

Prof. dr hab. inż. Robert SEKRET
Profesor zwyczajny w Politechnice Częstochowskiej

POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA
Wydział Infrastruktury i Środowiska
42 – 201 Częstochowa, ul. J.H. Dąbrowskiego 69
Tel.: +48 664758109; E-mail: rsekret@is.pcz.czest.pl

Częstochowa, dn. 01.06.2017 r.

Szanowny Pan
Dr hab. inż. Piotr Koszelnik, Prof. PRz
Dziekan Wydziału
Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury
Politechniki Rzeszowskiej
ul. Poznańska 2
35-959 Rzeszów

Recenzja

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Nowaka

1. Wprowadzenie

Recenzja niniejsza została napisana w odpowiedzi na pismo Dr hab. inż. Piotr Koszelnika, Prof. PRz Dziekana Wydziału Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej z dnia 20 kwietnia 2017 roku.

2. Zakres rozprawy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Krzysztofa Nowaka nosi tytuł „Wpływ procesu współspalania węgla i biomasy na stężenia zanieczyszczeń w gazach spalinowych”. Zawiera łącznie 167 stron. Oparto ją o 252 pozycje bibliograficzne. Rozprawa została podzielona na 7 głównych rozdziałów i uzupełniona: wykazem oznaczeń, bibliografią, spisem rysunków i tabel oraz jednym załącznikiem.

Rozdział pierwszy pracy stanowi wstęp. Doktorant przedstawił w nim główne przesłanki jakimi się kierował przy wyborze problemu badawczego. We wstępie wskazał na bezpośrednią zależność między wiekiem urządzeń wytwórczych



w systemach ciepłowniczych, strukturą nośników energii pierwotnej w nich wykorzystywanych a efektywnością energetyczną i wykorzystaniem odnawialnych nośników energii pierwotnej (biomasy), jako jednej z możliwości poprawy jakości powietrza atmosferycznego. Doktorant wskazał ponadto na możliwość wykorzystania biomasy już w istniejących kotłach, przy niskich kosztach inwestycyjnych, poprzez współspalanie z paliwem bazowym, np. z węglem. Rozdział drugi ocenianej rozprawy doktorskiej stanowi cel i tezy pracy. Doktorant założył, że współspalanie biomasy i paliw kopalnych ma wpływ na sprawność wytwarzania ciepła oraz wielkość emisji zanieczyszczeń gazowych w wodnych kotłach rusztowych pracujących poniżej nominalnych warunków eksploatacji. Przyjął także, że istnieje możliwość wykorzystania zaproponowanych zależności w strategii ochrony powietrza. W związku z tak postawionymi tezami Doktorant podał, że celem pracy będzie opracowanie korelacji wielkości emisji zanieczyszczeń z procesu współspalania mieszanki biomasy i paliw kopalnych oraz sprawności wytwarzania ciepła dla kotła wodnego rusztowego pracującego w warunkach minimum obciążenia cieplnego i poniżej tego minimum. W związku z tym zaplanował do realizacji 9 celów szczegółowych, w tym 6 w ramach części teoretycznej pracy i 3 w ramach badań eksperymentalnych. W rozdziale trzecim Autor sformułował zakres pracy. Stanowi on trzy części. Część pierwsza odnosi się do przeglądu literatury kończącego się wytycznymi do części badawczej. W drugiej części Doktorant zaplanował badania na kotle wodnym rusztowym WR-10 w skali technicznej. Część trzecia zakresu ocenianej pracy dotyczy opracowania modelu szacowania wpływu udziału biomasy w mieszance paliwowej na sprawność kotła i emisje zanieczyszczeń gazowych, czy analizy uzyskanych z jego wykorzystaniem wyników. W rozdziale czwartym, będącym przeglądem literatury, Doktorant zwrócił szczególną uwagę na: aktualną sytuację ciepłownictwa w kraju i szereg problemów z niej wynikających, rodzaje wykorzystywanych kotłów w systemach ciepłowniczych (ze szczególnym uwzględnieniem zalet wodnych kotłów rusztowych typu WR), zapotrzebowanie na moc cieplną kotła w relacji do jego sprawności i emisji zanieczyszczeń, regulacje prawne dotyczące granicznych stężeń zanieczyszczeń gazowych i metod ograniczania emisji zanieczyszczeń, charakterystykę węgla kamiennego i biomasy ze szczególnym wskazaniem specyficznych właściwości biomasy jako paliwa. Doktorant w rozdziale czwartym odniósł się także do opisu procesu współspalania węgla i biomasy oraz problematyki realizacji tego procesu w kotłach wodnych rusztowych. Na zakończenie tego rozdziału pracy Autor



przedstawił zagadnienia związane z poborem próbek i zapewnieniem wiarygodności uzyskiwanych wyników w trakcie pomiarów, określania wskaźników emisji zanieczyszczeń do atmosfery, podstaw bilansu energetycznego kotła czy wyznaczania sprawności cieplnej kotła wodnego rusztowego. W rozdziale piątym Doktorant zawarł opis i wyniki badań współspalania biomasy i węgla kamiennego na kotle WR-10 zlokalizowanego w ciepłowni miejskiej. Przedstawił opis stanowiska badawczego oraz wykorzystanych urządzeń pomiarowych. Jako biomasę wykorzystano zrębki drzewne pochodzące z zakładów meblowych. Na potrzeby badań Doktorant przeprowadził analizę techniczną i elementarną paliw, określił sprawność cieplną kotła oraz skład spalin uwzględniający 10 składników. Druga część rozdziału piątego stanowi opis uzyskanych wyników. W tym celu Doktorant przedstawił rozkład: mocy cieplnej kotła, sprawności kotła oraz poszczególnych składników spalin w funkcji czasu trwania pomiarów. Do analizy wyników wybrał 30 minutowe okresy czasu charakteryzujące się niezmiennością wartości mierzonej i obliczył wartość średnią poszczególnych mierzonych wielkości. Badania przeprowadzono dla zmiennych obciążeń cieplnych kotła i czterech udziałów biomasy w mieszance w przedziale od 35% do 70%. Do interpretacji zdefiniowanych zależności wykorzystano współczynniki korelacji. W tym celu wykorzystano program Statistica. W rozdziale szóstym ocenianej rozprawy doktorskiej Doktorant przedstawił opracowane statystyczne modele określające wpływ współspalania biomasy i węgla kamiennego w kotle wodnym rusztowym WR na jego sprawność cieplną oraz wielkość emisji zanieczyszczeń gazowych. Do opracowania modeli i graficznej prezentacji wyników Autor wykorzystał program Statistica. Modele numeryczne opracowano dla: sprawności kotła, stężenia CO_2 i O_2 oraz standardów emisji dla: NO_x , SO_2 , HCL , HF , CH_4 i LZO . W ostatnim siódmym rozdziale rozprawy doktorskiej Doktorant przedstawił podsumowanie i wnioski końcowe.

3. Ocena pracy

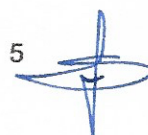
Wykorzystanie biomasy w procesach wytwarzania ciepła jest nadal jednym z głównych kierunków zwiększania wykorzystania odnawialnych nośników energii pierwotnej w kraju. Największy potencjał wdrożeniowy występuje w tych miejscach, gdzie biomasa stanowi produkt uboczny z różnych procesów produkcyjnych. Istotnym argumentem przemawiającym za energetycznym wykorzystaniem paliw biomasowych jest możliwość wykorzystania istniejącej infrastruktury technicznej i bogatych



doświadczeń z jej eksploatacji. Tak rozumiany efekt synergii pozwala na zwiększenie efektywności energetycznej, środowiskowej i ekonomicznej inwestycji polegającej na adaptacji urządzeń wytwórczych (kotłów) w źródle ciepła do przetwarzania biomasy w ciepło. Należy jednak pamiętać, że bardzo często niski stopień oddziaływania procesów termicznego przetwarzania biomasy na środowisko wynika tylko z przyjętego założenia o jej ekologiczności. Procesem termicznego przetwarzania biomasy, który bardzo często jest rozważany do realizacji w systemach ciepłowniczych, zarówno w ciepłownictwie systemowym i lokalnym, jest proces współspalania paliwa bazowego (najczęściej węgla kamiennego) z biomasą w istniejącym kotle. Ze względu na znaczne zróżnicowanie właściwości fizykochemicznych węgla kamiennego oraz różnych typów biomasy organizacja takiego procesu oraz jego realizacja stwarza szereg problemów do rozwiązania. Dlatego uważam, że wybór tematyki naukowo-badawczej przez Doktoranta jest trafny i w pełni uzasadniony również z aplikacyjnego punktu widzenia.

We wstępie Doktorant czytelnie przedstawił uzasadnienie podjęcia się tematu badań oraz wyboru zaproponowanej technologii współspalania. W rozdziale drugim szczegółowo przedstawił podstawy sformułowania celu głównego i celów szczegółowych pracy. Postawione tezy nie budzą zastrzeżeń. Zarówno cele i tezy pracy są adekwatnego do myśli przewodniej ocenianej rozprawy doktorskiej. Nie wnoszę uwag do treści rozdziału trzeciego, tj. sformułowanego w nim zakresu pracy. Doktorant bardzo czytelnie przedstawił poszczególne zadania do zrealizowania. Stopień szczegółowości jest wystarczający i wskazuje na pełne przekonanie Doktoranta do zaproponowanego celu pracy. Treść rozdziału czwartego pracy, przegląd literatury, odnosi się do istotnych zagadnień wynikających z przyjętych celów i zakresu pracy. Doktorant wskazał w nim stan wiedzy o możliwych do osiągnięcia w systemach ciepłowniczych efektach energetycznych i środowiskowych, omówił specyficzne warunki ich pracy, scharakteryzował specyfikę procesu współspalania węgla i biomasy. Wskazał na podstawie przeglądu literatury metody określania sprawności kotłów i określania wskaźników emisyjnych. Przegląd literatury jest czytelny, logicznie ułożony a stopień szczegółowości wystarczający. Jego zakres jest poprawny. Uważam, że Doktorant nabył umiejętności przeprowadzenia krytycznego przeglądu literatury, stawiania tezy naukowej oraz poprawnego formułowania celu i zakresu badań. Wybór instalacji badawczej w postaci kotła WR-10

zlokalizowanego w ciepłowni miejskiej do przeprowadzenia badań współspalania biomasy i węgla kamiennego uważam za adekwatny do podjętego celu badań. Opis instalacji badawczej, plan badań, wybór biomasy w postaci zrębków drzewnych pochodzących z zakładów meblowych i ich charakterystyka oraz metoda realizacji badań nie budzą zastrzeżeń. Opis instalacji badawczej byłby pełniejszy, jeżeli Doktorant zamieściłby w pracy także dane techniczne kotła WR-10. Zastosowana aparatura pomiarowa nie budzi zastrzeżeń. Zwróciłbym tutaj jednak uwagę na aspekt niepewności pomiarów. Bardzo często, w badaniach na obiektach będących w ruchu eksploatacyjnym, brak jest możliwości wykonania serii powtórzeń danego testu, stąd też nie ma możliwości oszacowania niepewności pomiaru. W takich przypadkach podanie jedynie błędu pomiaru (błędu granicznego) wynikającego z dokładności urządzeń pomiarowych jest cenną informacją mówiącą o jakości uzyskanych wyników. Niemniej jednak, biorąc pod uwagę specyfikę badań na obiektach przemysłowych, Doktorant wykazał się dużą starannością i poprawnością merytoryczną. Uzyskane przez Autora wyniki wnoszą istotny wkład do stanu wiedzy z zakresu współspalania biomasy. Wykorzystanie do analizy wyników badań programu Statistica zwiększa ich użyteczność. Podsumowanie pracy i wnioski końcowe, przedstawione w rozdziale siódmym, są jednoznaczne i odnoszą się do przyjętych celów. Uważam, że Doktorant rzetelnie zaplanował i wykonał badania oraz w sposób przejrzysty zaprezentował uzyskane wyniki i wnioski szczegółowe z ich analizy. Poprawnie oceniam zaproponowaną w rozdziale szóstym metodę oceny procesu współspalania biomasy i węgla kamiennego w kotle wodnym rusztowych WR. Dla przyjętego celu zaproponowana metoda jest wystarczająca. Podsumowując ocenę rozdziału piątego, szóstego i siódmego uważam, że Doktorant nabył umiejętności: poprawnego wyboru obiektu badań, metodyki badawczej oraz realizacji badań. Forma graficzna i tabelaryczne zestawienie wyników są czytelne i starannie opracowane. Terminologia nie budzi zastrzeżeń. Zaproponowane oznaczenia i symbole są stosowane konsekwentnie. W związku z tym stwierdzam, że Doktorant nabył umiejętności: analizy uzyskanych wyników, ich prezentacji oraz formułowania wniosków z pracy naukowej.



Uwagi i pytania do dyskusji:

1. W jaki sposób ustalono, że 30 minutowe okresy pomiarów będą reprezentatywne dla danego testu?
2. Jaki jest błąd graniczny uzyskanych wartości sprawności czy stężeń poszczególnych zanieczyszczeń gazowych?
3. Czy współspalanie biomasy z węglem kamiennym przynosi uzasadnione efekty ekologiczne i energetyczne? Przykładowo, jak wskazują wyniki uzyskane w pracy wzrost udziału biomasy w mieszance paliwowej prowadzi do obniżenia sprawności kotła oraz wzrostu stężenia: ditlenku węgla, tlenków azotu czy fluorowodoru

Uwagi szczegółowe:

- Strona 7 - Czy jednostka MW/h odniesiona do wydajności cieplnej kotła jest poprawna?
- Strona 7 - Czy jednostka kW/s odniesiona do strumienia energii chemicznej paliwa doprowadzonej do kotła jest poprawna?
- W pracy stosuje się wymiennie pojęcia kocioł energetyczny i kocioł grzewczy. W przypadku ocenianej pracy należałoby stosować pojęcie kocioł ciepłowniczy.
- Trafniejsze byłoby połączenie podrozdziałów 4.12 i 4.13 w jeden.

Za istotne osiągnięcia rozprawy uważam:

- Przygotowanie i przeprowadzenie badań eksperymentalnych, które pozwoliły na określenie wpływu procesu współspalania biomasy z węglem kamiennym na sprawność kotła WR-10 i emisję zanieczyszczeń gazowych w warunkach pracy kotła bliskich i poniżej minimum technicznego.
- Opracowanie zależności i wytycznych pozwalających określać tendencje zmian sprawności kotła i wielkości emisji zanieczyszczeń gazowych w procesach spalania węgla w kotłach WR-10 po wprowadzeniu biomasy, jako paliwa dodatkowego.

Chciałbym podkreślić, że organizacja i realizacja badań w skali technicznej wymagała od Doktoranta szerokiej wiedzy nie tylko w zakresie problematyki podjętego problemu naukowego, ale również w zakresie dozoru i eksploatacji instalacji w skali technicznej.

Doktorant bardzo staranie opracował pod względem edycyjnym i graficznym rozprawę doktorską

4. Wniosek końcowy

Przedstawiona do oceny praca doktorska mgr inż. Krzysztofa Nowaka nt. „Wpływ procesu współspalania węgla i biomasy na stężenia zanieczyszczeń w gazach spalinowych” stanowi oryginalne rozwiązanie bardzo istotnego problemu naukowego jakim jest współspalanie biomasy i węgla kamiennego w kotłach ciepłowniczych. Jej poziom merytoryczny spełnia wymagania stawiane przez obowiązującą ustawę o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. Wobec powyższego wnioskuje o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

