

Stanisław GŁOWIAK*, Zygmunt ŚMIEJEK**

Ceny paliwa węglowego przy uwzględnieniu dokładności pomiaru zawartości popiołu

STRESZCZENIE. W referacie w oparciu o rozwiązanie pewnych problemów techniki wzbogacania przedstawiono nowy pogląd na sposób rozliczania transakcji handlowych w obrocie węglem. Propozycja odmiennie od stosowanych formuł obliczania cen paliwa jest wynikiem poznania niektórych cech wzbogaconego węgla koksowego i energetycznego i jest nieco innym, nowym podejściem do tematu. Jesteśmy przyzwyczajeni, że podawane nam do wiadomości różne parametry liczbowe traktujemy jako liczby w sposób bezbłędny określający ten parametr. W większości przypadków istnienie błędu w tym pomiarze nie ma dla nas istotnego znaczenia. Wynika to także z faktu, że na ogół dokładność względna tych pomiarów jest bardzo wysoka i w związku z tym różnica w cenie wynikająca z uwzględnienia błędu pomiaru jest do pominięcia. Jednakże, jeżeli jesteśmy stroną w obrocie handlowym zwracamy na ten fakt uwagę np. żądając pewnej nadwyżki ważonego towaru, jeżeli używana waga nie budzi naszego zaufania. W znacznie gorszej sytuacji jesteśmy, gdy usiłujemy ocenić parametry jakościowe kupowanego towaru np. cukru, mąki, wody, benzyny, gazu, alkoholu itp.

W obrocie paliwem węglowym duża ilość parametrów istotna dla odbiorcy jest naturalną cechą węgla, której nie jesteśmy w stanie zmienić. Jednakże dwa z tych parametrów możemy kształtować w pewnym zakresie. Są to: zawartość popiołu i wilgoci. Częściowo dotyczy to zawartości siarki, która zwykle jest związana z zawartością popiołu. Pierwszy z tych parametrów, tj. zawartość popiołu, jest obciążony znacznym błędem względnym pomiaru. Ponadto duża składowa szumu o wysokiej częstotliwości nakładająca się na średnią wartość jest źródłem dodatkowego błędu pomiaru, który będzie istniał nawet dla bezbłędnego statycznie urządzenia pomiarowego.

* Mgr inż. — Zakład Automatyki „BGG” S.C.

** Mgr inż. — Biuro Projektów Przeróbczych ZZM Kopex, WAMAG S.A.

W przypadku rozpoczęcia prac nad stosowaniem nowej formuły cenowej referat należy potraktować jako uzasadnienie racji jej istnienia oraz punkt wyjściowy opracowania istotnych szczegółów tej formuły.

SŁOWA KLUCZOWE: górnictwo, węgiel, przeróbka mechaniczna, ceny paliwa węglowego

Wprowadzenie

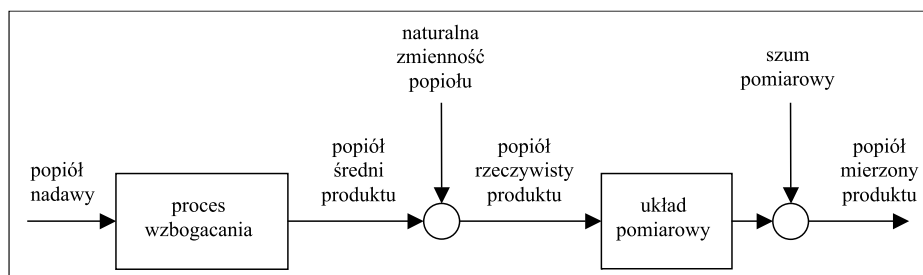
W powszechnym rozumieniu zagadnienia węgiel posiada parametry jakościowe określone w dokumentach handlowych. Najważniejszym w tych parametrach jest zawartość popiołu. W rzeczywistości zawartość popiołu jest bardzo zmienna nawet w niedużych partiach, co powoduje, że średnia zawartość popiołu dla danej partii jest znana ze stosunkowo dużym błędem. Cena węgla uzależniona jest od zawartości popiołu, co w takiej sytuacji powinno powodować, że w zakresie błędu pomiaru zawartości popiołu cena ta powinna być stała. Nieuwzględnianie tego błędu prowadzi to do istnienia obrotu „wirtualną” jakością. Bardzo podobne zjawiska związane są ze zmiennością zawartości wilgoci.

Niniejszy referat ma pokazać, że czysto techniczne spojrzenie na przedstawiane problemy, wydawałoby się tylko ekonomiczne, może dać pogląd inny od powszechnie spotykanego wśród osób profesjonalnie zajmujących się obrotem węglem.

1. Model zmienności zawartości popiołu

Zakład przerobczy lub też pewny, wydzielony jego fragment może być potraktowany jako obiekt regulacji zawartości popiołu w produkcji opuszczającym zakład lub jego wydzieloną instalację. Wszystkie zakłócenia oddziałujące na proces produkcji mogą być przedstawione jako jedno sumaryczne zakłócenie działające na wyjście obiektu. Schemat pomiaru zawartości popiołu w takim obiekcie przedstawia rysunek 1.

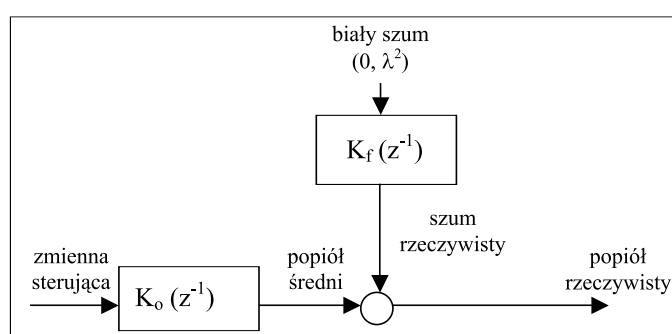
Takie podejście do zagadnienia zakłóceń stwarza możliwość zastosowania względnie prostego modelu toru zakłóceń o ile spełnia on warunek, jakim jest stacjonarność zakłóceń. Stacjonarność tę prawie zawsze daje się osiągnąć przez różnicowanie pierwotnego zakłócenia



Rys. 1. Schemat pomiaru zawartości popiołu w produkcie procesu wzbogacania węgla

Fig. 1. Diagram of ash content measurement in product of coal beneficiation

i skompensowanie tej zmiany przez dodanie do modelu toru zakłóceń dynamicznego członu sumowania kompensującego różnicowanie. Taki model [10] jest liniowym filtrem, od którego żąda się tylko, aby był odwracalny, co sprowadza się do innego warunku by jego transmitancja była nieminimalnofazowa. Ważną korzyścią z zastosowania tego modelu jest postać sygnału zakłócenia modelu, którym jest biały szum o wartości średniej 0 i wariancji λ^2 . Wyznaczenie parametru λ^2 tego modelu jest względnie proste i daje bardzo istotną informację o zakresie możliwości skompensowania tego zakłócenia przez użycie układu regulacji automatycznej oraz także wskazuje jak trudny może być prawidłowy pomiar zawartości popiołu. Schemat obiektu regulacji z tak przekształconym torem zakłóceń przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Schemat obiektu regulacji popiołu z przekształconym modelem toru zakłóceń
 $K_o(z^{-1})$ – dyskretna transmitancja obiektu regulacji; $K_f(z^{-1})$ – dyskretna transmitancja filtra w torze zakłóceń

Fig. 2. Diagram of ash control object with converted model of disturbances route

Szum nakładający się na wartość średnią zawartości popiołu jest naturalną cechą węgla, powodowaną przez różne przyczyny, z których najważniejszą jest losowa zmienność udziałów cząstek o stałej zawartości popiołu oraz bardzo słaba korelacja między gęstością i zawartością popiołu w wąskich klasach densymetrycznych, w wyniku czego nawet proces idealnego wzbogacania nie usuwa wszystkich przyczyn zmienności zawartości popiołu w produktach wzbogacania.

Taki model może być rozważany także, gdy zamiast zawartości popiołu rozważany jest dwuwymiarowy wektor, którego składowymi są zawartość popiołu i zawartość wilgoci.

2. Wariancje zmian popiołu w partiach węgla o różnej wielkości

Rozważmy przykładowy zbiór dwu rodzajów cząstek (ziaren): czystego węgla o zawartości popiołu 4% i czystego kamienia o zawartości popiołu 90% tworzących pewien teoretyczny koncentrat węglowy. Zbiór takich cząstek, w których udział czystego węgla wynosi 95% posiada wartość średnią popiołu 8,3% i wariancję $355\%^2$ (odchylenie standardowe wynosi 18,8%). Rozkład ilości cząstek kamienia i zawartości popiołu w tym koncentracie jest rozkładem Poissona. Taki też rozkład wystąpi w np. najbardziej prawdopodobnej próbce 100 ziaren losowo pobranych z tego zbioru. Z centralnego twierdzenia granicznego (Lindberga-

-Levy'ego) [2] wynika, że ciąg średnich arytmetycznych z prób n -elementowych z populacji o dowolnym rozkładzie, mającym wartości oczekiwane μ i wariancje skończone $\sigma^2 > 0$ dąży według prawdopodobieństwa do zmiennej losowej o rozkładzie normalnym o parametrach μ i $\frac{\sigma^2}{\sqrt{n}}$. Jak widać wartość oczekiwana średniej nie zależy od ilości elementów składających się na średnią, natomiast wariancja średniej maleje wraz ze zwiększaniem się ilości elementów wziętych do tej średniej.

Zależność tę można wykorzystać do oszacowania masy próbki niezbędnej do pomiaru zawartości popiołu z określoną dokładnością. Jeżeli pominąć błąd pomniejszania próby i błąd ważenia próbki przed i po spaleniu, co oznacza przyjęciu tezy, że błąd reprezentatywności próbki jest podstawowym błędem tej metody, to przy poziomie ufności 0,95 odchylenie standardowe próbki musi być mniejsze 2 razy od wymaganej dokładności pomiaru. Stąd dla osiągnięcia dokładności pomiaru $\pm 1\%$ zawartości popiołu próbka musi być większa od 1420 ziaren, a dla dokładności $\pm 0,1\%$ większa od 142 000 ziaren. Jeżeli weźmiemy pod uwagę ziarna sześciennie dwumilimetrowe to ich masy wyniosą odpowiednio 14,2 g i 1,42 kg, a dla ziaren dwudziestomilimetrowych 14,2 kg i 1,42 Mg. Biorąc pod uwagę wielkości próbek pobieranych zwykle w kopalnianych laboratoriach kontroli jakości można z całą pewnością wykluczyć możliwość osiągnięcia dokładności $\pm 0,1\%$ i przyjąć, że osiągnięta dokładność może być lepsza od $\pm 1\%$ zawartości popiołu. Jednakże przedstawione oszacowanie zakłada, że główną przyczyną zmienności popiołu w koncentracji jest spowodowane zmiennością ilości cząstek kamienia, co nie jest prawdą. Z przeprowadzonych badań [1] wynika, że podstawową przyczyną zmienności zawartości popiołu w koncentracji jest zmienność popiołu we frakcjach gęstościowych o stałej gęstości. Jest to przyczyna całkowicie niezależna od popiołu spowodowanej zmiennością zawartości frakcji odpadowych, więc można przypuszczać, że całkowita zmienność zawartości popiołu jest znacznie większa. Stąd też uzasadnione będzie stwierdzenie, że faktyczna dokładność pomiaru zawartości popiołu metodą klasyczną jest znacznie gorsza od dokładności wynikającej z przedstawionej powyżej oszacowania.

3. Źródła błędów pomiaru zawartości popiołu

Ze schematu na rysunku 1 wynika, że wykonanie pomiaru nieznannej zawartości popiołu sprowadza się do wyznaczenia optymalnej estymaty sygnału przyrządu pomiarowego. Jako optymalną estymatę rozumie się estymatę o minimalnej wariancji. Stąd zagadnienie wykonania pomiaru z minimalnym błędem może być rozwiązane przez zastosowanie filtracji Kalmana.

Dla metody wzorcowej, klasycznej (oznaczenie popiołu przez spalanie), jedynej dopuszczonej do rozliczeń handlowych, istnieją dwa podstawowe błędy:

- ✧ błąd reprezentatywności próbki wziętej do spalania,
- ✧ błąd pomiaru popiołu (błędy ważenia próbki przed i po spaleniu).

Ze względu na wysoką dokładność używanych wag błędy ważenia są do pominięcia. Jednakże w powszechnym rozumieniu jako błąd metody wzorcowej przyjmowany jest właśnie błąd ważenia, czyli faktycznie błąd pomijalny. Sytuacja taka jest skutkiem tego, że laboratorium przedstawia wynik pomiaru z dokładnością jednego lub (niestety części) dwu miejsc po

przecinku. Jest to także skutek pewnego bezsensownego i niestety powszechnie stosowanego w teorii wzbogacania grawitacyjnego przedstawiania wyników analiz składu densymetrycznego i ziarnowego węgla surowego i produktów wzbogacania z dokładnością do dwu miejsc po przecinku. Dotyczy to zarówno dokładności przedstawiania wychodów, jak i zawartości popiołu.

O ile błąd ważenia jest względnie łatwy do oszacowania to cechy tej nie posiada błąd reprezentatywności próbki. Błąd ten jest błędem wyznaczenia wartości oczekiwanej w populacji generalnej o nieznanym rozkładzie na podstawie pewnej ilości próbek pomiarowych [12, 3]. Statystyki tych próbek (najczęściej wartość średnia i wariancja) służą do oszacowania tych parametrów w populacji generalnej. Stosowane reguły wnioskowania statystycznego pozwalają na ocenę tych parametrów z określonym prawdopodobieństwem będącym funkcją żądanej dokładności pomiaru. W poprzednim punkcie uzasadniono, że zastosowanie formalnie poprawnych reguł wnioskowania statystycznego nie jest gwarancją poprawnie wykonanego pomiaru, konieczne jest bowiem, aby te reguły były stosowane w każdej czynności mającej wpływ na wynik pomiaru. Regułą jest, że obecnie dąży się do minimalizacji kosztu utrzymania laboratorium ruchowego, co bardzo źle odbija się na ilości, a w związku z tym także dokładności wykonywanych pomiarów. Skromna liczba wykonywanych pomiarów na ogół uniemożliwia jakąkolwiek statystyczną ocenę dokładności. Sensownym wyjściem z tej sytuacji jest zastosowanie popiołomierzy (i także wilgociomierzy) w sposób ciągły dokonujących tych pomiarów w strudze węgla. Jednakże tutaj natychmiast pojawiają się dwa podstawowe problemy. Pierwszy z nich to zagadnienie formalnoprawne, aktualnie nie pozwalające uznać wyniku popiołomierza radiometrycznego jako obowiązującego w rozliczeniach. Drugi to sprawa oszacowania rzeczywistej dokładności popiołomierza radiometrycznego. Jest oczywiste, że dwa błędy takiego urządzenia są nie do uniknięcia. Pierwszy z tych błędów wynika z losowego przebiegu intensywności emisji źródła promieniowania. Zastosowane źródła o odpowiednio dużej intensywności emisji i uśrednianie wyników pomiarów chwilowych zmniejszają ten błąd do pomijalnych wartości. Drugi z tych błędów jest niejako błędem wzorca. Błąd ten jest powodowany tym, że substancja mineralna w węglu ma zmienny skład chemiczny, co skutkuje tym, że po spaleniu z tej samej ilości substancji mineralnej uzyskuje się różne ilości popiołu. Oba te błędy są w całości wliczane do błędu popiołomierza radiometrycznego, co jest naturalne i prawidłowe. Natomiast nie całkiem prawidłowe jest wliczanie do błędu popiołomierza znacznej części błędu reprezentatywności próbki pobieranej do analizy klasycznej. Jeżeli analizy klasyczne wykonywane są przez dwa niezależne laboratoria to według obecnie stosowanych norm odliczany jest błąd wynikający z różnicy oznaczeń między wynikami obu laboratoriów. Rezultatem tego jest zaniżenie faktycznej dokładności popiołomierza radiometrycznego.

Powyższa sytuacja nie miałaby miejsca, gdyby istniały wzorce zawartości popiołu dla popiołomierzy radiometrycznych. Można przypuszczać, że skalowany statycznie popiołomierz radiometryczny z użyciem takiego wzorca może mieć mniejsze błędy pomiaru niż ten sam popiołomierz skalowany dynamicznie z użyciem jako wzorca klasycznej metody oznaczania zawartości popiołu. Trzeba jednak zaznaczyć, że takie podejście do pomiaru zawartości popiołu ma wielu przeciwników, ponieważ utożsamia ten pomiar z pomiarem zawartości substancji mineralnej.

Do rozważenia pozostaje także sprawa reprezentatywności próbki, na podstawie której popiołomierz radiometryczny oblicza wartość średnią. Uwzględniając geometrię strefy pomiarowej najlepszą reprezentatywność posiada popiołomierz mierzący naturalne promieniowanie węgla [8]. Jednakże ten typ popiołomierza daje znacząco większe pozostałe błędy pomiaru w stosunku do popiołomierzy używających izotopowych źródeł promieniowania. Niewiele gorszą reprezentatywność posiadają popiołomierze rozproszeniowe, zarówno pod- jak i nadtaśmowe. Oddziaływująca na wynik pomiaru część węgla na przenośniku taśmowym wynosi od 40–60%. Najgorsze pod tym względem właściwości mają popiołomierze absorpcyjne, które są zdecydowanie najlepsze pod pozostałymi względami, a przede wszystkim mało wrażliwe na warstwowe ułożenie na taśmie różnych węgli. W tym przypadku ilość węgla decydująca o wyniku pomiaru wynosi kilka procent całości węgla na taśmociągu. Jednakże wszystkie typy popiołomierzy mają ten parametr znacząco lepszy od metody klasycznej, gdzie ilość materiału decydująca o wyniku pomiaru z reguły jest znacznie poniżej 0,1%. Ważne jest także to, że w trakcie operacji pomniejszania próbki pomiarowej koniecznej w metodzie klasycznej wprowadzane są trudne do oszacowania dodatkowe błędy [11].

4. Maksymalna częstotliwość próbkowania jako ograniczenie dokładności pomiaru zawartości popiołu

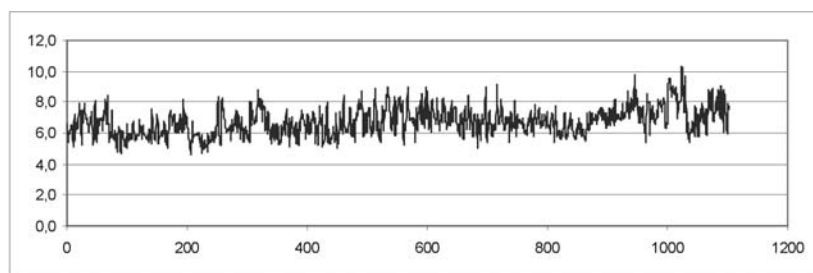
Trudności w dokładnym pomiarze zawartości popiołu można przedstawić także w zupełnie inny sposób. Kolejne wyniki pomiaru zawartości popiołu uszeregowane w czasie można potraktować jako ciąg czasowy kolejnych średnich z okresu między kolejnymi pomiarami. Ciąg ten dać się przedstawić jako suma wartości średniej, trendu i stochastycznego zakłócenia [10, 15].

Przykład takiego ciągu pochodzący z pomiarów wykonanych w jednym zakładów przerobowych węgla koksowego przedstawiony jest na rysunku 3. Już na pierwszy rzut oka widać, że ciąg zawiera sporą składową stochastyczną. Tę wyodrębnioną składową przedstawiono na rysunku 4. Składowa ta nie jest wynikiem prostego odjęcia składowej zmiennej z ciągu przedstawionego na rysunku 3, gdyż tak otrzymany sygnał nie spełnia warunku stacjonarności.

W tym przypadku stacjonarność uzyskano przez jednokrotne różnicowanie ciągu pochodzącego z pomiaru. Otrzymana w wyniku tej operacji składowa losowa posiada większą wariancję niż niestacjonarna składowa otrzymana w wyniku prostego odjęcia składowej zmiennej.

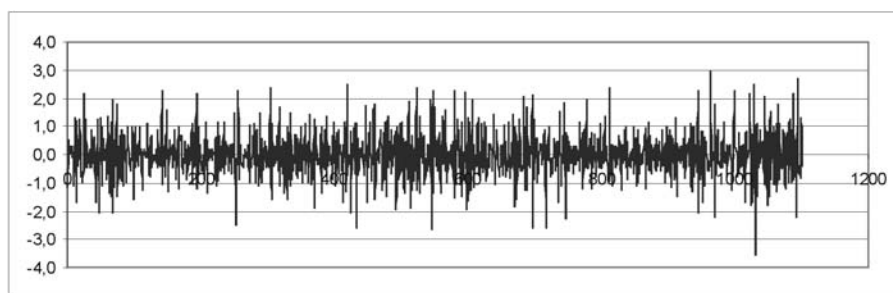
Wartość średnia i trend są składowymi o bardzo niskiej częstotliwości, natomiast zakłócenie posiada bardzo znaczny udział szumu białego, który zawiera składowe także o bardzo wysokiej częstotliwości. Do dokładnego obliczenia wartości średniej pewnego fragmentu czasowego przebiegu zmian zawartości popiołu konieczne jest jego próbkowanie z częstotliwością co najmniej dwukrotnie wyższą od najwyższej częstotliwości występującej w próbkowanym sygnale.

Konieczność taka wynika bezpośrednio z twierdzenie Shannona-Kotelnikowa [9]. Jednakże istotne składowe tak wysokiej częstotliwości nie dają się zmierzyć ze względu na konieczność uśredniania przez popiołomierz radiometryczny. Gdyby pomiar ten chciał wykonać metodą klasyczną, to byłby on też niewykonalny nie tylko ze względu koszt wykonania



Rys. 3. Zmienność średniej zawartości popiołu w 180-tonowych partiach koncentratu węgla koksowego

Fig. 3. Variability of average ash content in 180 Mg amounts of cooking coal concentrate



Rys. 4. Stacjonarny szum nakładający się na średnią wartość popiołu

Fig. 4. Stationary noise connected with average value of ash content

ogromnej ilości oznaczeń popiołu dla obliczenia jednej średniej, lecz także na czas, w którym trzeba znać wynik pomiaru. Ponadto metoda klasyczna także wprowadza uśrednienie wynikające z masy próbki pierwotnej i błędy powstające w trakcie operacji pomniejszania tej próbki.

Podsumowując te rozważania trzeba stwierdzić, że nawet dysponując przyrządami pomiarowymi o zerowym błędzie statycznym nie jest możliwe dokładne wyznaczenie wartości średniej z przebiegu zmiennego w czasie z powodu znacznego udziału szumu o wysokiej częstotliwości.

Jakkolwiek powyższe rozważania dotyczą dokładności pomiaru popiołu, to można je przenieść także na pomiary zawartości wilgoci.

Z przedstawionych powyżej rozważań wynika jednoznacznie, że nie jest możliwy pomiar zawartości popiołu z dowolnie małym błędem, a faktycznie wykonywane pomiary są obciążone tak dużym błędem, że konieczne jest jego uwzględnienie w rozliczeniach handlowych.

5. Błąd ceny węgla

Błędy popełniane w pomiarze zawartości popiołu, wilgoci, zawartości siarki oraz wartości opałowej węgla powodują, że zależne od wyników tych pomiarów ceny węgla też powinny być ustalone z dokładnością wynikającą z tych pomiarów. Niemożliwość ustalenia ceny z dowolnie dużą dokładnością w dalszych rozważaniach nazywana jest błędem ceny węgla.

Ceny węgla koksowego wyznaczone są na podstawie formuły sprzedażnej [7]:

$$C_j = C_{wk} \left(1 - \frac{A-6}{50} - \frac{S}{20} - \frac{W-8}{100} \right)$$

gdzie: C_{wk} – cena węgla wskaźnikowego ($A = 6\%$, $S = 1\%$, $W = 8\%$),
 A – zawartość popiołu,
 S – zawartość siarki,
 W – zawartość wilgoci,

lub

$$C_j = C_{wk} \left(1 - \frac{A-7,5}{50} - \frac{S-0,8}{20} - \frac{W-8}{100} - \frac{V-28}{100} \right) k_{FSI}$$

gdzie: C_{wst} – cena węgla standardowego ($A = 7,5\%$, $S = 0,8\%$, $W = 8\%$, $V = 28\%$),
 V – zawartość części lotnych,
 k_{FSI} – współczynnik korygujący (0,95, 0,90),
 a pozostałe oznaczenia jak poprzednio.

Maksymalna możliwa zmiana ceny wywołana błędami pomiaru zawartości popiołu, siarki i wilgoci wyniesie:

$$\Delta C_j \cong \frac{\partial C_j}{\partial A} |\Delta A| + \frac{\partial C_j}{\partial S} |\Delta S| + \frac{\partial C_j}{\partial W} |\Delta W| = k |\Delta A| + m |\Delta S| + n |\Delta W|$$

$$k = \frac{C_{wk}}{50} \quad m = \frac{C_{wk}}{20} \quad n = \frac{C_{wk}}{100}$$

$$\Delta C_j = \frac{C_{wk}}{100} (|\Delta W| + 2|\Delta A| + 5|\Delta S|)$$

błąd względny ceny δC_j jest zależny od błędów pomiaru parametrów jakościowych i wynosi:

$$\delta C_j = \frac{\Delta C_j}{C_{wk}} = \frac{(|\Delta W| + 2|\Delta A| + 5|\Delta S|)}{100}$$

Biorąc pod uwagę minimalne błędy pomiarów wynoszące:

$$\Delta A = 1,5\% \quad \Delta W = 1\% \quad \Delta S = 0,1\%$$

całkowity maksymalny błąd względny ceny wynosi 4,5%.

Dla ceny węgla wynoszącej np. 400 zł/Mg błąd ceny wynosi ± 18 zł. Przy rozliczeniu dziennej produkcji np. 10 000 Mg daje to kwotę $\pm 180 000$ zł. Liczba ta pozostaje w rażącej dysproporcji do praktyki rozliczeń, gdzie stosuje się rozliczenia z dokładnością do grosza.

Podany przykład dotyczy minimalnych błędów pomiaru, podczas gdy zwykle są one około dwukrotnie większe.

Dla formuły sprzedażnej węgla do koksowania błąd ceny jest liniową funkcją błędów poszczególnych przyrządów pomiarowych. Takiej cechy nie ma błąd ceny dla formuły sprzedażnej węgla energetycznego.

Dla węgla energetycznego proponowana jest formuła:

$$C_j = C_{wst} \frac{Q}{23\,600} \left(1 - \frac{W-10}{100} \right) - w_A \frac{A-24,4}{50} - w_S \frac{S-1}{20}$$

Uwzględniając, że:

$$Q = Q_0 - aA - bW$$

zauważamy, że formuła ta jest nieliniowa także po wyeliminowaniu z niej wartości opałowej. Powoduje to, że błąd ceny będzie zależny od mierzonych parametrów węgla. Maksymalny błąd pomiaru wystąpi, gdy znak błędu pomiaru wartości opałowej jest różny od znaków błędów pomiaru popiołu i wilgoci. Obliczając błąd względny w punkcie $Q = 23\,600$ kJ, $W = 10\%$, $A = 24,4\%$ dla typowych błędów przyrządów pomiarowych jak w przykładzie dla węgla koksowego otrzymujemy wartość 2,1%. Dla ceny węgla standardowego 200 zł/Mg błąd ceny wynosi 4,2 zł/Mg. Tak więc rozliczenie dziennej produkcji 10 000 Mg nastąpi z błędem $\pm 42\,000$ zł.

W praktyce jakość węgla energetycznego najczęściej jest oceniana tylko na podstawie pomiaru wartości opałowej. W takiej sytuacji dokładność całkowita jest ponad dwukrotnie wyższa, ponieważ, nie sumują błędy kilku pomiarów.

6. Propozycja innego ustalania cen węgla

Z przedstawionych wyżej rozważań jasno wynika konieczność podania propozycji innego sposobu rozliczeń, jeżeli cena węgla ma być związana z jego jakością.

Sensowną wydaje się być propozycja, aby rozliczenia te prowadzić w następujący sposób. Rynkowym regułem podlega cena węgla standardowego, w której także uwzględnia się wszystkie właściwości węgla mające istotne znaczenie dla odbiorcy, a których nie jesteśmy w stanie kształtować w procesie przeróbki mechanicznej. Jako taką cechę rozumie się także wartość opałową węgla suchego bezpopiołowego. Jakościowe cechy węgla wynikające z zawartości popiołu, wilgoci i siarki uwzględniane są w sposób podobny do obecnie stosowanych formuł z tą różnicą, że wprowadza się stabelaryzowane rozłączne klasy węgla, których cena jest stała w zakresie błędu pomiarowego parametru danej klasy. Klasy takie powinny być o zakresie co najmniej 1,5% dla zawartości popiołu, 1% dla zawartości wilgoci i 0,2% dla zawartości siarki.

Węgiel byłby klasyfikowany do odpowiedniej klasy na podstawie pomiaru wartości średniej danego parametru.

Podsumowanie

Przestawione w referacie propozycje zmian w sposobie rozliczania transakcji w obrocie węglem związane z jakością materiału, który jest przedmiotem obrotu handlowego, mające silne uzasadnienie w dokładności wykonywanych pomiarów mogą być trudne do zaakceptowania ze względów formalnoprawnych. Można się spodziewać, że znajdą się formalisci gotowi dowodzić, że proponowanych zmian nie dopuszcza np. ustawa o rachunkowości i może okazać się że, mają rację. Niemniej autorzy zdając sobie sprawę, że zdarzają się w naszej rzeczywistości znacznie poważniejsze niezgodności między techniczną poprawnością i obowiązującymi przepisami, to jednak racjonalizowanie urzędowej rzeczywistości można zacząć od spraw nie najważniejszych, a przez to łatwiejszych do przeprowadzenia. Jest także dla autorów oczywiste, że jeżeli podana propozycja miałaby być wdrożona do powszechnego stosowania, to konieczna jest znacznie bardziej szczegółowa analiza tego zagadnienia niż przedstawiona w niniejszej pracy. Innym rozwiązaniem pozostaje ustalanie cen tylko na zasadach rynkowych z takim zakresem tolerancji dotrzymania ustalonych parametrów jakościowych, aby był on realnie możliwy do osiągnięcia przy obecnie stosowanych metodach pomiarowych.

Literatura

- [1] BARTONIEK W., GŁOWIAK S., 2008 — Przyczyny ograniczenia skuteczności regulacji popiołu. Materiały XIV konferencji APPK, Szczyrk, s. 9–21.
- [2] BOBROWSKI D., 1980 — Probabilistyka w zastosowaniach technicznych. WNT, Warszawa.
- [3] CIERPISZ S., 1980 — Automatyzacja procesów przeróbki mechanicznej węgla. Wydawnictwo Śląsk, Katowice.
- [4] CIERPISZ S., 2004 — Błędy instrumentalnych metod pomiaru parametrów jakościowych węgla. Materiały konferencji APPK, Szczyrk.
- [5] GŁOWIAK S., 2007 — O pewnym ograniczeniu skuteczności regulacji zawartości popiołu w koncentracji węglowym. Materiały XIII konferencji APPK, Jaworze, s. 55–61.
- [6] GŁOWIAK S., 1994 — O możliwości regulacji jakości produktów wzbogacania w wodnej osadzarce pulsacyjnej wzbogacającej węgiel. Materiały XII Międzynarodowego Kongresu Przeróbki Węgla, Kraków, t. 4, s. 129–133.
- [7] KAULA R., 2004 — Analiza wrażliwości układów technologicznych przeróbki węgla dla różnych formuł sprzedażnych. Materiały X konferencji APPK, Szczyrk, s. 109–121.
- [8] KRYCA M., GOLA M., SIKORA T., 2008 — Ocena pomiarów zawartości popiołu w węglu wykonanych metodami radiometrycznymi. Materiały XIV konferencji APPK, Szczyrk, s. 149–166.
- [9] NIEDERLIŃSKI A., 1985 — Systemy komputerowe automatyki przemysłowej. t. 2, WNT, Warszawa.
- [10] NIEDERLIŃSKI A., 1983 — Systemy i sterowanie. Wstęp do automatyki i cybernetyki technicznej. PWN, Warszawa.
- [11] TUMIDAJSKI T., 1993 — Zastosowanie metod statystycznych w analizie procesów przeróbki surowców mineralnych. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice.

- [12] ZAPAŁA W., 2002 — Filtracja cyfrowa sygnału radiometrycznego popiołomierza radiometrycznego. Materiały VIII konferencji APPK, Szczyrk.
- [13] ZAPAŁA W., 1999 — Jeden ze sposobów zmniejszenia błędów pomiaru zawartości popiołu w strudze węgla transportowanego przenośnikiem taśmowym. Materiały V konferencji APPK, Szczyrk.
- [14] ZAPAŁA W., 1988 — Opracowanie i cyfrowe badania symulacyjne algorytmów sterowania procesu wzbogacania węgla z wykorzystaniem pomiaru rozkładu frakcji densymetrycznych w łóżu osadzarki. Praca doktorska. Instytut Elektryfikacji i Automatykacji Górnictwa, Gliwice.

Stanisław GŁOWIAK, Zygmunt ŚMIEJEK

Coal prices taking consideration to measurement accuracy of ash content

Abstract

In this paper basing on problems of enrichment solved by processing engineering a new view on method of coal commercial transactions settlement has been presented.

A different proposal from the formulas being applicable of coal prices calculation is based on a new approach to features of enriched cooking and steam coal. We are accustomed to treat different digital parameters we are provided with to be an error-free. In most cases error existence in this measurement is not of a great importance.

This results also from the fact that relative accuracy of this measurements is very high and therefore price difference resulting from taking consideration to this measurement error can be overlooked.

However, from a commercial point of view we pay attention to this fact, for example if we require certain surplus of weighting material and we cannot trust indications of scale. We are in a worse situation if we try to assess quality parameters of a product we buy such as sugar, flour, petrol, alcohol etc.

In coal trade turnover a big amount of parameters important for receiver is a natural feature of coal which we are unable to change. However, we can form two of them in certain range. It is ash content and humidity. Partially it concerns sulphur contents which is connected with ash content. The first parameter i.e. ash content is encumbered with significant relative error of measurement. Apart from this a big component of noise of a high frequency superimposed over average value of ash content is a source of additional error of measurement which will exist even for an error-free static measurement apparatus. In case of works commencement over a new price formula this paper can be treated as one of points defining and justifying its *raison d'être* and guidelines for software calculation.

KEY WORDS: mining, coal processing, coal prices

