

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

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

Częstochowa, dn. 28.04.2016 r.

Szanowny Pan
Prof. dr hab. inż. Krzysztof Barbusiński
Prodziekan ds. Organizacji i Rozwoju
Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki
Politechniki Śląskiej
ul. Konarskiego 18
44-100 Gliwice

Recenzja

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Michała Poloka

1. Wprowadzenie

Recenzja niniejsza została napisana w odpowiedzi na pismo Nr RIE-BD/4/230/2015/2016 z dnia 14 marca 2016 roku.

2. Zakres rozprawy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Michała Poloka nosi tytuł „Pośrednie współspalanie biomasy i odpadów w kotłach energetycznych”. Zawiera łącznie 90 stron. Oparto ją o 50 pozycji bibliograficznych. Rozprawa została podzielona na 8 głównych rozdziałów i uzupełniona bibliografią oraz spisem oznaczeń.

Rozdział pierwszy pracy stanowi wprowadzenie. Doktorant przedstawił w nim uzasadnienie podjęcia się zaproponowanego problemu naukowego. Nawiązał do konieczności zwiększania udziału odnawialnych źródeł energii w wytwarzaniu elektryczności, gdzie podkreślił że największy potencjał posiada energetyka odnawialna oparta na przetwarzaniu i spalaniu biomasy. Doktorant przedstawił zalety i wady technologii pozyskiwania elektryczności z biomasy w procesie współspalania. W dalszej części wprowadzenia Autor scharakteryzował kierunki zwiększania udziału biomasy w procesach współspalania z uszczegółowieniem zgazowania biomasy

w urządzeniu zewnętrznym i dopaleniu powstałego gazu w kotle. W drugiej części wprowadzenia Doktorant odniósł się do opracowanej w Zakładzie Kotłów i Wytwornic Pary Politechniki Śląskiej innowacyjnej technologii obróbki termicznej paliw alternatywnych OTREM, gdzie założono prowadzenie obróbki termicznej z wykorzystaniem recykulowanych spalin wraz z opatentowanym sposobem integracji reaktora OTREM z kotłem energetycznym. Rozdział drugi ocenianej rozprawy doktorskiej stanowi cel i zakres pracy. Doktorant założył, że celem pracy będzie analiza możliwości prowadzenia współspalania biomasy, odpadów w kotle spalającym paliwa konwencjonalne poprzez jego integrację z reaktorem obróbki termicznej biomasy, odpadów oraz zbadanie możliwości minimalizacji zagrożenia korozyjnego wypełnień zimnego końca regeneracyjnego obrotowego podgrzewacza powietrza spowodowanego wprowadzeniem współspalania. Doktorant na potrzeby realizacji celu badań zaproponował przeprowadzenie badań dwóch instalacji przemysłowych zbudowanych zgodnie z koncepcjami przedstawionymi w rozdziale pierwszym ocenianej rozprawy. W związku z tak przyjętym celem pracy Doktorant zaplanował 5 celów szczegółowych. Obejmują one: wykazanie możliwości zastosowania spalin kotłowych jako gazu konwertującego w procesie zgazowania, zbadanie potencjału technologii zgazowania biomasy spalinami i wpływ procesu ich współspalania na charakterystyki technologiczne i ekologiczne kotła, opracowanie wytycznych pracy reaktora OTREM oraz opracowanie metody diagnozowania ROPP w kierunku wyeliminowania zagrożenia korozją niskotemperaturową i nieprawidłowej pracy zdmuchiawczy popiołu. Trzeci rozdział ocenianej rozprawy dotyczy przemysłowych badań reaktora OTREM. W ramach tej części pracy Doktorant przedstawił: opis instalacji badawczej zawierający charakterystykę układu paliwo-gazy procesowe oraz sterowania i akwizycji danych, następnie plan eksperymentu, charakterystykę paliwa i materiałów oraz procedurę prowadzenia badań. W dalszej części rozdziału trzeciego Doktorant zawarł dwa etapy badań, które zawierały cztery testy w etapie pierwszym i dwa testy w etapie drugim. Każdy etap zakończony został prezentacją uzyskanych wyników i ich analizą. Kończącą dziewiątą część rozdziału trzeciego stanowi bilans (masowy i energetyczny) reaktora OTREM. W czwartym rozdziale Autor przedstawił analizę współspalania gazu OTREM z paliwami konwencjonalnymi. Odniósł się w nim do utraty sprawności w procesie współspalania węgla kamiennego wraz z niskokalorycznym gazem. W ocenianej pracy do rozwiązania tego problemu zaproponowano obniżenie temperatury spalin za kotłem i rozważono cztery warianty modernizacyjne. W piątym rozdziale Doktorant przedstawił aspekty korozji niskotemperaturowej regeneracyjnych obrotowych podgrzewaczy powietrza a w tym opis metody zapobiegania rośnięcia spalin z wykorzystaniem nomogramu określającego obszar bezpiecznej pracy kotła dla danych parametrów spalnego paliwa i parametrów pracy kotła. Na zakończenie rozdziału piątego Doktorant przedstawił wady takiego rozwiązania. W kolejnym szóstym rozdziale ocenianej rozprawy doktorskiej Doktorant scharakteryzował system diagnostyki zagrożenia korozją Rotating Air Heater Plus (RAH+). Rozdział ten jest kontynuacją problemu przedstawionego w rozdziale szóstym i dotyczy wyeliminowania zidentyfikowanych ograniczeń metody doboru temperatury spalin wylotowych opartej na nomogramach.

Przedstawiono tutaj opracowaną koncepcję systemu diagnostycznego do prowadzenia monitoringu on-line temperatury wypełnień ROPP przy jednoczesnym pomiarze temperatury kwasowego punktu rosy spalin. Koncepcja zawiera dwa sposoby połączenia przestrzeni pomiędzy kanałami przepływowymi spalin i powietrza z przestrzenią dostępną dla obsługi ROPP (dla ROPP z wałami wykonanymi z rury grubościennej oraz dla ROPP z wałami pełnymi). Przemysłowe badania systemu diagnostyki RAH+ Doktorant przedstawił w rozdziale siódmym. W ramach tej części pracy opisał: cel pomiaru, instalację badawczą, metodę pomiaru temperatury kwasowego punktu rosy, wyniki badań i ich analizę dla pięciu pomiarów (kolejno dla: tzw. „średniej” mocy bloku, tzw. „wysokiej” mocy bloku, rozruchu kotła, współspalania węgla z biomasą dla tzw. „średniej” mocy bloku, współspalania węgla z biomasą dla tzw. „wysokiej” mocy bloku). Następnie Doktorant przedstawił wyniki badań ciągłego monitoringu temperatury wypełnień ROPP. Rozdział siódmy zawiera analizę uzyskanych wyników badań i wnioski szczegółowe. W ostatnim ósmym rozdziale rozprawy doktorskiej Doktorant przedstawił podsumowanie.

3. Ocena pracy

Energetyczne wykorzystanie biomasy jest szybko rozwijającym się obszarem energetyki odnawialnej w kraju. Należy tutaj podkreślić, że idea ta pozwala na wykorzystanie istniejącej infrastruktury energetycznej i bogatych doświadczeń z jej eksploatacji z jednej strony oraz stwarza możliwość zwiększenia udziału odnawialnych źródeł energii w procesie wytwarzania elektryczności i ciepła w kraju w krótkim okresie czasu z drugiej strony. Ten efekt synergii prowadzi do zwiększenia efektywności energetycznej, środowiskowej i ekonomicznej inwestycji, których celem jest zwiększenie udziału OZE w sektorze wytwarzania. Wybór odpowiedniej technologii energetycznego wykorzystania biomasy (odpadów) zależy głównie od rodzaju i zasobów biomasy (odpadów), która ma być wykorzystana w danym procesie, dostępności technologii oraz względów ekonomicznych. Procesem wyjątkowo predysponowanym do energetycznego wykorzystania biomasy, odpadów jest proces współspalania jej z węglem. Współspalanie biomasy i paliw alternatywnych z węglem jest realizowane zarówno w kotłach rusztowych, pyłowych, jak i fluidalnych. Taki układ wielopaliwowy występuje w wielu dużych kotłach energetycznych dając wiele korzyści ale niestety powoduje również dodatkowe problemy eksploatacyjne. Biomasa i odpady to paliwa, których właściwości fizyko-chemiczne są silnie zróżnicowane w porównaniu do węgla. Stwarza to wiele problemów eksploatacyjnych, zwłaszcza przy znaczących udziałach biomasy, odpadów w mieszance paliwowej z węglem. Rozwiązaniem, które coraz częściej bierze się pod uwagę pod tym względem jest zgazowanie biomasy, odpadów w urządzeniu zewnętrznym i dopalenie powstałego gazu w kotle. Modernizacja istniejących kotłów zaprojektowanych do spalania węgla poprzez bezpośrednią integrację z reaktorem zgazowania biomasy czy odpadów i następnie współspalanie gazu procesowego w komorze spalania kotła wychodzi naprzeciw obecnym problemom sektora wytwarzania w krajowej energetyce i świadczy

o trafności wyboru tematyki naukowo-badawczej przez Doktoranta. Należy podkreślić, że zaproponowanie innowacyjnej technologii obróbki termicznej paliw alternatywnych OTREM, której koncepcja zakłada prowadzenie obróbki termicznej z wykorzystaniem recykulowanych spalin nie jest znanym wcześniej rozwiązaniem wykorzystania spalin jako czynnika konwertującego.

We wprowadzeniu Doktorant trafnie przedstawił uzasadnienie podjęcia się tematu badań oraz wyboru zaproponowanej technologii współspalania. Przedstawiony w rozdziale drugim cel i zakres pracy szczegółowo informują o kierunku i czynnościach przyjętych do rozwiązania postawionego problemu naukowego, którym jest pośrednie współspalanie biomasy, odpadów w kotle energetycznym. Uważam, że Doktorant nabył umiejętności przeprowadzenia krytycznego przeglądu literatury oraz poprawnego formułowania celu i zakresu badań. Wybór instalacji badawczej uważam za adekwatny do podjętego celu badań. Opis instalacji badawczej w przemysłowych badaniach reaktora OTREM, plan eksperymentu, charakterystyka paliwa oraz metoda realizacji badań nie budzą zastrzeżeń. Uzyskane wyniki oraz ich analiza wnoszą istotny wkład w realizację celów szczegółowych ocenianej rozprawy. Nie wnoszę również uwag do analizy współspalania gazu OTERM z paliwami konwencjonalnymi. Doktorant dokonał rzetelnej analizy wpływu integracji reaktora OTREM z kotłem energetycznym na istotną wielkość eksploatacyjną, tj. wodny punkt rosy spalin. Wnioski przedstawione na zakończeniu tej części pracy słusznie wskazują również na możliwość wystąpienia problemu z przekroczeniem temperatury kwasowego punktu rosy. Rozdział piąty i rozdział szósty ocenianej pracy doktorskiej, dotyczące korozji niskotemperaturowej, oceniam poprawnie a zaproponowaną koncepcję systemu diagnostyki zagrożenia korozją Rotating Air Heater Plus za istotny wkład w rozwój systemów zabezpieczenia kotła przed rosieniem spalin. W tym miejscu zastanowiłbym się jedynie czy połączenie rozdziału 4 i rozdziału 5 nie byłoby lepszym rozwiązaniem, gdyż nawiązują one do tego samego zagadnienia, którym jest korozja niskotemperaturowa regeneracyjnych obrotowych podgrzewaczy powietrza. Nie wnoszę także uwag do badań przemysłowych systemu diagnostyki RAH+. Cel pomiaru postawiono poprawnie. Opis instalacji badawczej, opis metody pomiarów kwasowego punktu rosy, wybór warunków testów oraz analiza wyników są wykonane z dużą starannością i poprawnością merytoryczną biorąc pod uwagę specyfikę badań na obiektach przemysłowych. Do badań ciągłego monitoringu temperatury wypełnień ROPP, zarówno w zakresie organizacji (poprawny wybór punktów pomiarowych), czy analizy wyników badań i wniosków, nie wnoszę uwag. Są one dla mnie przekonujące i uważam, że stanowią istotny element w kompleksowym podejściu do rozwiązania postawionego problemu naukowego. Należy stwierdzić, że Doktorant nabył umiejętności: poprawnego wyboru obiektu badań, metodyki badawczej oraz realizacji badań. Opracowanie graficzne i tabelaryczne wyników badań jest staranne a ich liczba w pełni odpowiada potrzebom prezentacji omawianych aspektów podjętej problematyki. Wykorzystana terminologia nie budzi zastrzeżeń. Jest zgodna z przyjętymi zasadami w zakresie podjętej problematyki. Oznaczenia i symbole

odnoszą się do treści pracy. Należy stwierdzić, że Doktorant nabył umiejętności: analizy uzyskanych wyników, ich prezentacji oraz formułowania wniosków z pracy naukowej. Niemniej jednak trafniejszym podsumowaniem pracy, przedstawionym w rozdziale 8, byłyby wnioski końcowe odnoszące się nie jak przedstawiono w podsumowaniu do zakresu zrealizowanych prac lecz jako konkluzje wynikające z uzyskanego materiału badawczego.

Za istotne osiągnięcia rozprawy uważam:

- Budowę instalacji demonstracyjnej przemysłowej integracji reaktora zgazowania OTREM z istniejącym kotłem gazowo-pyłowym.
- Przygotowanie i przeprowadzenie badań eksperymentalnych, które wykazały możliwość wykorzystania spalin kotłowych jako gazu konwertującego w procesie zgazowania oraz uzyskania wysokiej sprawności energetycznej procesu zgazowania spalinami.
- Opracowanie wytycznych do procesu współspalania gazu OTREM z paliwami konwencjonalnymi.
- Opracowanie dwóch koncepcji wykonania antykorozyjnego systemu diagnostycznego RAH+ do ciągłego monitoringu temperatury wypełnień zimnego końca ROPP.
- Opracowanie koncepcji, przeprowadzenie badań i wdrożenie systemu RAH+ na dwóch obiektach przemysłowych.

Należy podkreślić, że organizacja i realizacja badań w skali technicznej wymagała od Doktoranta szerokiej wiedzy nie tylko w zakresie problematyki podjętego problemu naukowego ale również szerokiej wiedzy w zakresie przemysłowych instalacji technologicznych oraz zasad ich dozoru i eksploatacji. Dodatkowo na podkreślenie zasługuje bardzo staranne opracowanie edycyjne i graficzne rozprawy doktorskiej.

Po zapoznaniu się z zawartością pracy doktorskiej nie mam znaczących uwag krytycznych, czy dyskusyjnych. Materiał jest czytelny i logicznie ułożony a stopień szczegółowości jest wystarczający do analizy uzyskanych wyników i formułowania wniosków. Niemniej jednak nasuwa się pytanie: Jakie są potrzeby własne zaproponowanej instalacji?

Uwagi szczegółowe:

- str. 7 – zamiast „złoże bąbelkowe” może trafniej byłoby „złoże pęcherzowe”,
- str. 46 – w tytule rozdziału 4 prawdopodobnie wyraz „wpływu” nie jest wymagany,
- str. 50 – w rozdziale 4 jest tylko jeden podrozdział, czy w takim przypadku jest konieczna taka organizacja tej części pracy,
- str. 62 – jak należy rozumieć „średnią moc bloku”,
- str. 63 - jak należy rozumieć „wysoką moc bloku”.

4. Wniosek końcowy

Przedstawiona do oceny praca doktorska mgr inż. Michała Poloka stanowi oryginalne rozwiązanie bardzo istotnego problemu naukowego jakim jest pośrednie współspalanie biomasy i odpadów w kotłach energetycznych. 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.

