

ZASADY WYZNACZANIA PARAMETRU KRYTERIALNEGO OCENY ENERGETYCZNO-EKOLOGICZNEJ KOTŁÓW MAŁEJ MOCY

Autorzy:

Krystyna Kubica, Andrzej Szlęk

Instytut Techniki Ciepłej, ul. Konarskiego 22 44-100 Gliwice

krystyna.kubica@polsl.pl; andrzej.szlek@polsl.pl

Założenia kryterium klasyfikacji kotłów

Występujące obecnie na rynku kotły małej mocy, zwłaszcza na paliwa stałe charakteryzują się bardzo zróżnicowaną konstrukcją oraz związaną z tym efektywnością i funkcjonalnością. Do parametrów charakteryzujących kotły należy; moc cieplna, sprawność energetyczna (cieplna), poziom emisji substancji zanieczyszczających środowisko naturalne. Wielkość mocy cieplnej jest podstawowym parametrem ilościowym, określającym wydajność cieplną kotłów, natomiast sprawność cieplna i emisja zanieczyszczeń stanowią wyznaczniki jakościowe, charakteryzujące stopień doskonałości termodynamicznej. Sprawność energetyczna kotła bezpośrednio przekłada się na ilość zużytego paliwa do wytworzenia określonej ilości ciepła, a tym samym ma wpływ na koszty eksploatacyjne, ilość powstających odpadów stałych, ilość powstających substancji szkodliwych oraz dwutlenku węgla. Z kolei poziom emisji substancji toksycznych określa szkodliwość kotła dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi. Poziom emisji tych zanieczyszczeń zależy zarówno od czynników konstrukcyjnych i eksploatacyjnych paleniska, jak i od cech jakościowych paliwa – uziarnienie, wartość opałowa, zawartość popiołu, wilgoci, części lotnych, pierwiastkowy skład elementarny. Synergetyczny wpływ parametrów kotła – sprawności energetycznej, emisji zanieczyszczeń na jakościową efektywność kotłów, stanowi uzasadnioną przesłankę ich łącznego uwzględnienia w postaci uogólnionego parametru kryterialnego.

Wszystkie rodzaje kotłów podlegają badaniom, w laboratoriach posiadających certyfikat laboratorium akredytowanego, zgodnie z w/w standardami PN EN mającym na celu oznaczenie mocy cieplnej, sprawności energetycznej dla mocy nominalnej i obniżonego poziomu mocy (30%) oraz emisji CO, NO_x i pył, OGC, w przeliczeniu na 13% lub 10% zawartość tlenu w spalinach dla kotłów węglowych, oraz w przeliczeniu na 3% zawartości tlenu w spalinach dla kotłów gazowych i olejowych, [1 -7]. Dobrowolna atestacja kotłów opalanych paliwami stałymi na znak „bezpieczeństwa ekologicznego” uwzględnia również emisje benzo(a)pirenu, sumy 16 WWA wg EPA oraz sumy zanieczyszczeń organicznych. Wielkość emitowanego ładunku tych zanieczyszczeń jest wprost proporcjonalna do emisji CO. Emisja dwutlenku siarki jest uzależniona od zawartości siarki w paliwie.

Kryterium klasyfikacji kotłów winno także uwzględniać te parametry, które są wyznaczone z użyciem standaryzowanych metod badawczych i procedur, których jakość oznaczania w odpowiednich laboratoriach jest potwierdzona przez krajowe i/lub międzynarodowe jednostki akredytacyjne.

Po uwzględnieniu omówionych powyżej uwarunkowań do wyznaczania uogólnionego parametru kryterialnego przyjęto sprawność energetyczną oraz parametr emisyjności kotłów, uwzględniający emisję, CO, NOx i pyłu całkowitego. Do wyliczania parametru emisyjności kotłów przyjęto *emisję równoważną*, czyli zastępczą odniesioną do emisji *dwutlenku siarki*. Parametr emisji równoważnej SO₂ ma charakter umowny, ale mimo dużego uproszczenia umożliwia w prosty, przejrzysty i przekonujący sposób znaleźć wspólną miarę, wspólny mianownik oceny szkodliwości różnych rodzajów zanieczyszczeń, a także wyliczać efektywność wprowadzanych usprawnień. Do wyznaczania emisji równoważnej przyjęto współczynnik k_i oparty o wartość NDS dwutlenku siarki oraz danego zanieczyszczenia e_i na stanowisku pracy, zgodnie z aktualnie obowiązującym uregulowaniami prawnymi.

Sposób obliczenia kryterium

Z uwagi na wspomniany powyżej efekt synergizmu sprawności energetycznej i wielkości emisji, te dwie wielkości przyjęto jako podstawę obliczenia wskaźnika kryterium końcowej oceny kotła według zależności:

$$O_x = 3.75 * W_s + 1.25 * W_e$$

w której O_x oznacza wskaźnik kryterium oceny kotła x , będące podstawą tworzenia końcowego rankingu, W_s oraz W_e to wyróżniki charakteryzujące odpowiednio sprawność oraz emisję substancji szkodliwych.

Każdy z wyróżników przybiera wartości od 0 do 1, przy czym wartość „0” odpowiada minimalnym wymaganiom, jakie powinno spełniać urządzenie, natomiast wartość „1” opowiada najlepszym, możliwym do osiągnięcia przy obecnym stanie techniki parametrom. Wyróżniki te wyrażone są wzorami:

$$W_s = \frac{\eta_x - \eta_{\min}}{\eta_{\max} - \eta_{\min}}$$
$$W_e = \frac{e_{\max} - e_x}{e_{\max} - e_{\min}}$$

w których:

- η_x rzeczywista sprawność osiągnięta przez kocioł x , wyrażona w procentach, liczona jako średnia arytmetyczna między sprawnością osiąganą przy mocy nominalnej oraz przy 30% mocy nominalnej,
- e_x rzeczywista emisja równoważna, wyrażona w mg/m^3 osiągnięta przez kocioł x przy mocy nominalnej,
- η_{\min} minimalna sprawność kotłów, wyrażona w procentach, poniżej której kocioł nie będzie uwzględniany na liście rankingowej,
- η_{\max} maksymalna sprawność kotłów, wyrażona w procentach, wyznaczana przez aktualny stan techniki oraz ograniczenia fizyczne,
- e_{\min} minimalna emisja równoważna, wyrażona w mg/m^3 , której wartość wyznacza obecny stan techniki,
- e_{\max} maksymalna emisja równoważna, wyrażona w mg/m^3 , której przekroczenie jest niedopuszczalne z uwagi na obowiązujące normy ochrony środowiska i określone standardami testowania urządzeń grzewczych.

Jako najwyższą wartość O_x przyjęto liczbę 5. Kocioł, który będzie charakteryzował się najwyższą wartością O_x w trakcie oceny zajmie w rankingu pierwsze miejsce. Kolejność każdego z kotłów w odpowiedniej kategorii - węglowe z automatycznym podawaniem paliwa, węglowe z ręcznym podawaniem paliwa, olejowe, gazowe kondensacyjne i niekondensacyjne, będzie uzależniona od obliczonej wartości wskaźnika kryterium O_x , im wyższa wartość, tym wyższe miejsce w rankingu.

Emisja równoważna e_x będzie obliczana w przypadku każdego kotła z zależności:

$$e_x = e_{SO_2} + k_{NO_2}e_{NO_2} + k_{CO}e_{CO} + k_p e_p$$

w której e_i oznacza emisję i -tego związku (dwutlenku siarki, dwutlenku azotu, tlenku węgla i pyłu) wyrażoną w mg/m^3 przeliczoną na porównywalny udział tlenu

w spalinach, natomiast k_i oznacza współczynnik szkodliwości i -tego związku, wyznaczony w oparciu o wartości NDS na stanowisku pracy, zgodnie z aktualnie obowiązującym uregulowaniami prawnymi. W obliczeniach emisji równoważnej dla wszystkich rozpatrywanych rodzajów paliw i konstrukcji kotłowych nie uwzględniono emisji dwutlenku siarki, ponieważ jest ona zasadniczo zależna od rodzaju paliwa, a nie od konstrukcji kotła. W przypadku

kotłów gazowych i olejowych nie uwzględniono emisji pyłu, zgodnie z obowiązującymi standardami badania kotłów gazowych i olejowych.

W tablicy 2 i 3 zestawiono wartości stałych, koniecznych do przeprowadzenia obliczeń. Maksymalna i minimalna sprawność oraz emisja poszczególnych zanieczyszczeń dla poszczególnych rodzajów i typów kotłów określona została na podstawie norm oraz najlepszych możliwych rozwiązań technologicznych procesu spalania paliw w instalacjach małej mocy.

Tablica 2. Wartości stałych, koniecznych do obliczeń kryteriów

Opis	Kotły węglowe		Kotły olejowe	Kotły gazowe	
	A	B		C	D
η_{\min} , %	74	74	85	85	92,7
η_{\max} , %	87	92	94	94	109
e_{\min} , mg/m ³	145	119	24	24	7
e_{\max} , mg/m ³	518	518	99	83	35
e_{NO_2} , mg/m ³	Pomiar	Pomiar	Pomiar	Pomiar	Pomiar
e_{CO} , mg/m ³	Pomiar	Pomiar	Pomiar	Pomiar	Pomiar
e_p , mg/m ³	Pomiar	Pomiar	Pomiar	0	0
k_{NO_2}	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
k_{CO}	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
k_p	2	2	n.d.	n.d.	n.d.
Udział tlenu w spalinach, %	10	10	3	3	3
$T_{S_{\min}}$, °C	170	150	120	120	b.o. ¹⁾

1) brak ograniczeń; n.d. – nie dotyczy, A) ręcznie zasilany paliwem, B) automatycznie zasilany paliwem, C) konwencjonalny, D) kondensacyjny

Dane dotyczące sprawności energetycznej kotłów oraz wielkości emisji muszą być potwierdzone świadectwami badań przeprowadzonych w laboratoriach posiadających certyfikat akredytacji PCA (Polskie Centrum Akredytacji), zgodnie z obowiązującymi normami i akredytowanymi procedurami.

Tablica 3. Zestawienie emisji maksymalnych i minimalnych

Typ kotła	Emisja maksymalna, e_{\max} mg/m ³			Emisja minimalna, e_{\min} mg/m ³		
	NOx	Pył	CO	NOx	Pył	CO
Węglowe A ¹⁾	400	125	1200	80	40	80
Węglowe B ¹⁾	400	125	1200	100	50	50
Olejowe ²⁾	220	n.d.	120	50	n.d.	50
Gazowe D ²⁾	70	n.d.	80	13	n.d.	15
Gazowe C ²⁾	180	nd	100	50	n.d.	50

¹⁾ emisja przeliczona na 10%; ²⁾ emisja przeliczona na 3%; n.d. – nie dotyczy

Przyjęte parametry kryterialne mogą zostać rozszerzone jedynie w przypadku wprowadzonych zmian w standardach oceny jakości kotłów oraz wymagań stanowiących podstawę ich wprowadzania na rynek, ze szczególnym uwzględnieniem wymagań ochrony środowiska – uwzględnienia dodatkowo innych zanieczyszczeń, oprócz CO, NOx i pyłu całkowitego – TSP.

Opracowane kryterium jest spójne z podejściem przyjętym w strategii Czystego Powietrza (CAFE) COM(2005) 446 Bruksela, 21.9.2005, które zwraca uwagę na konieczność kompleksowego podejścia do ochrony powietrza, z uwzględnieniem równoczesnego wielokierunkowego oddziaływania - *multi-oddziaływanie* na środowisko i zdrowie wielu zanieczyszczeń - *multi-zanieczyszczenie*.

Literatura:

1. PN-EN 12 809:2002/A1:2006 „Kotły grzewcze na paliwa stałe – Nominalna moc cieplna do 50 kW – Wymagania i badania (Zmiana A1)”
2. PN EN 303-5 PN-EN 303-5:2002 „Kotły grzewcze. Część 5: „Kotły grzewcze na paliwa stałe z ręcznym i automatycznym zasypem paliwa o mocy nominalnej do 300 kW. Terminologia, wymagania, badania i oznakowanie”.
3. PN-EN 297:2002 „Kotły centralnego ogrzewania opalane gazem - Kotły typu B11 i B11BS, z palnikami atmosferycznymi, o nominalnym obciążeniu cieplnym nieprzekraczającym 70 kW”
4. PN-EN 483:2007 „Kotły centralnego ogrzewania opalane gazem - Kotły typu C o znamionowym obciążeniu cieplnym nieprzekraczającym 70 kW”
5. PN-EN 677:2007 „Kotły centralnego ogrzewania opalane gazem - Specjalne wymagania dotyczące kotłów kondensacyjnych o znamionowym obciążeniu cieplnym nieprzekraczającym 70 kW”
6. PN-EN 303-2:2000 „Kotły grzewcze - Kotły grzewcze z palnikami nadmuchowymi - Wymagania specjalne dotyczące kotłów z olejowymi palnikami rozpylającymi”

7. Ustawa z dnia 18 grudnia 1998 roku o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych (Dz. U. z dnia 30 grudnia 1998 r. Nr. 162, poz. 1121, z późniejszymi zmianami)
8. K. Kubica, Solid Fuel Small Combustion Installations Task 1.2 Test standards, March 2008; [www.ecosolidfuel](http://www.ecosolidfuel.org)
9. Kubica K. „Kryteria efektywności energetyczno-ekologicznej kotłów małej mocy dla gospodarki komunalnej i certyfikacji na znak bezpieczeństwa ekologicznego”, Praca IChPW, 1999, zweryfikowane w 2005 roku
10. Rekomendacja metodologii analizy ekonomicznej przekazana regionom przez Ministerstwo Gospodarki i Pracy.
11. <http://www.google.pl/search?hl=pl&q=emisja+r%C3%B3wnowa%C5%BCna+%C5%BAr%C3%B3de%C5%82+emisji&btnG=Szukaj+w+Google&lr=>
12. Rozporządzenie MOŚZNL z dnia 28 kwietnia 1998 r. w sprawie dopuszczalnych wartości stężeń substancji zanieczyszczających powietrze; Dz. U. Nr 55, poz. 355
13. Rozporządzenie MŚ z dnia 3 marca 2008 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu; Dz. U. Nr 47, poz. 281
14. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 17 czerwca 1998 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, Dz. U. Nr 79, poz. 513, oraz z dnia 30 sierpnia 2007 r., Dz. U. Nr 79, poz. 513 oraz z 2001 r. Nr 4, poz. 36.
15. Directive 89/106/EEC on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products. Amended by the Directive 93/68/EEC and the Regulation (EC) No 1882/2003.
16. Kubica K., Paradiz B., Dilara P., Klimont Z., Kakareka S., Dębski B.: „*Small Combustion Installations, Chapter for “Emission Inventory Guidebook”*”; UNECE TFEIP, 2004 (Updated by Kubica K., and Woodfield M. in 2006), B216-2
17. Kemna R., van Elburg M., Li W., van Holstein R.: „*Preparatory Study Eco-design of CH Boilers Requirements of EuPs (II) Lot 1”*”, Delft 30 Sept. 2007; http://www.ec.europa.eu/dgs/energy_transport/tenders/doc/2007/sl_000055_specifications_en.pdf
18. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2005 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji; Dz. U. Nr 260 Poz. 2181
19. Mudgal S., Turunen L., Roy N., Stewart R., Woodfield M., Kubica K., Kubica R.: „*Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs (II) Lot 15 Solid Fuel Small Combustion Installations*”; <http://www.ecosolidfuel.org/> www.ecosolidfuel.org
20. Gebhardt Z., Laboratorium Badań Urządzeń Gazowych i Grzewczych, ING Kraków, Informacja własna, marzec 2008
21. Pasierb S., Fundacja Efektywnego Wykorzystania Energii, Katowice, Informacja własna – programy ograniczania niskiej emisji, marzec 2008
22. Kubica K., Kubica R., Zawiejska Z., Szyrwińska I., „Ocena efektów ekologicznych i społecznych programu obniżenia niskiej emisji, zrealizowanego w Tychach w latach 2002 - 2004 w dzielnicach obrzeżnych miasta”, Raport Nr 0433/05 z dnia 01-03-2005 NILU Polska Sp. z o.o., SOZOPROJEKT Sp. z o.o., Katowice, maj 2005
23. D. Smoot; *Fundamentals of Coal Combustion for Clean and Efficient Use*; Elsevier Amsterdam – London – New York – Tokyo, 199; ISBN: 0-444-89643-0

Niniejsza praca została sfinansowana ze środków NFOŚiGW 371/2007/Wn-50/EE-EE/D, jako NB-56/RIE-6/200 oraz z projektu PBR-16/RIE-6/2007. Autorzy dziękują za współdziałanie dr inż. Sławomirowi Pasierbowi z FEWE w Katowicach przy realizacji zadania badawczego.