

Stanisław ŁOPATA

Instytut Aparatury i Energetyki, Politechnika Krakowska

WYKORZYSTANIE WIELOFUNKCYJNYCH ANALIZATORÓW SPALIN DO KONTROLI PRACY KOTŁÓW OPALANYCH RÓŻNYMI PALIWAMI RÓWNOCZEŚNIE

Streszczenie. W pracy przedstawiono możliwość zastosowania wielofunkcyjnych analizatorów spalin do kontroli procesu spalania w kotłach i innych urządzeniach energetycznych opalanych mieszaninami paliw. Dla równoczesnego spalania pyłu węgla kamiennego i gazu wielkopieczowego, przy różnych wzajemnych udziałach, wyznaczono wartości CO_{2max} i współczynnika K występującego we wzorze Siegerta. W przedstawionym przykładzie wykorzystania tych parametrów uzyskano zadowalającą dokładność obliczanych wielkości.

USE OF MULTIFUNCTION COMBUSTION GAS ANALYSER IN EVALUATION OF FUNCTIONING OF STEAM BOILERS POWERED SIMULTANEOUSLY BY DIFFERENT FUELS

Summary. This paper presents some possibilities of use of multifunction combustion gas analyser to evaluate burning process in steam boilers and other combustion appliances powered by compound of fuels. For the case of simultaneous combustion of pulverised coal and blast-furnace gas, content of CO_{2max} and value of K -coefficient in Siegerts equation have been established for different proportion of both fuels. In experiment presented both parameters have been used as input values for gas analyser. Results obtained showed acceptable accuracy.

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ ГАЗА ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАБОТЫ КОТЛОВ СЖИГАЮЩИХ РАЗНЫЕ ТОПЛИВА ОДНОВРЕМЕННО

Резюме. В работе представлено возможность применения многофункциональных анализаторов газа для контроля процесса сгорания в котлах и других энергетических аппаратах при совместном сжигании разных видов топлива. Для каменного угля и доменного газа для разных взаимных их долей определено значения CO_{2max} и коэффициента K из

формулы Зигерта. В представленном примере использования этих топливных характеристик получено удовлетворительную точность исчисляемых величин.

WSTĘP

W kraju coraz szerzej stosowane są różnego rodzaju wielofunkcyjne, komputerowe analizatory spalin, jak np.: MADUR GA-60, ECOM SG-Plus, ENERAC 2000. Pozwalają one kontrolować nie tylko skład spalin, ale dzięki dodatkowemu wyposażeniu i oprogramowaniu mogą być wyznaczane także inne interesujące wielkości charakteryzujące proces spalania paliw w kotłach i wielu innych urządzeniach. Dlatego też wykorzystanie tych stosunkowo prostych w obsłudze przyrządów pomiarowych przez służby eksploatacji, kontroli lub diagnostyki zakładów umożliwia na bieżąco analizowanie i optymalizowanie warunków pracy zainstalowanych jednostek, kontrolowanie procesu spalania w nich, dokonywanie porównań między nimi, ocenianie np. nieszczelności kanałów spalinowych lub stopnia zanieczyszczenia powierzchni ogrzewalnych itd. Należy jednakże zauważyć, że przyrządy, o których mowa, pozwalają standardowo wyznaczać pewne wielkości przy opalaniu kotłów i innych urządzeń energetycznych określonym rodzajem paliwa. Jak ogólnie wiadomo, jego skład i własności mogą dość znacznie różnić się nawet przy jednym gatunku. Zatem dokładność niektórych wyników będzie zależeć znacznie od znajomości i poprawnych wartości wielkości charakteryzujących paliwa i proces ich spalania, w tym zwłaszcza różnych mieszanin.

WIELOFUNKCYJNE PRYZRZĄDY DO KONTROLI PROCESU SPALANIA

Wielofunkcyjne przyrządy, zwane też np. układami analizy emisji, są zwykle przenośne, w pełni samowystarczalne i nie wymagają zasilania sieciowego. Najczęściej mogą współpracować z suszarkami zasysanego gazu. Są sterowane mikroprocesorowo. Wszystkie ich elementy umieszczone są w walizkowej obudowie zabezpieczającej przed przypadkowymi uszkodzeniami i ułatwiającej transport. Cechuje je duża trwałość i odporność na agresywne otoczenie. Sprawia to, że nadają się do pracy w kotłowniach. Na wyposażeniu takich przyrządów znajduje się sonda służąca do poboru gazów spalinowych zasysanych pompką. Ich temperatura mierzona jest w miejscu odsysania termoparą wbudowaną w sondę, dla której maksymalna temperatura może wynosić np. 1200°C [1]. Przyrządy wyposażone są także w czujnik do pomiaru temperatury otoczenia, w którym są umiejscowione. Przy wykorzystaniu przedłużacza możliwy jest pomiar temperatury w innym miejscu, np. temperatury powietrza wlotowego do kotła.

Omawiane przyrządy umożliwiają pomiar stężeń chwilowych wielu składników analizowanych gazów, np. O_2 , CO , NO , NO_2 , SO_2 , C_xH_x . Zależy to od zainstalowanych czujników, tzw. sensorów. Zakres pomiarowy, wprowadzany dla nich przez użytkownika za pomocą klawiatury, pozwala ochraniać je przed zbyt dużymi stężeniami w trakcie krótkotrwałych stanów pracy badanej instalacji. Ponadto, jedne z tych przyrządów umożliwiają np. szacunkowy pomiar zapylenia oraz pomiar ciśnienia różnicowego, czyli pośrednio pozwalają określać prędkość przepływu spalin w kanale [1], inne, np. pomiar ciągu kominowa, liczbę sadzy, pochodne oleju [2].

Pewne wielkości, charakteryzujące proces spalania i wskazywane przez te przyrządy, są obliczane. Są to zwykle: zawartość w gazie dwutlenku węgla, współczynnik nadmiaru powietrza, strata kominowa (wylotowa), sprawność spalania (uwzględnia się tylko stratę wylotową). Ponadto mogą to być, np.: strata niepełnego spalania, sprawność tzw. skorygowana (uwzględniająca obie wymienione straty), suma tlenków azotu.

Można dodać, że stężenia mierzonych składników gazów mogą być podawane również jako bezwzględne stężenia masowe odniesione do zawartości tlenu w analizowanym gazie. Wielofunkcyjne przyrządy pozwalają także otrzymywać uśrednione wyniki pomiarów i obliczeń dla zadanego czasu uśredniania.

Wszystkie wyniki mogą być wyświetlane na ciekłokrystalicznych ekranach wyświetlaczy oraz zapamiętywane w pamięciach operacyjnych. Te ostatnie mają najczęściej duże możliwości umożliwiające gromadzenie i przechowywanie dużej liczby wyników nawet po wyłączeniu przyrządów. Efekty mogą być także wyprowadzone, dzięki wbudowanym drukarkom termicznym, jako wydruk protokołu wartości emisji i wielkości obliczonych wraz z datą, czasem, typem przyrządu i innymi danymi. W niektórych przypadkach możliwe jest zobrazowanie i wydruk zmian w czasie pomiarów wartości poszczególnych wielkości w postaci wykresów.

Najczęściej przyrządy takie posiadają również wbudowane złącza standardowe umożliwiające połączenie ich z rejestratorami i z komputerem.

PARAMETRY PALIW

Przy stosowaniu wielofunkcyjnych przyrządów niezbędny jest wybór odpowiedniego rodzaju paliwa. Jest to konieczne, gdyż określające go parametry wykorzystywane są do obliczeń. Wskazanie danego paliwa jednoznacznie je precyzuje. Stąd też niewłaściwy jego wybór będzie powodował, że wartości pewnych wielkości opisujących proces spalania będą obarczone błędami. Parametry, o których mowa powyżej to:

- maksymalna zawartość dwutlenku węgla w spalinach (CO_{2max}) wykorzystywana do obliczania stężenia dwutlenku węgla CO_2 w gazie ze wzoru:

$$\text{CO}_2 = \text{CO}_{2\text{max}} \left(1 - \frac{\text{O}_2}{20,95}\right), \% \quad (1)$$

- współczynnik K występujący we wzorze Siegerta pozwalającym określić stratę wylotową (kominową):

$$S_k = K \frac{t_{\text{sp}} - t_0}{\text{CO}_2}, \% \quad (2)$$

- wartość tlenu odniesienia $\text{O}_{2\text{odn}}$ wykorzystywana do obliczania względnej zawartości poszczególnych składników wg zależności:

$$Y = A_x \cdot X \cdot \frac{20,95 - \text{O}_{2\text{odn}}}{20,95 - \text{O}_2}, \text{mg/m}^3 \quad (3)$$

- współczynnik α we wzorze służącym do obliczania straty niezupełnego spalania:

$$S_{\text{CO}} = \alpha \frac{\text{CO}}{\text{CO}_2 + \text{CO}}, \% \quad (4)$$

gdzie we wzorach (1) – (4):

- O_2 – zawartość tlenu zmierzona w pomiarze bezpośrednim, %,
- 20,95 – zawartość tlenu w czystym powietrzu, %,
- t_{sp}, t_0 – zmierzona temperatura, odpowiednio: spalin i otoczenia (w przypadku tej ostatniej lepiej powietrza kierowanego do kotła), °C,
- X – oznaczenie składnika gazu, np. CO, SO₂, NO itd., ppm,
- Y – zawartość składnika X w odniesieniu do zawartości tlenu, mg/m³,
- A_x – współczynnik umożliwiający przeliczenie stężenia składnika X wyrażonego w ppm na jego bezwzględne stężenie masowe w warunkach normalnych (760 mmHg, 0°C) wyrażone w mg/m³ (np.: dla $X = \text{CO}$ $A_x = A_{\text{co}} = 1,250 \text{ mg/m}^3\text{ppm}$, dla $X = \text{NO}$ $A_x = A_{\text{NO}} = 1,340 \text{ mg/m}^3\text{ppm}$), mg/m³ppm,
- $\text{O}_{2\text{odn}}$ – tlen odniesienia (parametr wybierany poprzez wskazanie paliwa lub podawany niezależnie z klawiatury), %.
- CO_2 – zawartość dwutlenku węgla w spalinach wyznaczana ze wzoru (1), %
- CO – zawartość tlenku węgla w spalinach, %

Najczęściej definiowane są trzy pierwsze parametry z wymienionych powyżej. Czwarty wymagany jest np. w przyrządzie MADUR GA-60 [1].

Powyższe parametry paliw nie mają żadnego wpływu na wyniki pomiarów, np. temperatur i składu spalin (naturalnie z wyjątkiem stężenia CO₂). Wpły-

wają natomiast na wielkości obliczane, opisane wzorami (1) – (4) oraz na wartości, np.:

- współczynnika nadmiaru powietrza wyznaczanego ze wzoru:

$$\lambda = \frac{\text{CO}_{2\text{max}}}{\text{CO}_2} \quad (5)$$

- sprawności spalania:

$$\eta = 100 - S_k, \% \quad (6)$$

- sprawności skorygowanej:

$$\eta_{\text{kor}} = \eta - S_{\text{CO}} = 100 - S_k - S_{\text{CO}}, \% \quad (7)$$

W pamięciach przyrządów znajdują się wstępnie zaprogramowane parametry szeregu paliw stałych, ciekłych i gazowych. Ponadto często możliwe jest zadawanie ich przez użytkownika przed pomiarami z ewentualnym ich zapamiętaniem. Tym samym istnieje możliwość pomiarów emisji i oceny procesu spalania w urządzeniach pracujących ze specjalnymi rodzajami paliw.

Wartości parametrów niektórych paliw podano poniżej [1–5]:

| Rodzaj paliwa | CO _{2max} , % | K, % ² /°C |
|-------------------|------------------------|-----------------------|
| Węgiel kamienny | 18,5 – 19,6 | 0,672 – 0,683 |
| Węgiel brunatny | 19,1 | 0,988 – 1,113 |
| Koks | 18,8 | 0,75 |
| Węgiel drzewny | 19,4 | 0,65 |
| Drewno (suche) | 20,9 | 0,69 |
| Olej opałowy | 15,2 – 16,0 | 0,58 – 0,64 |
| Mazut | 18,0 | 0,65 |
| Gaz ziemny | 11,5 – 12,5 | 0,42 – 0,48 |
| Gaz miejski | 10,0 – 10,1 | 0,32 – 0,39 |
| Gaz wielkopiecowy | 24,5 – 24,8 | 1,45 |
| Gaz koksowniczy | 10,0 – 10,2 | 0,39 |
| Biogaz | 11,7 | 0,71 |

Podawane wartości α i O_{2odn} wynoszą [1]:

- dla paliw stałych: $\alpha = 69$, O_{2odn} = 11%,
- dla paliw ciekłych: $\alpha = 52$, O_{2odn} = 3%,
- dla paliw gazowych: $\alpha = 32$, O_{2odn} = 3%.

Należy zauważyć, że w literaturze brak jest takich parametrów dla mieszanin paliw. Opalanie kotłów i wielu innych urządzeń różnymi paliwami jedno-

częściej jest często spotykane w przemyśle [6, 7]. W takiej sytuacji brak odpowiednich danych ogranicza pełne wykorzystanie omawianej grupy przyrządów.

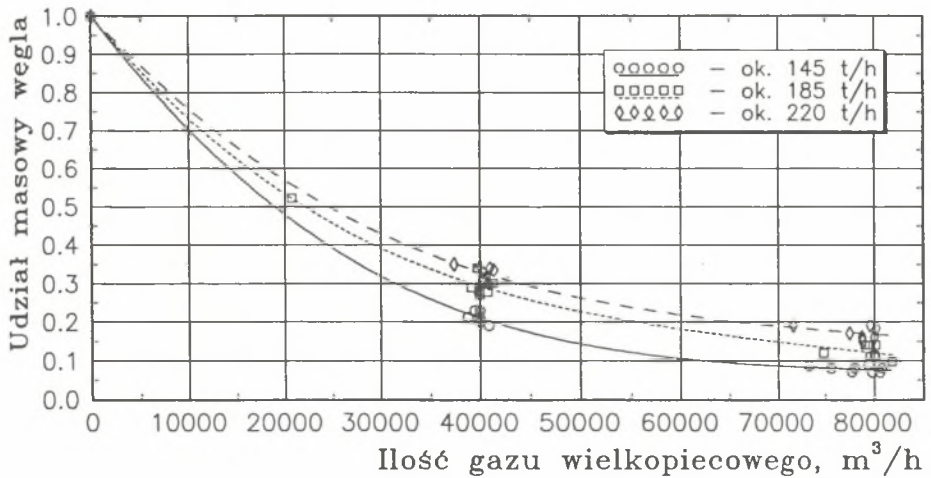
Poniżej podano wartości parametrów CO_{2max} i K odpowiednie przy określaniu wielkości charakteryzujących proces spalania w dwupaliwowych kotłach typu np.: TP-230-2, TP-13, OPG-220. Kotły te, instalowane zwłaszcza w siłowniach hut żelaza, najczęściej opalane są równocześnie pyłem węgla kamiennego i gazem wielkopieczowym. Nominalne wydajności pary przegrzanej i jej parametry wynoszą, odpowiednio: 230 – 220 t/h; ok. 9,8 MPa i 510 – 540°C. Do wyznaczenia wspomnianych parametrów wykorzystano wyniki badań cieplnych wymienionych kotłów przeprowadzone przy różnych wydajnościach i przy różnych udziałach obu paliw [8 – 12]. Ich mieszaniny nazwano dalej paliwem zastępczym.

Gaz wielkopieczowy spalany jest w tych kotłach w całkowitej będącej do dyspozycji ilości pod warunkiem zachowania obowiązujących warunków temperaturowych w obrębie powierzchni ogrzewalnych. Maksymalna jego ilość spalana w jednym kotle wynosi 80000 m³/h. Ilość spalanego pyłu węglowego stanowi uzupełnienie zapotrzebowania paliwa w celu utrzymania określonej wydajności. Masowy udział gazu wielkopieczowego w mieszaninie może zmieniać się od 0% do ok. 90%.

Skład pierwiastkowy spalanego podczas pomiarów węgla kamiennego przedstawiał się następująco (podano wartości uśrednione dla wszystkich analizowanych badań): $C^r = 49,3\%$, $H^r = 3,8\%$, $S^r = 1,1\%$, $N^r = 1,2\%$, $O^r = 5,2\%$, $W^r = 10,6\%$, $A^r = 28,7\%$. Wartość opałowa wynosiła ok. 19930 kJ/kg. W spalonym gazie wielkopieczowym średnia zawartość składników równała się: $CO_2 = 15,9\%$, $O_2 = 0,5\%$, $CO = 25,9\%$, $CH_4 = 0,2\%$, $H_2 = 3,5\%$, $N_2 = 54,0\%$, a wartość opałowa ok. 3675 kJ/m_n³. Wahanie podanych wartości dochodziły do ok. 15%. Udział masowy węgla w paliwie zastępczym w zależności od ilości spalanego gazu wielkopieczowego o podanym składzie, dla różnych wydajności, pokazano na rys. 1. Każdy punkt odpowiada wykonanemu badaniu bilansowemu kotła.

Na rys. 2 przedstawiono wyznaczone dla odpowiednich paliw zastępczych wartości CO_{2max} oraz K . Wybrane ilości spalanego gazu wielkopieczowego w charakterze zmiennej niezależnej opisującej daną mieszaninę obu paliw podtyktowane jest wygodą korzystania z wykresów. W obliczeniach wykorzystano przekształcone zależności (2) i (5) oraz odpowiednie dane ze wspomnianych wcześniej badań cieplnych kotłów parowych opracowane zgodnie z obowiązującą normą określania ich sprawności metodą pośrednią. Dodatkowo na rys. 2 zaznaczono wartości CO_{2max} dla obu spalanych paliw wyznaczone na podstawie ich składów.

Jak widać z rys. 2, wydajność kotłów nieznacznie wpływa na wartości wyznaczonych parametrów paliw zastępczych, tj. CO_{2max} i K . Stąd też, uwz-



Rys. 1. Udział masowy pyłu węgla kamiennego przy równoczesnym spalaniu go z gazem wielkopieczowym w zależności od ilości tego gazu i od wydajności badanych kotłów

Fig. 1. Mass proportion of pulverised coal in mixture with blast-furnace gas as a function of quantity of this gas, depending on different outputs of steam boilers

głędniąc wszystkie wyniki i wykorzystując metodę najmniejszych kwadratów, obie wielkości aproksymowano liniowo, otrzymując zależności:

$$\text{CO}_{2\text{max}} = 19,19 + 7,95 \cdot 10^{-5} \cdot V_g \quad (8)$$

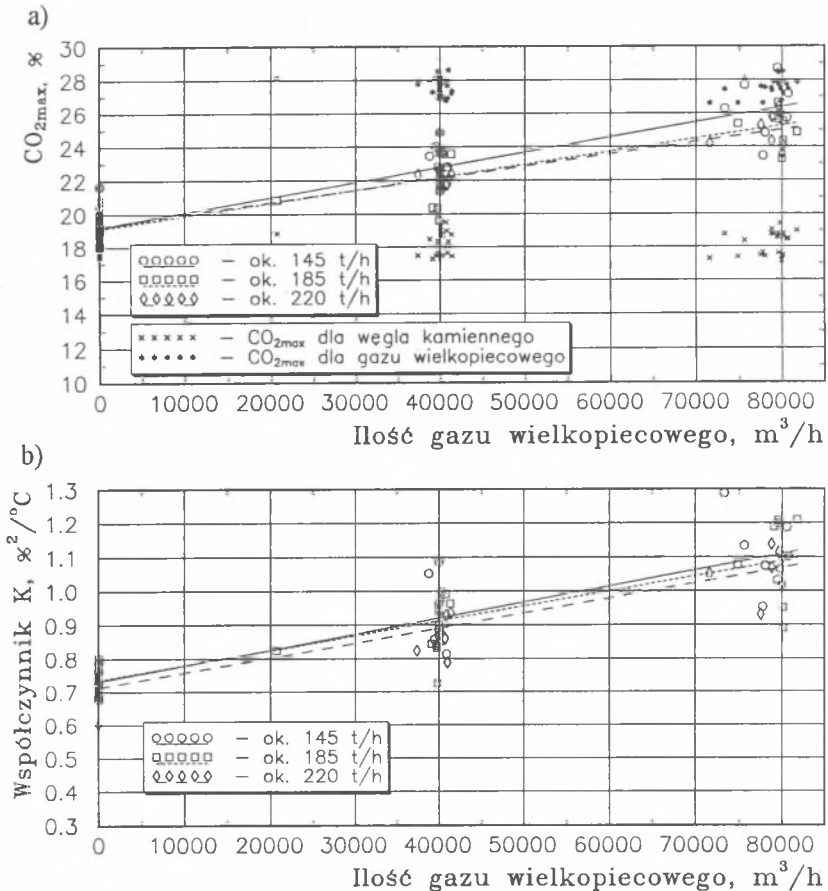
$$K = 0,727 + 4,531 \cdot 10^{-6} \cdot V_g \quad (9)$$

gdzie V_g określa ilość spalnego gazu wielkopieczowego w m^3/h .

Jako przykład wykorzystania wyznaczonych parametrów przedstawiono wyniki uzyskane przy zastosowaniu przyrządu MADUR GA-60 do oceny procesu spalania w dwupaliwowym kotle OPG-220. Jednocześnie dla porównania dokonywano badań bilansowych tego kotła metodą pośrednią, przy czym analizę spalin wykonywano w tym przypadku aparatem Orsata. Wyniki zestawiono w tablicy 1, podając także wartości uzyskane przy wyborze z menu przyrządu jednego z paliw standardowych, którego parametry są zapisane w pamięci. Wybrano tutaj węgiel kamienny HU 30.0, dla którego $\text{CO}_{2\text{max}} = 18,5\%$, a $K = 0,672\%/\text{C}$ (oznaczenie i dane wg normy DIN - RFN [1]). Określone dla paliwa zastępczego, reprezentującego spalana wtedy miesza-

nę pyłu węgla kamiennego i gazu wielkopiecowego, wartości parametrów wynoszą: $CO_{2max} = 22,4\%$, $K = 0,910\%^2/^\circ C$.

W tabelicy 1 pomiary A i B prezentują aktualne wartości odpowiadające, odpowiednio: okresowi początkowemu i końcowemu pobierania próbki gazu do aparatu Orsata. Uśrednienie tych wartości pozwala zauważyć, że dla



Rys. 2. Wartości CO_{2max} (a) i współczynnika K występującego we wzorze Siegerta (b) w zależności od ilości gazu wielkopiecowego spalanego równocześnie z pyłem węgla kamiennego w kotłach parowych typu np.: TP-230-2, TP-13, OPG-220 (dla składu paliw podanego w tekście)

Fig. 2. Value of CO_{2max} (a) and K -coefficient in Siegert's equation (b) as a function of quantity of blast-furnace gas burned together with pulverised coal in steam boilers type: TP-230-2, TP-13, OPG-220 (for chemical composition of fuels - see text)

paliwa zastępczego są one zbliżone do otrzymywanych metodą zgodną z PN. W przypadku wyboru opcji paliwa standardowego są one obciążone błędami.

Tablica 1

Wybrane wyniki badań cieplnych kotła OPG-220 opalanego równocześnie pyłem węgla kamiennego i gazem wielkopieczowym

| Wydajność kotła Ilość spalanego gazu wielkopieczowego Skład paliw spalanej mieszaniny i wartość opałowa | Wielkość i wymiar | Wartość | | | | |
|--|--|---|--|--|--|--|
| | | Wg badań zgodnych z PN-72/M-34128 | Wg przyrządu MADUR GA-60 | | | |
| | | | Paliwo zastępcze | | Węgiel kamienny HU 30.3 | |
| | | | Pom. A | Pom. B | Pom. A | Pom. B |
| 180 t/h, 40500 m ³ /h Węgiel kamienny: C ^r = 49,8%; H ^r = 3,6%; S ^r = 1,3%; N ^r = 2,3%; O ^r = 8,5%; W ^r = 9,9%; A ^r = 24,8%; Q _w = 18 985 kJ/kg Gaz wielkopieczowy: CO ₂ = 14,6%; O ₂ = 0,5%; CO = 25,1%; CH ₄ = 0,5%; H ₂ = 0,1%; N ₂ = 59,2%; Q _g = 3 519 kJ/m ³ | CO ₂ , % O ₂ , % CO, ppm λ S _k , % S _{CO} , % η _{kor} , % | 14,6 7,4 0,0 1,55 18,21 0,0 81,79 | 15,6 6,39 65 1,4 16,9 0,0 82,9 | 13,0 8,77 37 1,7 19,9 0,0 80,1 | 12,8 6,36 54 1,4 15,2 0,0 84,8 | 10,9 8,62 37 1,7 18,1 0,0 81,9 |

UWAGI KOŃCOWE

Do pełnego wykorzystania wielofunkcyjnych przyrządów stosowanych do oceny procesu spalania paliw a także warunków eksploatacji kotłów i innych urządzeń opalanych różnymi paliwami równocześnie niezbędne jest określenie parametrów charakteryzujących spalaną mieszaninę jako jeden rodzaj paliwa traktowanego jako paliwo zastępcze. Wartości tych parametrów, głównie CO_{2max} i współczynnika K występującego we wzorze Siegerta, zależą od udziałów stosowanych paliw. Parametry te wprowadzone do pamięci przyrządów zapewnią większą dokładność obliczanych wielkości charakteryzujących proces spalania. Wybranie w takim przypadku parametrów odpowiadających jednemu rodzajowi paliwa może prowadzić do błędnych wyników.

Wyznaczone parametry paliw zastępczych powstałych w wyniku równoczesnego spalania pyłu węgla kamiennego i gazu wielkopieczowego, przy różnych wzajemnych udziałach, są odpowiednie dla składów i wartości opałowych obu paliw przytoczonych w niniejszej pracy z uwzględnieniem ich wahań. Mały wpływ wydajności parowej badanych kotłów na wartości CO_{2max} i K pozwolił określić proste zależności do ich obliczania. Wprowadzenie ilości spalanego gazu wielkopieczowego jako wielkości charakteryzującej pośrednio

udziały obu paliw w spalanej w danym momencie mieszaninie ułatwia korzystanie z wykresów i wzorów (bezpośrednie wyznaczenie udziałów jest trudne, gdyż najczęściej brak jest pomiaru ilości spalane go węgla kamiennego).

LITERATURA

- [1] Analizator spalin „MADUR GA-60”. Instrukcja obsługi. MD Madur Industrieelektronik. Austria. Wien.
- [2] Instrukcja obsługi. Układ analizy emisji ECOM SG-Plus. TTI GmbH Energie- und Umweltanlagen. RFN. Hagen.
- [3] Orłowski P., Dobrzański W., Szwarz E.: Kotły parowe. Konstrukcja i obliczenia. WNT, Warszawa 1979.
- [4] Lehmann H.: Dampferzeugerpraxis. Grundlagen und Betrieb. Resch-Verlag, Berlin 1988.
- [5] Дашевский Ю. М.: Упрощенный метод определения необходимого избытка воздуха при совместном сжигании двух видов топлива. Энергетик, 1981, nr 4, s. 5–6.
- [6] Ziębik A.: Analiza prognostyczna gospodarki paliwowej w buforowej kotłowni pyłowo-gazowej na przykładzie gazu wielkopiecowego. Gospodarka Paliwami i Energią. 1993, nr 1, s. 1–5.
- [7] Kruczek H., Kruczek S., Zamojdo R., Babik W., Latkowski S., Rosół M.: Spalanie niskokalorycznych gazów szybowych w kotłach pyłowych. Gospodarka Paliwami i Energią. 1992, nr 2, s. 16–18.
- [8] Określenie wpływu modernizacji układów regulacyjnych i pomiarowych kotła TP-230-2 nr 2 na jego sprawność przy zmiennym udziale spalanych paliw. Opracowanie ZM i UE Politechniki Krakowskiej (nie publikowane). Kraków, grudzień 1979 (etap I), maj 1980 (etap II).
- [9] Przeprowadzenie badań cieplnych kotłów OPG-220 dla określenia wpływu modernizacji podgrzewacza powietrza na sprawność i warunki pracy. Opracowanie ZMiUE Politechniki Krakowskiej (nie publikowane). Kraków, grudzień 1982.
- [10] Badania cieplne kotła TP-230-2 przy równoczesnym spalaniu węgla i gazu wielkopiecowego. Opracowanie ZMiUE Politechniki Krakowskiej (nie publikowane). Kraków, czerwiec 1984.
- [11] Badania i pomiary cieplne kotłów parowych nr K1, K5, K6 (TP-230-2, TP-13, OPG-220) Siłowni KM HiL przy zmiennym udziale spalanych paliw po przeprowadzonej modernizacji. Opracowanie ZMiUE Politechniki Krakowskiej (nie publikowane), Kraków, styczeń 1987 (etap I), marzec 1987 (etap II), kwiecień 1987 (etap III).

- [12] Badania cieplne kotła parowego TP-230-2 nr 3 Siłowni KM HiL przy zmiennym udziale spalanych paliw i zmiennym obciążeniu. Opracowanie ZMiUE Politechniki Krakowskiej (nie publikowane). Kraków, luty 1989.

Recenzent: Dr hab. inż. Marek PRONOBIS

Wpłynęło do Redakcji 28.08.1994 r.

Abstract

Some possibilities of use of multifunction combustion gas analyser are limited in the case of monitoring of burning process in combustion installations which are powered by different sorts of fuels simultaneously. There is consequence of lack of adequate parameters of fuel mixture for different parts of its components. In that situation the choice of one kind of fuel gives erroneous values indicated by the analyser.

In this paper there are determined values of: CO_{2max} and K-coefficient in Sigerts equation, burning pulverised coal and blast-furnace gas in the same time. Taking amount of that gas as the independent variable gives possibility to use of both parameters graph in an easy way. Because of the steam capacity of tested boilers has a small effect on determined values it is possible to write them using simple functions.

In presented example these parameters are loaded to one of devices what to get corrected results of calculated values that are characteristic for combustion process in two-fuel steam boiler.