

Wydział Energetyki i Paliw

Dr hab. inż. Łukasz Mika, prof. AGH
tel.: +48 12 617 56 26
e-mail: lmika@agh.edu.pl

Kraków, 12.05.2023r.

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Grzegorza Ojczyka
pod tytułem
„Badania i modelowanie pracy kotła wielopaliwowego opalanego biomasą
w postaci peletu drzewnego”

Rozprawa doktorska została napisana pod opieką naukową Prof. dr hab. inż. Wiesława Zimy. Rozprawa została złożona w dyscyplinie Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka i stanowi podstawę do ubiegania się o nadanie stopnia doktora nauk technicznych dla Pana mgr inż. Grzegorza Ojczyka.

Charakterystyka rozprawy doktorskiej

Przedmiotowa rozprawa doktorska jest przede wszystkim pracą eksperymentalną, która liczy wraz z wykazem bibliografii i załącznikami 170 stron. Wykaz biografii posiada 229 pozycji. Dziewiętnaście prac Autora jest w pracy doktorskiej cytowanych. Praca zawiera 12 rozdziałów z podrozdziałami oraz wykaz literatury. Zasadnicza część pracy jest zawarta w rozdziałach 6-12, przy czym rozdział 12 to wnioski, w których Autor oprócz obserwacji z analizy wyników badań przedstawił również zalecenia w zakresie prac modernizacyjnych kotła oraz prognozy dotyczące rozwoju i stosowania kotłów wielopaliwowych. Główny cel pracy oraz teza pracy znajdują się w rozdziale 3.

Rozdziały 1, 2, 4, 5 oraz 6 (częściowo) przedstawiają bardzo szeroką i wyczerpującą analizę teoretyczną dotychczasowego stanu zagadnienia w literaturze.

Celem pracy, który wyznaczył sobie Autor, było wykonanie badań doświadczalnych kotła wielopaliwowego EKOPŁUS 10 z automatycznym podajnikiem paliwa. Paliwem podstawowym dla tego kotła jest węgiel kamienny ekogroszek oraz miał. Badania zostały przeprowadzone podczas spalania peletu drzewnego o średnicy 6 mm. Teza pracy zdefiniowana przez Autora to twierdzenie, że możliwe jest opracowanie empirycznych zależności pozwalających na stworzenie algorytmu sterowania pracą kotła wielopaliwowego, dedykowanego do spalania ekogroszku, podczas spalania w nim peletu drzewnego. Stanowisko badawcze znajduje się w Laboratorium Katedry Energetyki Politechniki Krakowskiej.

W rozdziale pierwszym recenzowanej pracy doktorskiej zawarto wprowadzenie w tematykę zagadnienia, które zostało dalej rozwinięte w rozdziale 2. W tym rozdziale Autor przedstawił dane statystyczne w zakresie kotłów wielopaliwowych, przeanalizował aktualny stan badań naukowych w tym zakresie oraz przedstawił stan prawny dotyczący użytkowania kotłów na paliwa stałe i przedstawił ich przewidywane kierunki rozwoju.

W rozdziale 4 przedstawiono porównanie cech paliw, które mogą być spalane w przedmiotowej kotle, czyli węgla kamiennego i biomasy, a w szczególności peletu drzewnego. Na podstawie przedstawionych w pracy informacji dokonano analizy elementarnej i technicznej tych paliw, a na ich podstawie porównano te paliwa ze sobą. Wyznaczono pewne cechy wspólne i różnice, a także określono również wpływ parametrów paliwa na pracę kotła wielopaliwowego.

W rozdziale 5 przedstawiono najczęstsze techniki spalania wykorzystywane w kotłach stałopalnych z odróżnieniem na kotły małej mocy, kotły współprądowe ze współprądową techniką spalania o złożu stałym oraz przedstawiono proces spalania w kotle górnego spalania.

W rozdziale 6 Autor przedstawia rozwiązania konstrukcyjne palników kotłów stałopalnych małej mocy z automatycznym podajnikiem paliwa. W ramach analizy Autor przedstawia budowę palników kotłów jednopaliwowych na pelet, palników z ruchomym rusztem, palników retortowych, a także palnika retortowego kotła wielopaliwowego. Autor opisuje również budowę i działanie palnika do spalania węgla spiekających się oraz palnika do paliw drobnoziarnistych. W rozdziale tym również przedstawione zostały palniki kotła, który był badany doświadczalnie w ramach pracy na stanowisku badawczym.

W rozdziale 7 przedstawiono najczęstsze problemy eksploatacyjne podczas spalania peletu w kotłach jednopaliwowych, czyli wydzielanie się szlaki lub wydzielin żużlowych, które znacznie utrudniają doprowadzenie powietrza do podstawy płomienia, co w konsekwencji skutkuje podwyższeniem zawartości CO w spalinach.

W rozdziale 8 przedstawiony został algorytm obliczeniowy do wykonywania obliczeń cieplnych komory paleniskowej kotła. W końcowej postaci zależności (8.22) uwzględniono parametr M , który jest związany z rodzajem paliwa i względnego położenia palnika.

W rozdziale 9 Autor przedstawił opis stanowiska badawczego, przedstawił charakterystykę badanego kotła PelletStar 10 firmy Herz oraz porównawczego kotła Ekoplus firmy Ogniw. Autor pokazał też wielkości mierzone na stanowisku badawczym oraz opisał system akwizycji danych.

W rozdziale 10 opisano przeprowadzone badania eksperymentalne i dokonano wstępnej analizy wyników badań. W rozdziale tym przedstawiono też procedurę pomiarową, podano wyniki pomiarów, które obejmują temperaturę na wylocie z komory spalania, zawartość tlenu węgla w spalinach, udział tlenu w spalinach i temperaturę na wyjściu z wymiennika ciepła. Zebrane dane pomiarowe pozwoliły Autorowi wyznaczyć wybrane wielkości charakteryzujące kocioł, czyli moc cieplną kotła, a także sprawność kotła.

Rozdział 11 przedstawia szczegółową analizę wyników badań i obliczeń, które obejmują sterowanie pracą wentylatora i podajnika paliwa w zależności od temperatury spalin na wylocie z komory paleniskowej kotła lub w funkcji udziału tlenu w spalinach. Zebrane dane pomiarowe i wykonane obliczenia pozwoliły wyznaczyć temperatury spalin na wylocie z komory paleniskowej kotła i wskazać optymalny zakres pracy tego kotła w przypadku spalania peletu.

Rozdział 12 to wnioski z pracy oraz zalecenia dotyczące modernizacji badanego kotła, a także wskazówki eksploatacyjne. Na końcu pracy Autor opisuje prognozy w zakresie eksploatacji i potencjalnego rozwoju kotłów wielopaliwowych.

Ogólna ocena rozprawy

Oceniając układ rozprawy doktorskiej i jej poszczególne rozdziały można stwierdzić, że jest on właściwy. Należy podkreślić, że praca jest napisana bardzo starannie. Zakres podawanych we wstępie teoretycznym informacji jest wystarczająco szeroki (a nawet obszerny). Wnioski z pracy podsumowują uzyskane wyniki i są dość szczegółowe.

Bardzo mocną stroną pracy jest również jej opracowanie edycyjne. Istnieje niewiele literówek w pracy, czy też niepoprawnych określeń.

Literatura rozprawy doktorskiej jest obszerna. Około jednej czwartej wykazu bibliografii stanowią źródła cyfrowe, w tym również normy techniczne, rozporządzenia i dane statystyczne. Pozostała część to źródła typowo naukowe, najczęściej są to artykuły naukowe.

Cel główny pracy, który postawił sobie Autor, został w pracy zrealizowany. Należy tu zaznaczyć, że cel pracy jest bardzo ważny również z punktu widzenia praktycznego i jego wdrożenie z pewnością wpłynie na podniesienie efektywności kotłów wielopaliwowych spalających pelet, ograniczy negatywny wpływ na środowisko oraz wpłynie na upowszechnienie zamiany paliw kopalnych na biomasę w gospodarstwach domowych posiadających podobne kotły.

Metody i przyrządy badawcze zastosowane w badaniach doświadczalnych przedstawionych w niniejszej rozprawie doktorskiej są właściwe. Pewnym mankamentem, który można tutaj wskazać, jest brak stabelaryzowanych informacji dotyczących dokładności poszczególnych przyrządów pomiarowych wykorzystywanych w badaniach,

choć zamieszczony został za to schemat całego układu pomiarowego, a rozdział 9 zawiera w tekście szczegółowy opis wszystkich urządzeń pomiarowych.

Uwagi szczegółowe do pracy oraz uwagi dyskusyjne.

1. Niektóre cyfrowe dane bibliograficzne z wykazu nie posiadają daty dostępu, np.: [125], [215], [222], [226].
2. Dla lepszej czytelności praca doktorska powinna posiadać wykaz oznaczeń. Należy jednak zauważyć, że wszystkie symbole są oznaczone bezpośrednio pod zależnościami w rozdziale 8.
3. W jaki sposób wyznaczono w pracy gęstość nasypową peletu? Podajnik ślimakowy ma tą cechę, że paliwo nim dostarczane do paleniska będzie nieco sprasowane. Dodatkowo właściwości peletu będą również sprzyjały prasowaniu takiego paliwa w podajniku. W pracy podano jedynie wartość gęstości nasypowej peletu, ale nie podano sposobu jego wyznaczenia.
4. Czym można tłumaczyć nieproporcjonalną zależność osiągniętej maksymalnej temperatury spalin dla różnych ilości (czasów podawania) paliwa? Na przykład między czasem podawania paliwa 5s, a czasem podawania paliwa 10s mamy 100% wzrostu ilości paliwa, a nie wzrasta dwukrotnie strumień powietrza, który dostarczany jest do komory spalania przy maksymalnej temperaturze spalin. Podobnie obserwuje się przy pozostałych charakterystykach (rysunki 10.3.a,b,c). Jednocześnie można zauważyć, że zawartość tlenu węgla w spalinach w PPM jest proporcjonalna do ilości podawanego paliwa do komory spalania (rysunek 10.4.a.), ale nie do wydajności wentylatora (rysunek 10.4.b).
5. Jakie musiałyby być spełnione warunki, aby dwukrotnie większa ilość podawanego paliwa spowodowała dwukrotne podniesienie mocy kotła? Przykładowo, na rysunku 10.7.a czterokrotne zwiększenie ilości paliwa podawanego do kotła powoduje wzrost mocy kotła rzędu 2,5 raza.
6. Czym można tłumaczyć niewielkie wahania maksymalnej sprawności cieplnej kotła w zależności od zmiennej ilości (4 razy) podawanego paliwa (rysunek 10.8.a)?
7. Dwa pierwsze zalecenia dotyczące prac modernizacyjnych i eksploatacyjnych kotła są ze sobą sprzeczne, gdyż dotyczą jednocześnie podwyższenia temperatury spalin na wylocie z komory spalania oraz obniżenia temperatury spalin na wylocie z kotła. Podniesienie temperatury ma skutkować mniejszym obciążeniem dla środowiska poprzez redukcję ilości tlenu węgla w spalinach, a z kolei obniżenie temperatury spalin ma skutkować wzrostem sprawności kotła. Należy tu zauważyć, że podniesienie sprawności kotła też będzie skutkowało mniejszym obciążeniem dla środowiska naturalnego (mniejsza ilość paliwa). Konieczny byłby więc tutaj ostateczny komentarz.

Wniosek końcowy

Mgr inż. **Grzegorz Ojczyk** wykonał samodzielnie rozprawę doktorską, która wnosi duży wkład w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Osiągnięciem Autora jest doświadczone i obliczeniowe wykazanie, że możliwe jest

opracowanie empirycznych zależności pozwalających na stworzenie algorytmu sterowania pracą kotła wielopaliwowego, dedykowanego do spalania ekogroszku, podczas spalania w nim peletu drzewnego.

Wszystkie uwagi krytyczne zamieszczone w recenzji podlegają dyskusji i nie rzutują istotnie na poziom naukowy recenzowanej rozprawy doktorskiej.

Biorąc pod uwagę ww. ocenę rozprawy stwierdzam, iż praca doktorska Pana mgr inż. Grzegorza Ojczyka spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim określonych w art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017r. poz. 1789 z późn. zm.). Stawiam wniosek do Rady Naukowej Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Krakowskiej o dopuszczenie tej pracy do publicznej obrony.

Mika Turkes

