DOI: 10.18668/NG.2016.11.10

Mateusz Rataj

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

Wpływ ustawienia przepływu powietrza na jakość spalania i sprawność wkładu kominkowego

Zarówno wkłady kominkowe, jak i ogrzewacze wolnostojące na paliwa stałe zyskują coraz większą popularność [5]. Stają się one nie tylko elementem dekoracyjnym, ale również źródłem ciepła, które powinno być wykorzystywane jak najbardziej efektywnie i bezpiecznie w całym okresie użytkowania urządzenia. Niniejszy artykuł pokazuje, w jaki sposób zmiany ustawienia przepływu powietrza mają wpływ na parametry pracy danego urządzenia, takie jak: sprawność, jakość spalania i temperatura spalin. Analiza została wykonana dla wkładu kominkowego dostępnego na rynku. Podczas badań prowadzono rejestrację następujących parametrów spalin: zawartości tlenu, tlenku węgla(II), tlenku węgla(IV) oraz temperatury. Uzyskane wyniki posłużyły do oceny zarówno efektywności energetycznej osiąganej przez urządzenie, jak i jakości spalin powstających podczas procesu spalania biomasy (drewna) w różnych warunkach dopływu powietrza.

Słowa kluczowe: wkład kominkowy, jakość spalania, sprawność.

Impact of air flow settings on the combustion quality and efficiency of fireplace inserts

Fireplace inserts and roomheaters fired by solid fuel are growing in popularity. They have become not only a decorative element, but also a useful source of heat, which should be used in the most effective and safe way, over the lifetime of the device. This article shows how a change in the air flow settings can impact the combustion and operating parameters of devices, in terms of efficiency, quality of combustion and flue gas temperature. The research was done on a commercially available stove. The following parameters of flue gas were measured during the research: content of oxygen, carbon monoxide, carbon dioxide and value of temperature. The results were used to evaluate the performance achieved by the device and the quality of flue gases produced during the combustion of wood in a variety of air flow conditions.

Key words: fireplace inserts, combustion quality, efficiency.

Wstęp

W ostatnich latach nastąpił ogromny postęp techniczny w konstrukcji wkładów kominkowych oraz ogrzewaczy powietrza na paliwa stałe. Od prostych urządzeń, w których jakość procesu spalania oraz sprawność były zależne tylko od rodzaju i jakości zastosowanego paliwa, do urządzeń, w których istotny wpływ na te parametry ma sposób prowadzenia procesu spalania. Urządzenia na paliwa stałe posiadają od jednego do kilku cięgien regulujących sam proces spalania. Podstawowymi regulatorami stosowanymi w omawianych urządzeniach są: regulacja powietrza pierwotnego, doprowadzanego do komory poprzez popielnik, oraz regulator przymknięcia czopucha. W bardziej skomplikowanych konstrukcjach mogą dojść również inne rozwiązania techniczne, np. regulator ilości powietrza doprowadzanego na szybę (pozwalający na poprawę czystości szyby i walorów estetycznych urządzenia) czy regulator ilości powietrza wtórnego do spalania, mający za zadanie obniżenie poziomu tlenku węgla(II) w spalinach.

Ocena efektywności energetycznej urządzeń często prowadzona jest w celu porównania efektywności energetycznej przy zasilaniu ich różnymi rodzajami paliwa. Tego typu ocena pozwala porównać efektywność energetyczną urządzeń na paliwa stałe na tle urządzeń wykorzystujących paliwa gazowe czy ciekłe [2]. Jednak taka analiza porównawcza nie daje

odpowiedzi na pytanie, jakie czynniki, poza rodzajem zastosowanego paliwa, mają wpływ na efektywność energetyczną urządzeń oraz jakość spalin emitowanych do atmosfery. Zagadnienie to jest szczególnie istotne w przypadku urządzeń opalanych paliwami stałymi, które są paliwami mniej ekologicznymi, a ich spalanie stanowi główne źródło antropogenicznej emisji zanieczyszczeń do atmosfery [7]. Dlatego też podczas oceny urządzeń grzewczych na paliwa stałe istotna jest nie tylko ocena efektywności energetycznej, ale także określenie wielkości emisji tlenku węgla(II) oraz pyłów [12]. Ze względu na duże zainteresowanie spalaniem paliw innych niż kopalne tego typu analizy koncentrują się w szczególności na urządzeniach wykorzystujących w procesie spalania biomasę, do której należy zaliczyć również drewno [3, 9, 10, 14]. Wspomniane badania poświęcono wpływowi zarówno składu biomasy, jak i wilgotności i temperatury powietrza dostarczanego do spalania [3] na jakość spalin oraz wielkość emisji substancji szkodliwych w wyniku niecałkowitego i niezupełnego spalania paliwa [1, 9, 13]. Głównym wnioskiem wynikającym z badań jest określenie zasad prowadzenia procesu spalania biomasy, aby był on efektywny energetycznie oraz bezpieczny dla środowiska. Jednak osiągnięcie takich rezultatów zależy od wielu czynników, w tym w szczególności od składu biomasy, jej wilgotności, a także warunków prowadzenia procesu spalania [3, 9]. W kontroli procesu spalania w celu poprawy efektywności energetycznej urządzeń opalanych paliwami w systemach centralnego ogrzewania można zastosować sterowniki PID [8, 11]. Sterowniki te umożliwiają kontrolę procesu spalania poprzez analizę sygnałów wejściowych dotyczących takich danych jak: temperatura spalin, temperatura wody w obiegu grzewczym, zawartość tlenku węgla(II) w spalinach czy współczynnik nadmiaru powietrza uzyskany z sondy lambda [14]. Należy pamiętać jednak o tym, że ocena działania sterowników PID jest różna, co w połączeniu z kosztami zakupu tego typu urządzenia może zniechęcać użytkowników w gospodarstwach domowych do stosowania tego rozwiązania. Z jednej strony badania pokazują, że wprowadzenie automatycznych układów regulacji i sterowania procesem spalania poprawia efektywność ekonomiczną i może zapewnić ekologiczną eksploatację urządzenia [8], z drugiej jednak strony w przypadku zróżnicowanego paliwa klasyczne regulatory typu PID mogą być niewystarczające do prawidłowej regulacji procesu spalania, a optymalnym rozwiązaniem w takich sytuacjach mogłoby być zastosowanie regulatorów Fuzzy PID lub sztucznych sieci neuronowych [11]. Innym opisywanym w literaturze sposobem poprawy jakości spalania oraz efektywności energetycznej jest wprowadzenie zmian w konstrukcji urządzenia. Zmiany te dotyczą głównie rozbudowy systemów deflektorów, dzięki którym uzyskuje się zmniejszenie straty kominowej oraz poprawę jakości spalin [6]. Istotnym wnioskiem płynącym ze wszystkich przywołanych opracowań jest to, że proces spalania należy prowadzić w optymalnych warunkach dla danego urządzenia. Opisane w niniejszym artykule badania pokazują zmiany, jakie mogą zachodzić w procesie spalania w przypadku odstępstwa od zasad podanych w instrukcji obsługi przez producenta urządzenia.

Jak pokazują wyniki badań [4], zmiany przepływu powietrza przez przepustnice w domowych urządzeniach grzewczych typu piecokominki mogą powodować zmiany zawartości tlenku węgla(II) w spalinach oraz oddziaływać na efektywność energetyczną prowadzonego procesu. Niniejszy artykuł pokazuje, jaki wpływ na przebieg procesu spalania ma sposób nastawienia dwóch podstawowych regulatorów tego procesu w urządzeniu typu wkład kominkowy. W przedstawionych badaniach skupiono się na dwóch elementach regulacyjnych, czyli ilości powietrza pierwotnego oraz przymknięciu czopucha. Według doświadczenia autora są one najczęściej występującymi elementami regulacyjnymi, które mają największy wpływ na przebieg samego procesu.

Metodyka badań

W ramach badań dokonano oceny jakości spalania poprzez pomiar składu spalin oraz wyznaczenie efektywności energetycznej wkładu kominkowego opalanego drewnem. W badaniach wykorzystano typowy wkład kominkowy o mocy 13 kW, opalany drewnem, wykonany z żeliwa. W zastosowanym urządzeniu doprowadzenie powietrza do komory spalania odbywało się tylko za pomocą szczeliny umieszczonej w dolnej części fasady urządzenia poniżej poziomu drzwi, a regulacja ilości powietrza następowała poprzez zamontowaną przesuwkę. Powietrze najpierw trafiało do komory popielnika, a stamtąd dopiero do komory spalania. Wkład kominkowy posiadał również możliwość regulacji prześwitu przewodu spalinowego poprzez zamontowanie przepustnicy spalin. W celu zasymulowania różnych warunków spalania podczas badań testowano różne konfiguracje ustawień przepustnicy spalin oraz dopływu powietrza pierwotnego. Analizie poddano wyłącznie cztery skrajne przypadki nastawień wymienionych elementów. Takie podejście doprowadziło do wykonania pomiarów w następujących konfiguracjach urządzenia, stanowiących 4 serie pomiarowe:

- seria I – zamknięta przepustnica spalin oraz zamknięty dopływ powietrza pierwotnego; seria ta stanowi pomiar odniesienia, prowadzony zgodnie z ustawieniami urządzenia znajdującymi się w jego instrukcji obsługi,

- seria II – zamknięta przepustnica spalin oraz otwarty dopływ powietrza pierwotnego,
- seria III – otwarta przepustnica spalin oraz zamknięty dopływ powietrza pierwotnego,
- seria IV – otwarta przepustnica spalin oraz otwarty dopływ powietrza pierwotnego.

Badany wkład kominkowy został zamontowany na stanowisku badawczym bez zabudowy oraz podpięty do kanału spalinowego wytwarzającego ciąg kominowy o podciśnieniu równym 12 Pa.

W każdej z serii pomiarowych badania przeprowadzono przy użyciu drewna bukowego o charakterystyce przedstawionej w tablicy 1. Każdorazowo do komory spalania ładowano drewno w dwóch kawałkach o łącznej masie od 4,1 kg do 4,2 kg.

Tablica 1. Charakterystyka drewna bukowego stosowanego podczas badań w stanie roboczym

Zawartość węgla	44,94% (*m*/*m*)
Zawartość wodoru	6,56% (*m*/*m*)
Zawartość siarki	0,02% (*m*/*m*)
Zawartość popiołu	0,55% (*m*/*m*)
Zawartość części lotnych	76,13% (*m*/*m*)
Zawartość wilgoci	10,75% (*m*/*m*)
Ciepło spalania	17,545 MJ/kg
Wartość opałowa	15,850 MJ/kg

Jakość spalania oraz sprawność badanego wkładu kominkowego oceniane były dla każdej serii pomiarowej na podstawie od 2 do 4 niezależnych pomiarów trwających 60 minut. Jest to czas wymagany do spalenia wsadu o masie około 4 kg w typowych warunkach pracy w urządzeniu o mocy 13 kW i sprawności na poziomie około 72%. Oceny jakości spalania oraz sprawności energetycznej dokonano na podstawie analizy składu oraz temperatury spalin. Badania te przeprowadzono zgodnie z zapisami normy PN-EN 13229:2002/A1:2005 [15], przy użyciu termometru elektronicznego Testo 735 oraz analizatora spalin Horiba VA-3000. Zgodnie z zapisami normy [15] podczas badania dokonywano pomiaru zawartości tlenu, tlenku węgla(II) oraz tlenku węgla(IV) w spalinach.

Sprawność energetyczna wkładu kominkowego została wyznaczona zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 13229:2002/A1:2005 będącej normą odniesienia, która określa sprawność na podstawie strat cieplnych urządzenia według wzoru (1).

$$\eta = 100 - (q_a + q_b + q_a) \tag{1}$$

gdzie:

q_a – względna strata kominowa Q_a [kJ/kg] odniesiona do wartości opałowej paliwa użytego do badań, wyrażona w procentach według wzoru (2):

$$q_a = Q_a/H_u \tag{2}$$

gdzie:

H_u – wartość opałowa paliwa do badań [kJ/kg],

$$Q_a = (t_a - T_r)\left[\frac{\left(C_{pmd}(C - C_r)\right)}{0{,}536(CO + CO_2)}\right] + \left[C_{pmH_2O} \cdot 1{,}92 \cdot \frac{9H + W}{100}\right] \tag{3}$$

gdzie:

t_a – temperatura spalin wylotowych [°C],

T_r – temperatura w pomieszczeniu [°C],

C_{pmd} – ciepło właściwe spalin suchych w warunkach normalnych [kJ/(K · m^3)],

C – zawartość węgla w paliwie do badań w stanie roboczym [%],

C_r – zawartość węgla w popiele i żużlu, odniesiona do masy roboczej paliwa do badań [%],

CO – zawartość tlenku węgla(II) w spalinach suchych [%],

CO_2 – zawartość tlenku węgla(IV) w spalinach suchych [%],

C_{pmH_2O} – ciepło właściwe pary wodnej w warunkach normalnych [kJ/(K · m^3)],

H – zawartość wodoru w paliwie do badań w stanie roboczym [%],

W – zawartość wilgoci w paliwie do badań w stanie roboczym [%],

q_b – względna strata niezupełnego spalania Q_b [kJ/kg] odniesiona do wartości opałowej paliwa użytego do badań, wyrażona w procentach według wzoru (4):

$$q_b = Q_b/H_u \tag{4}$$

$$Q_b = 12644 \cdot CO \cdot (C - C_r) / [0{,}536 \cdot (CO_2 + CO) \cdot 100 \tag{5}$$

q_r – względna strata niecałkowitego spalania w popiele i żużlu Q_r [kJ/kg] odniesiona do wartości opałowej paliwa użytego do badań wyrażona w procentach:

$$q_r = Q_r/H_u \tag{6}$$

$$Q_r = 335 \cdot b \cdot R/100 \tag{7}$$

gdzie:

b – zawartość części palnych w popiele i żużlu [%],

R – masa popiołu i żużlu odniesiona do masy paliwa [%].

Analiza wyników badań

Podczas badań dla każdego niezależnego pomiaru trwającego 60 minut w odstępach czasu wynoszących 2 s zmierzono zawartość tlenu, tlenku węgla(II), tlenku węgla(IV) oraz temperaturę. Na podstawie otrzymanych wyników obliczono sprawność energetyczną urządzenia (η) oraz jego moc, a także przeliczono uzyskaną zawartość tlenku węgla(II) na 13% zawartości tlenu. W tablicy 2 przedstawiono uśrednione, zgodnie z wymaganiami normy odniesienia [15], wyniki pomiarów otrzymane w poszczególnych seriach pomiarowych.

Tablica 2. Wyniki pomiarów uzyskane w czterech seriach pomiarowych

Seria	Pomiar	Temperatura t_a [°C]	Zawartość [%]			Sprawność η [%]	Moc P [kW]
			O_2	CO_2	CO		
I	SIP1	337,6	8,6	11,6	0,7030	73,3	13,4
	SIP2	322,8	9,0	11,3	0,5137	74,9	13,6
II	SIIP1	319,8	11,4	8,6	0,2627	71,0	12,7
	SIIP2	342,0	9,8	10,4	0,2346	73,5	13,4
	SIIP3	352,7	11,5	8,7	0,7644	66,0	11,8
	SIIP4	365,3	9,3	10,6	0,8285	69,1	12,5
III	SIIIP1	345,7	9,6	10,6	0,2058	73,8	13,5
	SIIIP2	362,7	9,0	11,4	0,3695	73,1	13,4
	SIIIP3	356,5	9,8	10,4	0,3514	71,3	12,9
IV	SIVP1	380,8	11,1	8,9	0,4492	65,5	12,0
	SIVP2	364,2	11,4	8,5	0,4056	66,0	12,1

Analizując wyniki przedstawione w tablicy 2, można stwierdzić, że we wszystkich wykonanych pomiarach zostały spełnione wymagania normy odniesienia [15] w zakresie jakości spalin. Wymagania te stanowią, że zawartość tlenku węgla(II) w przeliczeniu na 13% zawartości tlenu w spalinach nie powinna przekraczać 1%. Podczas prowadzonych badań wyliczona zawartość tlenku węgla(II) była znacznie niższa i mieściła się w przedziale od 0,21% do 0,83%, przy czym najniższe zawartości odnotowano w przypadku serii III, natomiast najwyższe w dwóch ostatnich pomiarach serii II. Zawartości tlenku węgla(II) w dwóch pomiarach odniesienia (seria I) mieściły się w zakresie od 0,51% do 0,70% i były jednymi z najwyższych odnotowanych zawartości tlenku węgla(II).

Kolejnym analizowanym aspektem była ocena sprawności cieplnej wkładu. Również w tym zakresie w każdej z serii pomiarowych spełnione zostało wymaganie normy odniesienia, które mówi, że sprawność powinna wynosić minimum 50%. Uzyskane podczas badań sprawności wynosiły od 65,5% do 74,9%. Najniższe wartości sprawności cieplnej urządzenia zanotowano dla serii IV, wyniosła ona średnio 65,8%. Wszystkie otrzymane wartości sprawności były jednak poniżej wartości średniej uzyskanej dla serii I, równej 74,1% – seria ta stanowiła pomiar odniesienia, wykonany zgodnie z zaleceniami producenta urządzenia. Najwyższe wartości sprawności dla serii pomiarowych wykonanych w innych warunkach (serie II–IV) odnotowano w serii III, dla której w kolejnych pomiarach wyznaczona sprawność wynosiła odpowiednio 73,8%; 73,1% oraz 71,3%. Jak wynika z danych przedstawionych w tablicy 2, wzrost gwałtowności procesu spalania przyczynia się do obniżenia efektywności działania urządzenia poprzez obniżenie jego sprawności. Nie uwzględniając pomiaru trzeciego i czwartego serii II, w której dokonano zmiany sposobu załadunku, można zauważyć, że wzrost zawartości tlenu dostarczonego do procesu powoduje obniżenie sprawności. Związane jest to z faktem, iż oprócz tlenu do układu wprowadzamy również azot, który staje się balastem pochłaniającym energię w celu jego podgrzania.

Kolejnym parametrem limitowanym przez normę jest temperatura spalin. Zgodnie z normą odniesienia średnia temperatura spalin nie może być wyższa niż deklarowana przez producenta urządzenia, która w przypadku badanego wkładu wynosi 350°C. Wymaganie to zostało spełnione we wszystkich pomiarach prowadzonych w serii I, stanowiącej pomiary odniesienia, dwóch pierwszych pomiarach serii II oraz pierwszym pomiarze serii III; w przypadku pozostałych pomiarów wymaganie to nie zostało spełnione.

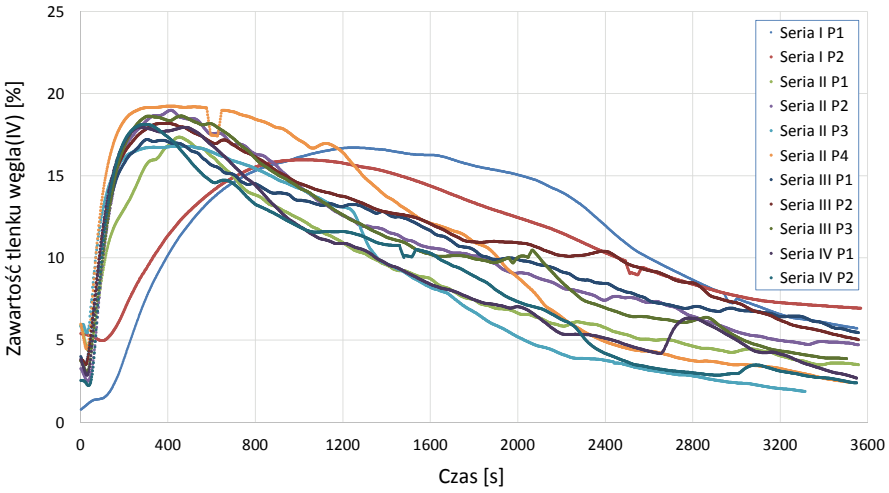
Ostatnim analizowanym parametrem była moc cieplna urządzenia. Podobnie jak w przypadku temperatury spalin parametr ten oceniany jest w odniesieniu do deklaracji producenta. Zgodnie z wymaganiami normy odniesienia moc cieplna powinna wynosić minimum tyle, ile wskazuje producent. Deklarowana przez producenta moc cieplna urządzenia wynosi 13 kW. Wymagania w zakresie mocy cieplnej w pełni spełnione zostały tylko w serii I, stanowiącej pomiar odniesienia prowadzony zgodnie z wytycznymi producenta. W przypadku pozostałych serii pomiarowych co najmniej jeden z pomiarów nie spełniał wymagań w zakresie mocy cieplnej urządzenia.

Podczas oceny jakości procesu spalania oraz efektywności cieplnej urządzenia istotne jest nie tylko, czy dane urzą-

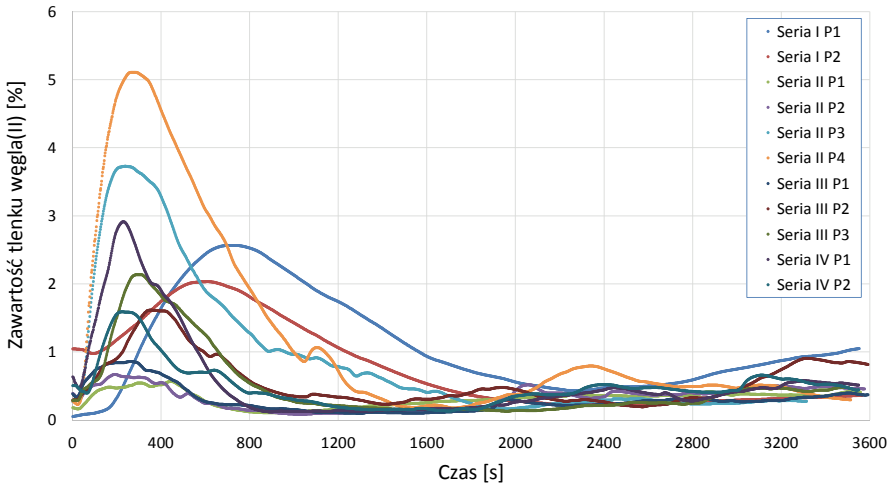
dzenie spełnia wymagania odpowiednich norm, ale również ważne są zmiany, jakie zachodzą w przebiegu procesu spalania, związane z modyfikacją ustawień urządzenia. Dzięki połączeniu analizatora spalin z komputerem i prowadzeniu ciągłej rejestracji składu spalin możliwe jest zobrazowanie sposobu przebiegu procesu spalania w poszczególnych konfiguracjach badanego urządzenia. Analizator dokonywał zapisu wszystkich mierzonych przez siebie parametrów, to jest: zawartości tlenu, tlenku węgla(II) oraz tlenku węgla(IV), z częstotliwością co 2 sekundy, co pozwoliło na dokładne zobrazowanie przebiegu procesu spalania i dokonanie jego oceny. Na rysunku 1 przedstawiono zmiany zawartości tlenku węgla(IV) w spalinach w czasie prowadzenia poszczególnych pomiarów.

Jak widać na rysunku 1, wszystkie zmiany wprowadzone względem serii I spowodowały zwiększenie zawartości tlenku węgla(IV) w spalinach w pierwszej fazie palenia oraz przesunięcie maksimum jego zawartości w kierunku początku procesu spalania. Związane jest to z bardziej gwałtownym przebiegiem procesu odgazowania drewna na skutek wprowadzenia większych ilości powietrza do procesu. Powietrze to doprowadzane jest w wyniku otwarcia dopływu powietrza pierwotnego (seria II) lub poprzez obniżenie oporów na wyjściu z układu wskutek otwarcia przepustnicy spalin (seria III). W dalszej części pomiaru zmiany doprowadziły do obniżenia zawartości tlenku węgla(IV) poniżej wartości uzyskanej dla pomiaru odniesienia, co związane jest z faktem, iż drewno znajdujące się w badanym urządzeniu ulegało wcześniejszemu wypaleniu. Jednak doprowadzanie większych ilości powietrza lub też ułatwiona ewakuacja spalin poprzez otwartą przepustnicę spalin spowodowały obniżenie efektywności energetycznej urządzenia.

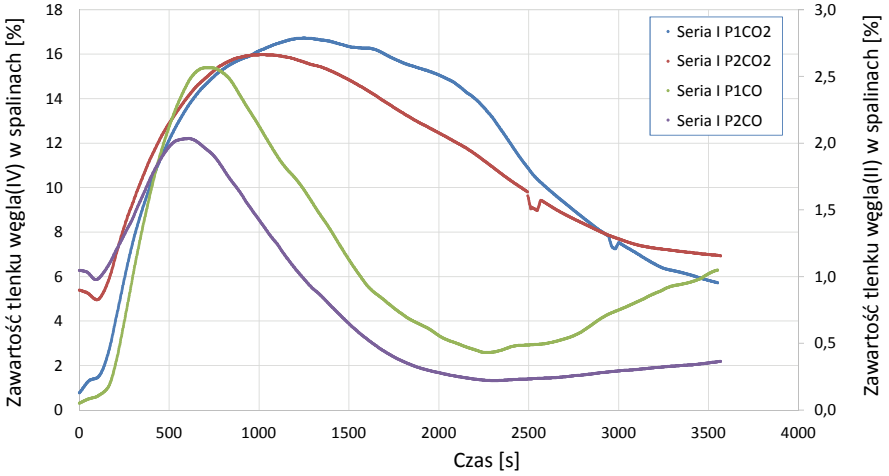
Większy strumień powietrza czy też łatwiejszy przepływ spalin, obniżający efektywność energetyczną urządzenia, ma jednak pozytywne przełożenie na zawartość tlenku węgla(II) w spalinach, gdyż nie licząc przypadku, w którym urządzenie zostało załadowane paliwem w trzech a nie dwóch kawałkach (seria II pomiar 3 i 4) doszło do obniżenia zawartości tlenku węgla w spalinach względem serii I, co zostało zaprezentowane na rysunku 2.



Rys. 1. Zestawienie zawartości tlenku węgla(IV) w spalinach



Rys. 2. Zestawienie zawartości tlenku węgla(II) w spalinach



Rys. 3. Zestawienie zawartości tlenku węgla(IV) i tlenku węgla (II) w spalinach dla pomiaru odniesienia

Na rysunku 3 przedstawiono przebieg procesu spalania dla pomiaru odniesienia (seria I); wykres ten bardzo dobrze obrazuje jedną z podstawowych informacji dotyczących zakończenia procesu spalania. Z racji wymagań normy odniesienia – pomiarów dokonuje się dla załadunków następujących jeden po drugim, prowadząc pomiar do całkowitego wypalenia się użytego wsadu, co odpowiadało w wykonywanych pomiarach serii I spadkowi zawartości tlenku węgla(IV) do poziomu około 5%. Podczas prowadzenia pomiarów w pozostałych seriach (rysunek 1) zawartość tlenku węgla(IV) na poziomie 5% osiągnięto znacznie wcześniej niż w serii I, bo już przed 50 minutą (3000 s). Taki spadek poziomu tlenku węgla(IV) świadczy o zakończeniu procesu spalania, można więc wnioskować, że wszystkie zmiany poczynione w nastawach urządzenia (serie II–IV) powodują przedwczesne zakończenie procesu spalania. Przeliczenie uzyskanych mocy dla poszczególnych pomiarów na krótszy okres, w którym spalał się wsad, wskazuje, że moc urządzenia będzie wyższa i wyniesie do 16 kW. Takie zwiększenie mocy przy poprawnie dobranym urządzeniu powodować może dyskomfort użytkowników poprzez zbyt wysokie podniesienie temperatury w pomieszczeniu, w którym urządzenie zostało zainstalowane. Zwiększona moc cieplna prowadzi również do poniesienia temperatury w samym urządzeniu i w przewodach spalinowych, co może doprowadzić do skrócenia okresu eksploatacyjnego tych elementów.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania potwierdziły, że właściwe prowadzenie procesu spalania we wkładach kominkowych na paliwo stałe, czyli zgodne z zaleceniami producenta, przyczynia się do poprawy efektywności energetycznej tych urządzeń oraz wydłuża czas ich eksploatacji. Postępowanie zgodne z instrukcją powoduje najbardziej efektywne wykorzystanie możliwości urządzenia. Niewłaściwa eksploatacja może przyczynić się do obniżenia sprawności nawet o ponad 9,5%, co pokazano na przykładzie IV serii pomiarowej, w której badania zostały wykonane z otwartą przepustnicą spalin oraz dopływem powietrza pierwotnego, przy czym zgodnie z zaleceniami producenta wyżej wymienione elementy powinny być zamknięte. Spadek sprawności urządzenia rzędu 10% będzie miał wyraźne przełożenie na ilość spalanego drewna niezbędną do utrzymania komfortu cieplnego w pomieszczeniu, a w konsekwencji na koszt eksploatacji urządzenia. Przeprowadzone badania pokazały również, że zmiana nastawień urządzenia ma wpływ na jego parametry eksploatacyjne. Widać to szczególnie wyraźnie w przypadku przekroczenia temperatury spalin w kominie, które może nastąpić w związku z nadmiernym otwarciem przesłon powietrza. Sytuacja taka może doprowadzić do pożaru z powodu przegrzania instalacji kominowej lub skrócić jej czas eksploatacji (żywotności).

Prosimy cytować jako: Nafta-Gaz 2016, nr 11, s. 961–967, DOI: 10.18668/NG.2016.11.10

Artykuł nadesłano do Redakcji 5.09.2016 r. Zatwierdzono do druku 4.11.2016 r.

Literatura

[1] Calvo A. I., Tarelho L. A. C., Alves C. A., Duarte M., Nunes T.: *Characterization of operating conditions of two residential wood combustion appliances*. Fuel Processing Technology 2014, vol. 126, s. 222–232.

[2] Dziedzic T.: *Koszty stosowania gazowych kotłów grzewczych kondensacyjnych, w stosunku do kotłów gazowych niskotemperaturowych i kotłów opalanych paliwami stałymi*. Nafta-Gaz 2010, nr 8, s. 695–703.

[3] Filipowicz M., Dudek M., Królicka A., Raźniak A., Rapacz-Kmita A.: *Wstępne badania nad optymalizacją procesu spalania paliw pochodzenia biomasowego w kotłach o małej mocy*. Polityka Energetyczna 2012, t. 15, z. 1, s. 59–74.

[4] Filipowicz M., Szubel M., Sornek K., Bożek E., Kurcz L., Figórski A., Wesołowski W., Ręka J.: *Badania energetycznych i ekologicznych parametrów pracy domowych urządzeń grzewczych typu piecokominki*. Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury 2015, z. 62, s. 71–80.

[5] Hawajski W.: *Ciepłe słówka: kominki 2009 – ile ich faktycznie było?* http://www.kominki.org/blogi/cieple-slowka-witka-hawajskiego/art,1218,cieple-slowka-kominki-2009-ile-ich-faktycznie-bylo.html (dostęp: 29.06.2016).

[6] Kosma Z., Kalbarczyk R., Piechnik B.: *Eksploatacyjne badania energetyczno-emisyjne wkładu kominkowego z płaszczem wodnym*. Modelowanie Inżynierskie 2013, t. 16, s. 106–110.

[7] Kubica K.: *Efektywne i przyjazne środowisku źródła ciepła – ograniczenie niskiej emisji. Poradnik*. Polski Klub Ekologiczny Okręg Górnośląski, Katowice 2007.

[8] Kurcz L., Filipowicz M., Sornek K., Ręka J., Rzepka K., Szubel M.: *Źródła ciepła małej mocy w systemach ogrzewania. Część 1. Piecokominki – aspekty techniczne, ekonomiczne, ekologiczne i estetyczne*. Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja 2015, t. 46, nr 3, s. 104.

[9] Magdziarz A., Wilk M.: *Aspekt ekologiczny spalania biomasy w kotłach rusztowych*. Rynek Energii 2012, nr 2, s. 127–130.

[10] Majoch A., Jabłońska M. M.: *Bioodpady jako nowe źródło energii odnawialnej*. Nafta-Gaz 2013, nr 9, s. 673–682.

[11] Marciniak J.: *Wpływ jakości paliwa na proces sterowania kotłem rusztowym za pomocą regulacji PID*. Instal 2014, nr 7/8, s. 19–22.

[12] Rataj M.: *Wymagania w analizie zawartości pyłów w spalinach z kominków i wkładów kominkowych*. Nafta-Gaz 2014, nr 6, s. 370–374.

[13] Roy M. M., Corscadden K. W.: *An experimental study of combustion and emissions of biomass briquettes in a domestic wood stove*. Applied Energy 2012, vol. 99, s. 206–212.
[14] Sornek K., Filipowicz M., Kurcz L., Szubel M., Rosół M., Rzepka K., Ręka J.: *Sterowanie pracą piecokominka a emisja tlenku węgla do atmosfery*. Inżynieria i Ochrona Środowiska 2015, t. 18, nr 4, s. 497–512.

Akty prawne i normatywne

[15] PN-EN 13229:2002/A1:2005 *Wkłady kominkowe wraz z kominkami otwartymi na paliwa stałe – Wymagania i badania*.

Mgr inż. Mateusz RATAJ
Asystent w Zakładzie Użytkowania Paliw.
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25 A
31-503 Kraków
E-mail: *mateusz.rataj@inig.pl*

OFERTA

ZAKŁAD TECHNOLOGII EKSPLOATACJI PŁYNÓW ZŁOŻOWYCH

Zakres działania:

- optymalizacja procesów wydobycia i przygotowania do transportu ropy i gazu;
- bioremediacja gruntów, odpadów wiertniczych i eksploatacyjnych zanieczyszczonych substancjami ropopochodnymi;
- rekultywacja terenów skażonych substancjami ropopochodnymi;
- opracowanie technologii oczyszczania ścieków eksploatacyjnych i wód złożowych z zanieczyszczeń ropopochodnych;
- badania i dobór inhibitorów parafinowo-hydratowych oraz deemulgatorów stosowanych w procesach eksploatacji złóż węglowodorów;
- monitorowanie zmian zawartości związków siarki w podziemnych magazynach gazu i opracowanie koncepcji działań zapobiegających powstawaniu siarkowodoru w złożu;
- monitorowanie jakości gazu w sieciach przesyłowych;
- wykonywanie kart katalogowych oraz opracowanie opinii bezpieczeństwa użytkowania środków chemicznych stosowanych podczas zabiegów intensyfikacyjnych i eksploatacyjnych w warunkach otworowych;
- analizy płynów złożowych, zanieczyszczeń gleby i ścieków, odpadów wiertniczych i eksploatacyjnych.

Kierownik: prof. dr hab. inż. Teresa Steliga
Adres: ul. Armii Krajowej 3, 38-400 Krosno
Telefon: 13 436 60 29, 13 436 89 41 w. 5222
Faks: 13 436 79 71
E- mail: teresa.steliga@inig.pl