

WSTĘPNE BADANIA AUTOMATYCZNEGO KOTŁA NA PELLET POD KĄTEM WYMAGAŃ NORMY PN-EN 303-5:2012

Autorzy: Paweł Gil, Joanna Wilk, Maria Tychanicz, Stanisław Wielgos

("Rynek Energii" 10/2017)

Słowa kluczowe: kocioł na pellet, badania atestacyjne, sprawność cieplna

Streszczenie: W artykule zaprezentowano wstępne wyniki badań automatycznego kotła na pellet drzewny pod kątem wymagań normy PN-EN 303-5:2012. Badano kocioł o nominalnej mocy cieplnej 28kW. Dokonano pomiaru mocy cieplnej, temperatury wlotowej i wylotowej z kotła, zbadano emisje CO₂, CO, NO i NO₂, dokonano pomiaru temperatury spalin. Badano wpływ geometrii turbulizatora spalin na temperaturę spalin a tym samym oszacowano stratę wylotową. Dodatkowo w pracy wyznaczono ciepło spalania pelletu drzewnego i oszacowano jego wartość opałową. Na tej podstawie została określona sprawność cieplna kotła.

1. WSTĘP

Polska jest krajem o bardzo dużym zanieczyszczeniu powietrza. Oddychanie silnie zanieczyszczonym powietrzem zwiększa ryzyko wystąpienia między innymi: nowotworów, astmy, raka i choroby płuc, częstych infekcji dróg oddechowych, zawału serca czy nadciśnienia tętniczego [14]. Na zanieczyszczenie powietrza składa się: pył zawieszony PM₁₀ oraz PM_{2,5}, benzo(α)piren oraz dwutlenek azotu. Głównym źródłem zanieczyszczeń powietrza w Polsce jest spalanie węgla i drewna w starych, nie ekologicznych kotłach w gospodarstwach domowych. Spalanie tego typu paliw odpowiada za ponad 50% emisji pyłów (PM₁₀) i 87% emisji rakotwórczego benzo(α)pirenu [13]. Ostatniej zimy głośno było o tzw. smogu, na który w głównej mierze składa się niska emisja pochodząca od niskich kominów domów jedno- i wielorodzinnych, które emitują najwięcej trujących substancji i pyłów. Nazwa ta pochodzi od angielskich słów smoke - (dym) i fog - (mgła), Według [13] aż 87% emisji benzo(α)pirenu pochodzi z niskiej emisji, 11% z przemysłu i tylko 2% z energetyki, natomiast 52% źródeł w emisji pyłu PM₁₀ stanowi tzw. niska emisja.

W wielu gospodarstwach domowych ciepło marnuje się w szczególności poprzez nieszczelne okna i drzwi, brak izolacji termicznej. Samą termomodernizacją można zmniejszyć zapotrzebowanie energetyczne budynku aż o połowę. Innym źródłem strat ciepła jest samo źródło ciepła.

Kotły na paliwa stałe, zarówno kotły komorowe z ręcznym załadunkiem, jak i kotły z automatycznym podawaniem paliwa, objęte są europejską normą PN EN 303-5:2012. Norma ta wprowadza trzy klasy jakości kotłów podzielone według stopnia spełniania w/w kryteriów:

- **klasa 3** - najniższa,
- **klasa 4** - średnia,
- **klasa 5** - najlepsza.

Większość najtańszych, pozaklasowych (według normy) kotłów na węgiel i drewno dostępnych na rynku emituje bardzo duże ilości pyłów i substancji rakotwórczych. Nisko sprawny kocioł węglowy emituje aż 420mg/m^3 pyłów do atmosfery, gdzie kocioł na pellet drzewny znajdujący się w 5 klasie emituje tylko 20mg/m^3 pyłu (21 razy mniej) oraz praktycznie nie emituje benzo(α)pirenu. Wyczerpywanie się stosowanych w energetyce zasobów paliw kopalnych w połączeniu z ciągle rosnącym zużyciem energii elektrycznej skłania do szukania rozwiązań technologicznych, systemowych i organizacyjnych mających na celu zaspokojenie potrzeb energetycznych społeczeństw w sposób możliwie mało uciążliwy dla środowiska naturalnego, a jednocześnie korzystny ekonomicznie. Wśród tych działań można wyróżnić rozwój odnawialnych źródeł energii, takich jak: systemy fotowoltaiczne [4][6], kogeneracja czyli jednoczesne wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła poprzez spalanie gazu drzewnego lub biogazu [5][7][11]. Istotne jest również upowszechnianie wiedzy o możliwościach oszczędzania energii na poziomie użytkowników końcowych, a także zwiększanie efektywności istniejących technologii energetycznych. Dodatkowo można szukać alternatywnych paliw do zasilania urządzeń energetycznych, takich jak: gaz drzewny pochodzący ze zgazowania biomasy [3], biogaz z oczyszczalni ścieków [10], odpady z oczyszczalni ścieków [12], czy nowe rośliny energetyczne [9].

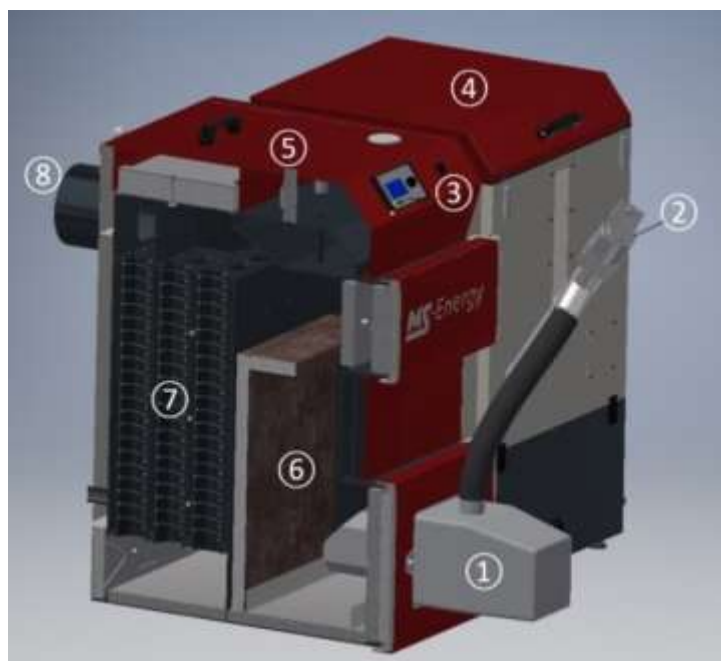
Drewno jest paliwem odnawialnym, które może zająć miejsce obok takich źródeł energii jak słońce, spiętrzenie wód czy siła wiatru. Jest również jedynym paliwem, które posiada zerowy bilans dwutlenku węgla (CO_2), czyli pobiera w trakcie wegetacji, poprzez proces fotosyntezy, taką samą ilość dwutlenku węgla, jaką emituje w procesie spalania [8][1]. Pellet jest to rodzaj odnawialnego, ekologicznego paliwa stałego, powstającego ze sprasowanej pod wysokim ciśnieniem biomasy drzewnej. Najczęściej występuje w postaci granulatu. Spotyka się również określenia pellet na granulaty powstałe z innej biomasy roślinnej, tzw. agropellet (np. pellet ze słomy). Posiada on jednak inne właściwości energetyczne niż pellet drzewny. Zależą one od surowca, z którego jest wyprodukowany. Głównym materiałem wykorzystywanym do produkcji pelletu najwyższej jakości są: trociny, zrębki i wióry tartaczne. Pellet to wysoko energetyczne paliwo spalane w palnikach, piecach, kotłach, kominkach oraz innych urządzeniach grzewczych przeznaczonych do ogrzewania budynków i pomieszczeń. Stąd wzięły się niektóre nazwy i określenia, takie jak „zielony węgiel” lub „zielona energia”. Wartość energetyczna pelletu waha się w granicach: $4,6\text{--}5\text{ kWh/kg}$, tj. $16\text{--}18\text{ MJ/kg}$. Cechami szczególnymi pelletu jest brak emisji szkodliwych gazów podczas spalania oraz niewielka ilość popiołu pozostała po jego spalaniu (od $0,2\%$ do 2%), który dodatkowo jest doskonałym ekologicznym nawozem.

Celem badań jest określenie głównych parametrów energetycznych automatycznego kotła na pellet, takich jak: moc cieplna oraz sprawność energetyczna. Dodatkowo zbadano proces spalania pelletu drzewnego oraz stabilność pracy palnika i całego kotła.

2. STANOWISKO BADAWCZE

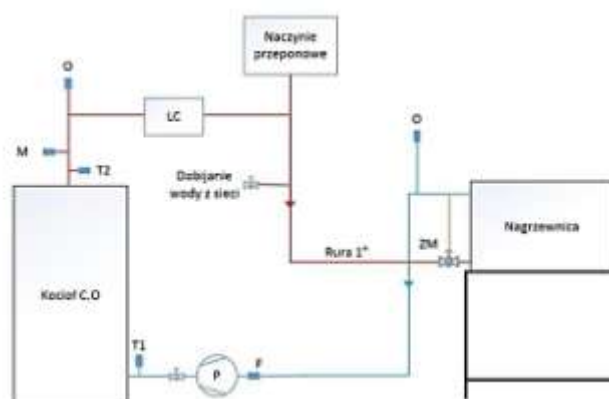
Do badań wykorzystano wodny kocioł do spalania pelletu drzewnego, który składa się z dwóch zasadniczych elementów (rys. 1): palnika i zasobnika opału. Producent zastosował renomowany palnik pelletowy firmy Pellas X mini 35. Palnik ten przystosowany jest do spalania pelletu drzewnego, suchej pestki z wiśni, czereśni lub oliwek oraz owsa o grubości 6-8mm. Palnik ten umożliwia modulację mocy cieplnej w zakresie od 8 – 35kW. Ponadto deklarowana przez producenta sprawność spalania sięga 99%. Średni pobór mocy elektrycznej wynosi 60W. Palnik jest dostarczany wraz z podajnikiem paliwa oraz sterownikiem R.Control, umożliwiającym sterowanie wszystkimi parametrami palnika oraz dodatkowo sterowanie pompami CO oraz CWU. Palnik ten umożliwia automatyczne zapalanie, czyszczenie i kontrolę spalania, płynne sterowanie proporcjonalno-całkująco-różniczkujące PID mocą cieplną palnika oraz automatyczne wygaszanie kotła. Charakteryzuje się również niską bezwładnością cieplną oraz posiada czujnik płomienia.

W palniku zastosowano rozwiązania zapewniające maksymalne bezpieczeństwo eksploatacji, w tym: system spalania nadciśnieniowego zapobiegający cofaniu się płomienia, bezpiecznik termiczny, który wyłącza zasilanie podajnika zewnętrznego oraz wentylatora w momencie przegrzania kotła oraz poliuretanowy łącznik podajnika z wysypem paliwa, który w przypadku cofnięcia się płomienia ulega stopieniu, dzięki czemu paliwo nie przedostaje się do palnika i wyrzucane jest poza obszar zagrożenia. Palnik zamontowany jest do drzwiczek na dodatkowym materiale izolacyjnym, który ogranicza przewodzenie ciepła do palnika. Podajnik paliwa jest założony do rury zsypowej zasobnika paliwa. Paliwo w zasobniku grawitacyjnie opada na leju zsypowym, gdzie jest pobierane przez podajnik ślimakowy zasilany silnikiem elektrycznym. Następnie paliwo podawane jest do łącznika poliuretanowego, gdzie opada grawitacyjnie do palnika. Zasobnik paliwa ma objętość około 200dm³. Gorące spaliny są ochładzane w kotle wodnym. Korpus kotła został wykonany ze stali kotłowej P265GH i blach o grubości od 4-6mm. Kocioł posiada dużą komorę spalania wyłożoną wysokogatunkowymi płytami szamotowymi o grubości 30mm. Ceramiczne wyłożenie zwiększa temperaturę spalania oraz umożliwia dopalenie się paliwa. Spaliny z komory spalania trafiają do rurowego wymiennika ciepła z turbulizatorami. Wymiennik posiada komorę nawrotną do rozprężania i tym samym odpopieliwania spalin. Następnie spaliny trafiają do komina. Kocioł umożliwia odbiór mocy cieplnej w zakresie 8-28kW. Pole powierzchni wymiany ciepła pomiędzy spalinami a wodą wynosi około 3,3m². Masa kotła bez wody wraz z pustym zasobnikiem wynosi około 440kg.



Rys. 1. Przekrój badanego kotła, 1 – palnik pelletowy, 2 – podajnik, 3 – sterownik, 4 – zasobnik paliwa, 5 – kocioł, 6 – płyty ceramiczne w komorze spalania, 7 – wymiennik ciepła z turbulizatorami, 8 – wylot spalin (czopuch)

Układ odbioru ciepła został zaprojektowany i wykonany przez firmę MAR-SPAW Sp. z o.o.. Aparaturę badawczą oraz badania dostarczył i przeprowadził Zakład Termodynamiki Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej. Schemat hydrauliczny zaprezentowano na rysunku 2. Do odbioru ciepła wykorzystano nagrzewnicę woda-powietrze Blowair S4, która w zależności od temperatury zewnętrznej jest w stanie rozproszyć nawet 78,6kW ciepła (dla temperatury zewnętrznej -20°C oraz temperatury zasilania / powrotu $90/70^{\circ}\text{C}$). Ponieważ badania były prowadzone w maju 2017 roku, temperatura otoczenia wynosiła około 19°C , zatem nagrzewnica była w stanie rozproszyć około 25kW ciepła przy temperaturze zasilania 70°C .



Rys. 2. Schemat instalacji hydraulicznej. Źródłem ciepła jest kocioł, natomiast odbiornikiem nagrzewnica woda-powietrze. P – pompa wodna, F – filtr, LC – licznik ciepła, ZM – zawór mieszający, O – odpowietrznik, M – manometr, T1 – temperatura powrotu, T2 – temperatura zasilania

Do pomiaru mocy cieplnej, wydatku objętościowego oraz temperatury wody na zasilaniu i powrocie wykorzystano licznik ciepła Kamstrup Multical 402, który został połączony z komputerem poprzez złącze RS232. Specjalnie do tego celu został napisany program w środowisku LabVIEW do akwizycji danych pomiarowych. Dane pomiarowe były automatycznie zapisywane do pliku tekstowego w odstępie czasowym wynoszącym 30 sekund.



Rys. 3. Analizator spalin IMR3000 wraz z kondycjonerem

Pomiar temperatury zewnętrznych powierzchni oraz drzwiczek kotła został zrealizowany przy wykorzystaniu pirometru TESTO 845, którego błąd pomiaru temperatury wynosi $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Temperatura spalin była mierzona przy wykorzystaniu termometru rezystancyjnego z wyświetlaczem, który został zainstalowany w czopuchu kotła. Emisje spalin zostały zmierzone przy wykorzystaniu analizatora spalin IMR3000, który umożliwia pomiar następujących składników spalin: CO_2 , O_2 , CO , NO , SO_2 , NO_2 (rys. 3). W celu określenia sprawności kotła wykonano badania ciepła spalania pelletu drzewnego za pomocą automatycznej bomby kalorymetrycznej, a następnie oszacowano wartość opałową paliwa z wykorzystaniem wzorów przeliczeniowych dostępnych w literaturze.

3. WYNIKI BADAŃ

3.1. Osiągnięcie stanu ustalonego

Pomiar właściwy polegał na spalaniu około 12kg pelletu w określonym czasie w stanie ustalonym. Po uruchomieniu sterownika kotła, podajnik dozuję dawkę paliwa do palnika, gdzie następuje automatyczny zapłon paliwa za pomocą grzałki elektrycznej (rys. 4). Wraz z rozpa-

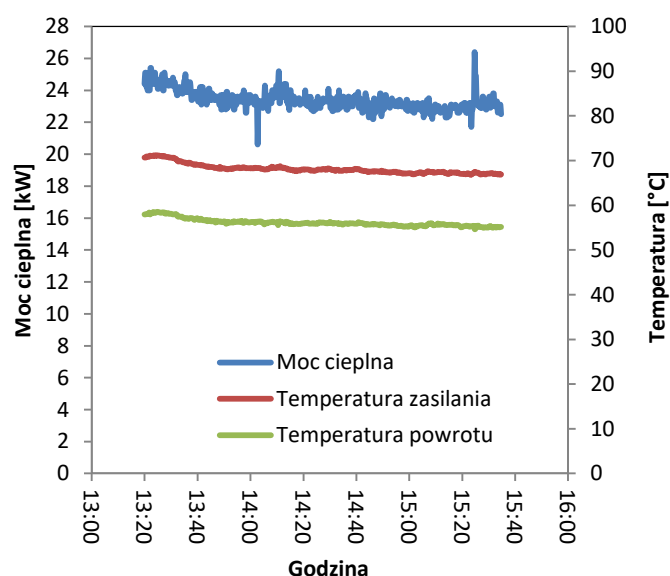
leniem paliwa kocioł się nagrzewa. Po osiągnięciu wymaganej temperatury włącza się odbiór ciepła. Stan ustalony został osiągnięty w czasie około godziny od momentu rozpalenia.



Rys. 4. Proces rozpalania paliwa na ruszcie palnika,

3.2. Pomiar mocy cieplnej

O godzinie 13:20 rozpoczął się pomiar właściwy w stanie ustalonym. Moc cieplna rejestrowana licznikiem ciepła wynosiła 25,1kW. Pomiar zakończył się o godzinie 15:34, a moc cieplna osiągnęła wartość 22,5kW (rys. 5). Średnia moc cieplna w rozpatrywanym okresie pomiaru wynosiła 23,4kW. Norma PN-EN 303-5:2012 określa warunki wykonania badań cieplnych, jednym z nich jest czas pomiaru wynoszący minimum 6h. Ze względu na rozpoznawczy charakter badań czas ten skrócono do 2 godzin i 14 minut. Norma określa, że podczas badań moc cieplna deklarowana przez producenta powinna być utrzymywana na stałym poziomie z tolerancją $\pm 8\%$. W rozpatrywanym przypadku tolerancja wynosiła $+7\%$ oraz -4% , co wynika przypuszczalnie z faktu nagrzewania pomieszczenia przez nagrzewnicę i zmniejszania możliwości rozpraszania ciepła. Moc nominalna kotła wynosząca 28kW nie została osiągnięta ze względu na wysoką temperaturę otoczenia i ograniczone możliwości rozpraszania ciepła przez nagrzewnice w takich temperaturach.



Rys. 5. Moc cieplna oraz charakterystyczne temperatury badanego kotła

Charakterystyczne temperatury zasilania i powrotu wody z kotła zostały zaprezentowane na rysunku 5. Średnia temperatura wody wychodzącej z kotła wynosiła 68,1°C, natomiast temperatura powrotu 56,1°C.

3.3. Pomiar temperatury spalin

Podczas stabilnej pracy kotła dokonano pomiaru temperatury spalin za czopuchem. Przy wykorzystaniu turbulizatora spalin, zaprezentowanego na rysunku 6a), temperatura spalin wynosiła około 130°C. Przy kolejnym pomiarze dla tych samych mocy cieplnych do turbulizatora wykonanego z pręta w kształcie spirali dołożono dodatkowo łańcuchy (rys. 6b), co pozwoliło obniżyć temperaturę spalin do około 115°C. Znając wartości temperatur spalin oraz temperaturę otoczenia (około 19°C) i zawartość dwutlenku węgla w spalinach (w rozpatrywanym okresie wynosiła średnio około 9%) straty kominowe można określić ze wzoru Siegerta:

$$\eta_k = (T_{sp} - T_{ot}) \left[\frac{A}{CO_2} + B \right]$$

gdzie:

η_k – strata kominowa wyrażona w procentach,

T_{sp} – temperatura spalin,

T_{ot} – temperatura otoczenia,

CO_2 – zmierzona wartość dwutlenku węgla w spalinach,

A, B - współczynnik Siegerta charakterystyczny dla danego paliwa.

a)



b)



Rys. 6. Testowane turbulizatory spalin, a) spirala z pręta $\varnothing 5\text{mm}$, b) spirala z pręta $\varnothing 5\text{mm}$ wraz z łańcuchami

Współczynnik A oraz B dla pelletu drzewnego wynosi 0,65 oraz 0 [2]. Podstawiając dane pomiarowe do powyższego wzoru, straty kominowe dla temperatury spalin wynoszącej 130°C wynoszą około 8% natomiast dla temperatury spalin 115°C wynoszą 7%.

3.4. Analiza spalin

Emisje spalin zostały zbadane analizatorem IMR3000 podłączonym do kondycjonera spalin. Zmierzone wartości zaprezentowano w tabeli 1.

Tabela 1. Analiza składu spalin

CO ₂ [%]	CO [mg/m _N ³]	NO [mg/ m _N ³]	NO ₂ [mg/ m _N ³]
10,85	201	123	20
9,25	182	105	26
9,55	201	123	22
10,22	195	117	17

3.5. Szacowanie sprawności kotła

W celu oszacowania sprawności kotła dokonano pomiaru ciepła spalania dwóch próbek pelletu spalane w kotle. Badania przeprowadzono w automatycznej bombie kalorymetrycznej, której widok prezentuje rysunek 7. Układ pomiarowy z bombą kalorymetryczną służy do pomiaru ciepła spalania i wartości opałowej paliw stałych oraz ciężkich paliw ciekłych. Procedura pomiaru kalorymetrycznego została ujęta w normie PN-ISO 1928. Ciepło spalania badanego paliwa opisane jest ogólnym wzorem:

$$W_g^a = \frac{K[(T_1 - T) - k_1] - k_2}{m}$$

gdzie:

W_g^a - ciepło spalania paliwa stałego w stanie analitycznym, J/kg

K - pojemność cieplna kalorymetru, J/K,

T_1 - ostatni odczyt temperatury głównego okresu pomiarowego, K,

T - ostatni odczyt temperatury początkowego okresu pomiarowego, bezpośrednio przed zapłonem paliwa, K,

k_1 - poprawka na wymianę ciepła z otoczeniem, K,

k_2 - poprawka na dodatkowe efekty cieplne, J

m - masa próbki paliwa, kg



Rys. 7 a) bomba kalorymetryczna, b) badany pellet

Do obliczenia wartości opałowej konieczna jest znajomość analizy elementarnej paliwa, w tym szczególnie zawartości wodoru w próbce oraz jej wilgotności całkowitej. Analizę elementarną paliwa należy przeprowadzić zgodnie z normą PN-73/G-04521. Do obliczeń przyjęto standardowe dla drewna wartości udziału wodoru i węgla. Średnia wartość ciepła spalania badanego paliwa wyniosła 18,2MJ/kg, natomiast przeliczona wartość opałowa wyniosła około 17,3MJ/kg. Obliczając energię odebraną przez nośnik ciepła oraz odnosząc go do energii chemicznej paliwa można oszacować sprawność kotła ze wzoru:

$$\eta = \frac{\dot{Q} \cdot \tau}{W_d \cdot m}$$

gdzie:

\dot{Q} – średnia moc cieplna,

τ - czas pomiaru,

W_d – wartość opałowa pelletu,

m – masa spalonego pelletu.

Sprawność kotła wynosi około 90%.

3.6. Pomiar temperatury zewnętrznej kotła

Dokonano pomiaru temperatury obudowy zewnętrznej kotła, wyczystek oraz drzwi przy wykorzystaniu pirometru. Temperatura znajdowała się w zakresie 20-30°C, natomiast temperatura wyczystki górnej oraz tylnej wynosiła około 50°C. Najwyższą temperaturę wynoszącą około 160°C zarejestrowano na kołnierzu stalowym wokół drzwi, na których jest zainstalowany palnik. Zgodnie z normą PN-EN 303-5 temperatura powierzchni zewnętrznych kotła z wyjątkiem czopucha nie powinna przekroczyć temperatury otoczenia o więcej niż 35K. Zgodnie z tym zapisem temperatura drzwiczek przekracza ustaloną wartość.

4. DYSKUSJA

Wstępne pomiary automatycznego kotła na pellet wykazały, że kocioł pracuje stabilnie przy ustalonej mocy cieplnej, a podczas pomiaru osiągnął średnią moc cieplną wynoszącą 23,4kW. Oszacowano sprawność kotła, która wyniosła około 90%, a tym samym jest wyższa niż wymagana w normie dla kotłów należących do 5 klasy. Dokonano także analizy spalin analizatorem IMR3000. Z uwagi na możliwości sprzętowe nie byliśmy w stanie zredukować wyników pomiaru do 10% zawartości tlenu i tym samym dokonać porównania z wartościami zapisanymi w normie. Dodatkowo oszacowano straty wylotowe i modernizowano turbulizator spalin, dzięki czemu udało się zredukować stratę wylotową z 8% do 7%.

Przeprowadzone badanie mają charakter rozpoznawczy i umożliwiły modernizację turbulizatora spalin, oraz dostarczyły informacji producentowi o konieczności zmian konstrukcyjnych drzwi.

Norma PN-EN 303-5:2012 przewiduje dodatkowe badania emisji pyłów do atmosfery, ciągu spalin oraz strat hydraulicznych. Badania atestacyjne kotłów na paliwa stałe są czasochłonne, wymagają dedykowanej aparatury oraz specjalistycznych stanowisk do odbioru ciepła, tym samym badania takie wykonują Instytuty, które się w tym specjalizują.

LITERATURA

- [1] BASU, Prabir. *Biomass gasification and pyrolysis: practical design and theory*. Academic press, 2010
- [2] Flue Gas Analysis in Industry. Practical guide for Emission and Process Measurements. TESTO 2 edicon
- [3] Gil P., Grosicki S., Wilk J.: *Możliwości zastosowań metod oczyszczania gazu powstałego ze zgazowania biomasy w generatorze małej mocy*. INSTAL 12 (2013) s. 38-42
- [4] Gil P., Szewczyk M.: *Roczne badania eksploatacyjne parametrów monokrystalicznych modułów fotowoltaicznych w Rzeszowie*. INSTAL 4 (2015) s. 22-27
- [5] Gil P., Wilk J.: *Instalacja CHP z silnikiem spalinowym zasilanym gazem drzewnym*. Zeszyty Naukowe Mechanika 87 (3/15) s.217-226
- [6] Gil P.: *Roczne wyniki pomiaru sprawności amorficznych kolektorów fotowoltaicznych w Rzeszowie*. Rynek Energii Nr 4 (119) 2015 s. 75-83
- [7] Gil. P., Tychanicz M., Wilk J.: *Instalacja skojarzonego wytwarzania ciepła i energii elektrycznej (uCHP) - badania eksperymentalne parametrów energetycznych*. Rynek Energii Nr 5 (126) 2016 s. 49-57
- [8] Gomułka, S., Knap, T., Strzelczyk, P., & Szczerba, Z.: *Energetyka wiatrowa. Uszczelnianie*, Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2006.
- [9] Tychanicz M., Wilk J., Grosicki S.: *Comparable analysis of an investigation of biomass energetic properties*. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Mechanika 88 (4/16), DOI: 10.7862/rm.2016.29

- [10] Wilk J., Wolańczyk F.: *Higher and lower heating values of biogas*. X International, Symposium on Heat Transfer and Renewable Sources of Energy, Szczecin, 2004, 169–174.
- [11] Wilk J., Wolańczyk F.: *Skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej w systemie zasilanym biogazem z oczyszczalni ścieków*. Inżynieria i Ochrona Środowiska tom 9, nr 1, Częstochowa, 2006, 23–36
- [12] Wilk J., Wolańczyk F.: *Właściwości energetyczne produktów ubocznych oczyszczalni ścieków*. I Konferencja Naukowo-Techniczna, Częstochowa/Podlesice, 26–28 września, 2005
- [13] Miniprzewodnik po wielkim smogu. Wrocław 2016
- [14] <http://www.krakowskialarmsmogowy.pl/>

PRELIMINARY EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE AUTOMATIC PELLET BOILER ACCORDING TO THE PN-EN 303-5:2012 STANDARD REQUIREMENTS

Key words: boiler for pellet, validation studies, thermal efficiency

Summary. The article presents the preliminary results of experimental investigation of the automatic pellet boiler according to the PN-EN 303-5 standard requirements. The boiler with the nominal power of 28 kW was investigated. The measurements of thermal power and inlet and outlet temperature of the boiler were carried out. Additionally the emissions of CO₂, CO, NO and NO₂ were investigated as well as the flue temperature. The influence of the geometry of the flue turbulence mixer for the flue temperature was also investigated, therefore the loss at outlet could be evaluated. Moreover, the HHV and LHV of investigated pellet was carried out, what helped with the thermal efficiency determination.

Paweł Gil, dr inż., asystent w Zakładzie Termodynamiki, Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Zakład Termodynamiki al. Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów, e-mail: gilpawel@prz.edu.pl

Joanna Wilk, dr hab inż. prof. PRz, kierownik Zakładu Termodynamiki, Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa

Maria Tychanicz, mgr inż., asystent w Zakładzie Termodynamiki, Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa

Stanisław Wielgos, mgr, Prezes Zarządu firmy MAR-SPAW Sp. z o.o. Tryńcza 127, 37-204 Tryńcza