węglu [g/Mcal],

A_w – wskaźnik energetyczny zawartości popiołu w węglu [g/Mcal].

Formuła sprzedażna uwzględnia przede wszystkim zasadę proporcjonalności ceny do wartości opałowej, natomiast człon siarkowy oraz popiołowy, występujące w postaci wskaźników energetycznych pełnią rolę stymulatorów ekonomicznych, informujących o ewentualnych upustach lub też dopłatach do danego węgla w zależności od obciążenia balastem

jednostki ciepła. Jak już wspomniano jako węgiel odniesienia przyjęto węgiel normatywny o kaloryczności 21 MJ/kg zamiast węgla wskaźnikowego o kaloryczności 25,1208 MJ/kg, który stanowił wzorzec odniesienia podczas tworzenia formuł sprzedażnych poprzez innych twórców [4, 5, 11]. Parametry balastowe (S, A) występujące w formule sprzedażowej oraz wartość opałową analizowanych produktów handlowych podano w stanie roboczym. Wartość opałowa wyrażona została w kcal/kg natomiast wskaźnik energetyczny zawartości siarki w $S_c^a/1000$ kcal, wskaźnik energetyczny zawartości popiołu w g $A^a/1000$ kcal.

W powyższej formule sprzedażnej wpływ na cenę węgla mają trzy parametry jakościowe:

- ✧ wartość opałowa,
- ✧ wskaźnik energetyczny zawartości siarki E_s ,
- ✧ wskaźnik energetyczny zawartości popiołu A_w ,

Podczas budowy formuły wartości liczbowe występujące w członach popiołowym i siarkowym zostały wyznaczone poprzez podstawienie zawartości popiołu i siarki węgla normatywnego, sposób obliczenia pokazano poniżej:

Wartości liczbowe członu popiołowego: $\frac{A_w - 43,8}{42}$ uzyskano w następujący sposób,

wartość **43,8** powstała na skutek podstawienia do wzoru wyznaczającego wskaźnik energetyczny zawartości popiołu wartości popiołu wynoszącej **22%** występującej w węglu normatywnym i wartości opałowej równej **21 MJ/kg** również odpowiadającej wartości opałowej węgla normatywnego.

Sposób wyznaczenia przedstawiono poniżej:

$$A_w = 10\,000 \cdot \left(\frac{22}{5023,9} \right) \text{ g Aa}/(\text{kg} \cdot 1000 \text{ kcal}) = 43,8 \text{ g Aa}/(\text{kg} \cdot 1000 \text{ kcal})$$

Parametry liczbowe członu siarkowego: $\frac{E_s - 1,79}{5}$ uzyskano w podobny sposób, wartość

1,79 powstała na skutek podstawienia do wzoru na wyznaczenie wskaźnika energetycznego zawartości siarki wartości siarki wynoszącej **0,9** czyli wartości tegoż parametru w węglu normatywnym, wartość opałowa wykorzystana do obliczenia wyżej podanego parametru wynosi podobnie jak w pierwszym przypadku **21 MJ/kg** i odpowiada wartości opałowej węgla normatywnego.

Sposób wyznaczenia przedstawiono poniżej:

$$\begin{aligned} E_s &= 10000 \cdot \frac{S_c^a}{Q_w^a} \text{ g S}^a_c/1000 \text{ kcal} = 10000 \cdot \left(\frac{0,9}{5023,9} \right) \text{ g S}^a_c/1000 \text{ kcal} = \\ &= 1,79 \text{ g S}^a_c/1000 \text{ kcal} \end{aligned}$$

Parametry występujące w mianownikach obydwu członów zostały wyznaczone za pomocą równań krzywych hiperbolicznych. Krzywe te obliczono w sposób następujący:

dla każdej wartości popiołu i odpowiadającej temu parametrowi wartości opałowej obliczono wskaźnik energetyczny zawartości popiołu przy zmianie zawartości popiołu o 1% oraz zmianie wartości opałowej o 1 MJ, w przypadku wskaźnika energetycznego zawartości siarki, dokonano podobnych obliczeń, przy zmianie zawartości siarki o 0,1% i zmianie wartości opałowej o 1 MJ obliczono wskaźnik energetyczny zawartości siarki.

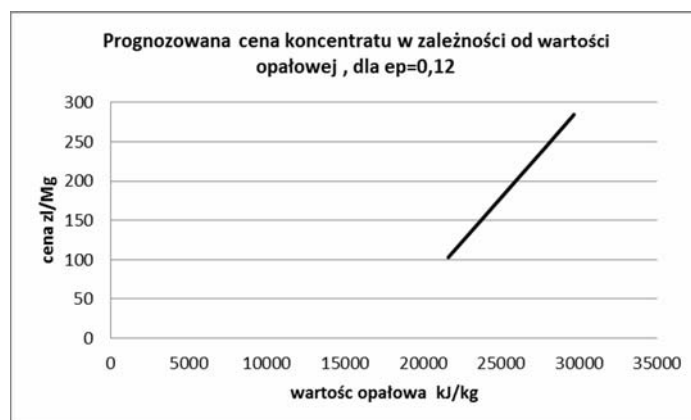
W celu pokazania relacji zmiany ceny węgla względem zmieniających się parametrów jakościowych w poniższej tabeli 1, przy pomocy proponowanej formuły sprzedażnej wyznaczono ceny teoretycznych koncentratów, przyjęto że węgiel jest wzbogacany w osadzarce o rozproszeniu prawdopodobnym wynoszącym $\epsilon_p = 0,12$, cenę bazową węgla normalnego przyjęto jako 100 zł/Mg.

TABELA 1. Wyznaczanie ceny koncentratu dla $\epsilon_p = 0,12$; klasa ziarnowa 20–0,5 mm.
Cena bazowa węgla normalnego 100 zł/Mg

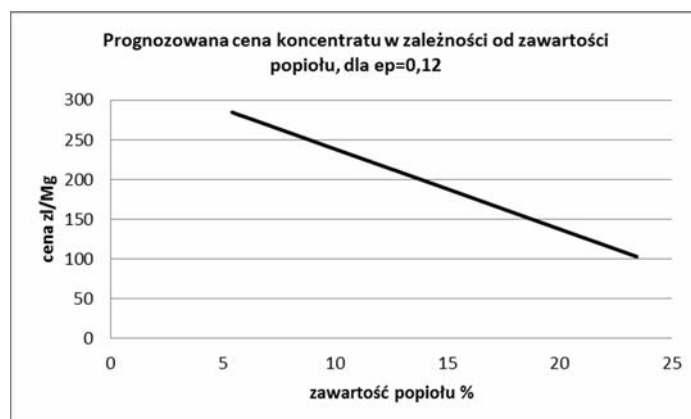
Gęstość rozdziału [g/cm ³]	Wychód produktu handlowego ΣY_r [%]	Zawartość popiołu A [%]	Zawartość siarki S [%]	Wartość opałowa Q [kJ/kg]	Wskaźnik energetyczny obciążenia popiołem A_w [g/Mcal]	Wskaźnik energetyczny obciążenia siarką E_s [g/Mcal]	Cena [zł/Mg]
1,3	13,52	5,40	0,72	29 657,16	7,61	1,06	283,61
1,4	38,87	5,66	0,73	29 548,97	8,01	1,03	281,94
1,5	57,39	6,23	0,73	29 299,54	8,89	1,04	276,39
1,6	68,55	7,57	0,74	28 709,18	11,02	1,08	262,89
1,7	75,98	10,31	0,76	27 489,49	15,68	1,16	235,16
1,8	83,40	14,59	0,78	25 577,53	23,84	1,27	192,22
1,9	91,89	19,41	0,81	23 411,93	34,65	1,45	143,43
2,0	100,00	23,43	0,83	21 606,50	45,33	1,61	102,94

Na rysunkach 1–3, pokazano także prognozowane krzywe cen koncentratów w zależności od parametru jakościowego.

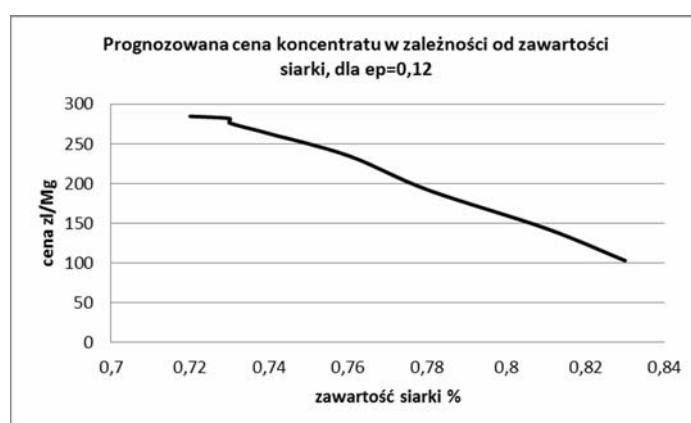
Jak widać na rysunkach 1–3, krzywe cen koncentratów układają się pod bardzo stromym nachyleniem, czyli przyrosty ceny węgla przy poprawie parametrów jakościowych są znaczne. Ponadto zauważyć można, że najwyższe ceny występują dla węgla o największych wartościach opałowych ale i co bardzo istotne dla węgla najmniej obciążonych balastem.



Rys. 1. Prognozowane krzywe cen koncentratów w zależności od wartości opałowej dla ep = 0,12



Rys. 2. Prognozowane krzywe cen koncentratów w zależności od zawartości popiołu dla ep = 0,12



Rys. 3. Prognozowane krzywe cen koncentratów w zależności od zawartości siarki dla ep = 0,12

Podsumowanie

Tak więc można stwierdzić, iż zaproponowany system cen na węgiel kamienny energetyczny podczas wyceny węgla uwzględnia zawartość w nim energii chemicznej oraz co bardzo istotne odzwierciedla wpływ obciążenia wartości opałowej parametrami balastowymi na cenę końcową. Fakt ten jest pominięty w obecnie funkcjonującym cenniku GJ, należy jednak pamiętać, że procesy wzbogacania obarczone są pewnymi kosztami. Dlatego też producenci węgla powinni uwzględnić w cenie końcowej wzbogacanego węgla koszt polepszania jego jakości, bowiem sprzedaż węgla po cenach niższych aniżeli koszt jego wytworzenia w dłuższym okresie czasowym może narazić producentów na ponoszenie dużych strat finansowych a w najgorszym przypadku doprowadzić do bankructwa. Na cenę końcową wpływać będzie poziom cen ustalany drogą negocjacji pomiędzy dwoma zainteresowanymi stronami, ten istotny czynnik cenotwórczy powinien zawierać w sobie także koszt wytworzenia węgla, poziom cen należy ustalić w taki sposób aby satysfakcjonował zarówno producentów jak potencjalnych użytkowników węgla energetycznego.

Literatura

- [1] BLASCHKE S., 1975 – Metoda kompleksowej oceny przydatności energetycznej węgla zasiarzonych. Zeszyty naukowe Akademii Górniczo-Hutniczej, Górnictwo z. 66, Kraków.
- [2] BLASCHKE W., 1995 – Zasady kształtowania polityki cenowej węgla kamiennego. Materiały Ogólnopolskiej Konferencji „Węgiel i energetyka”, Bielsko Biala, marzec, 1995, s. 1–15.
- [3] BLASCHKE W., 1999 – Cenotwórstwo węgla kamiennego cz. 2 – Założenia systemu cen węgla kamiennego energetycznego. Wiadomości Górnicze nr 5, s. 242–246.
- [4] BLASCHKE W., 1999 – Cenotwórstwo węgla kamiennego cz. 4 – Krajowe formuły sprzedażne węgla kamiennego dostosowane do kontraktów na dostawy węgla produkowanego w Unii Europejskiej. Wiadomości Górnicze nr 9, s. 381–384.
- [5] BLASCHKE W., 1999 – Cenotwórstwo węgla kamiennego cz. 6 – Rozwiązania zagranicznych formuł sprzedażnych węgla energetycznego. Wiadomości Górnicze nr 11, s. 484–487.
- [6] BLASCHKE W., 2000 – System cen energetycznego węgla kamiennego. Studia, Rozprawy, Monografie nr 77. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, 84 s.
- [7] BLASCHKE W., 2004 – Problemy produkcji czystych węgla jako źródła wytwarzania czystej energii – Problems of clean coals production as a source of clean energy generation. Międzynarodowa Konferencja „Przyszłość węgla w gospodarce świata i Polski”. Wyd. GIPH, Katowice, s. 170–177.
- [8] BLASCHKE W., 2009 – Oczyszczanie węgla przed spalaniem pierwszym etapem Programu Technologii Czystego Węgla. Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2009, Materiały Konferencyjne. Sympozja i Konferencje nr 74. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, s. 31–39.
- [9] BLASCHKE W., BLASCHKE Z., BLASCHKE S.A., 1991 – Wpływ parametrów jakościowych węgla energetycznego na efektywność jego użytkowania. Przegląd górniczy nr 8, s. 1–6, Katowice.
- [10] BLASCHKE W., 2011 – Problem głębokości wzbogacania węgla kamiennego energetycznego przed jego użytkowaniem w energetyce. Materiały XXV Konferencji z cyklu: Zagadnienia

surowców energetycznych i energii w gospodarce krajowej. Surowce Energia Efektywność. Zakopane, 9–12.10.2011 r. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, s. 31–41.

- [11] LORENZ U., BLASCHKE W., GRUDZIŃSKI Z., 2002 – Propozycja nowej formuły sprzedażnej węgla energetycznego przeznaczonego dla energetyki zawodowej. Studia, Rozprawy, Monografie 112, Wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków.
- [12] LORENZ U., 2011 – Ewolucja podejścia do cen węgla energetycznego w Polsce w latach 1989–2010. Przegląd Górniczy nr 7–8, s. 314–321. Wyd. ZG SITG, Katowice.
- [13] WŁODARCZYK K., STOLECKI J. 2004 – Analiza aktualnie stosowanego systemu wyceny węgla energetycznego na przykładzie KWK „Piast”. Propozycja wyceny węgla w oparciu o jego wartość użytkową. Polityka Energetyczna t. 7, z. spec. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, s. 197–211.

Michał MAZUREK

Proposal for a new formula of selling steam coal destined for professional power engineering

Abstract

This paper presents a method of constructing a new sales formula of energy coal, based on indicators of energy contents of ash and sulphur. Described the currently used pricing GJ. Used the proposed sales formula, prices of theoretical concentrates were calculated and their changes were shown towards changes of quality parameters. Discusses the difference between the rates of GJ and the proposed sales formula.

KEY WORDS: energy coal, use of coal in the energy, coal prices