

dr hab. inż. Paweł Obstawski, prof. SGGW
Katedra Podstaw Inżynierii i Energetyki
Instytut Inżynierii Mechanicznej
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Warszawa, 19 stycznia 2023 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Marty Jach – Nocoń pt.:

„Projekt innowacyjnego oprogramowania monitorującego pracę kotła na biopaliwa stałe zgodnie z zachowaniem norm zawartych w krajowym programie ochrony powietrza”

opracowana na podstawie decyzji Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego (pismo WNP/BEOI.411.1.2022.NZ07 z dnia 8 lipca 2022 r.) po uzupełnieniu pracy o „**Dodatek tekstowy do danych eksperymentalnych**” otrzymany w dniu 09.12.2022r. Tematyka rozprawy mieści się w zakresie moich zainteresowań i kompetencji naukowych. Ponadto oświadczam, że nie posiadam wspólnych publikacji z Panią mgr inż. Martą Jach – Nocoń.

Tematyka rozprawy

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska poświęcona jest bardzo aktualnemu zagadnieniu dotyczącemu opracowania algorytmu automatycznej regulacji pracą kotła stałopalnego zasilanego biomasą w postaci peletów drzewnych i zielnych, mającego na celu minimalizację emisji CO₂ podczas procesu spalania. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, wartość współczynnika *EP* określającego roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji, chłodzenia oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej od 1 stycznia 2021 r. w przypadku jednorodzinnych budynków mieszkalnych wynosi 70 kWh/m²rok, a w przypadku budynków wielorodzinnych 65 kWh/m²rok. Biorąc pod uwagę wartość współczynnika *w_i* określającego współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika lub energii dla systemów technicznych, którego wartość dla poszczególnych nośników energii określona została w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej, należy przypuszczać, że ze względu na bardzo niską wartość tego współczynnika dla biomasy (*w_i* = 0,2), kotły zasilane tego typu paliwem będą coraz częściej stosowane jako źródło ciepła w instalacjach centralnego ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Kotły stałopalne zasilane biomasą - peletem drzewnym i zielnym będą wypierać z rynku kotły zasilane nieodnawialnymi nośnikami energii, gdyż ze względu na wysoką wartość współczynnika *w_i* dla tych nośników energii (gaz ziemny, olej opałowy, węgiel kamienny *w_i* = 1.1) osiągnięcie wartości współczynnika *EP* dla budynków jedno jak i wielorodzinnych, w których zastosowano monowalentne instalacje centralnego ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej jest bardzo trudne, a przy budynkach o powierzchni użytkowej mniejszej od 120m² wręcz niemożliwe.

Podjęta przez Doktorantkę tematyka badawcza jest aktualna i podejmuje bardzo istotne kwestie dotyczące m.in. redukcji emisji pyłów podczas procesu spalania biomasy. Z mojego doświadczenia zawodowego wynika, że w przypadku kotłów stałopalnych regulacja procesu spalania polegająca najczęściej w przypadku kotłów z automatycznym podawaniem paliwa dotyczy

właściwego doboru czasu podawania paliwa, czasu postoju podajnika oraz ilości powietrza podawanej do komory spalania. Wartości tych parametrów zależą przede wszystkim od rodzaju i parametrów paliwa (m.in. wartości opałowej oraz wilgotność). Dobór wartości tych parametrów jest bardzo trudny oraz czasochłonny i cedowany jest zazwyczaj na użytkownika końcowego. Z tego też względu uważam, że wybór tematu pracy oraz sformułowany cel rozprawy jest oryginalny pod względem poznawczym i odpowiada poziomowi pracy doktorskiej.

Ogólne omówienie rozprawy

Praca wraz z zestawieniem literatury, wykazem skrótów, tabel i rysunków liczy 170 stron i podzielona jest na siedem rozdziałów. Rozdział pierwszy zatytułowany „Wprowadzenie” złożony jest z czterech części, przy czym pierwsza bardzo obszerna część zatytułowana tak samo jak rozdział pierwszy „Wprowadzenie” nie posiada numeracji. We „Wprowadzeniu” Doktorantka przedstawiła informacje dotyczące zasobów i zużycia konwencjonalnych i odnawialnych nośników energii, obowiązujących przepisów i wymogów dotyczących jakości powietrza, które stanowiły przesłankę do podjęcia tematu pracy. W podrozdziale 1.1. Doktorantka uzasadniła podjęcie tematyki badawczej, formułując w podrozdziale 1.2 problem badawczy, a w podrozdziale 1.3 cel pracy, tezy badawcze oraz przyjętą metodologię. W rozdziale drugim Doktorantka omówiła obowiązujące przepisy prawne związane z biopaliwami stałymi. Na podstawie wnikliwego przeglądu literatury polskiej i światowej przedstawiła kryteria klasyfikację biopaliw stałych oraz omówiła bardzo szczegółowo obowiązujące normy dotyczące wymagań wobec parametrów biopaliw stałych dostępnych na rynku. Rozdział trzeci poświęcony jest analizie możliwości wykorzystania biopaliw stałych zarówno w energetyce zawodowej, przemyśle jak i w gospodarstwach indywidualnych. W rozdziale tym Doktorantka na podstawie literatury przedstawiła analizy, które argumentują słuszność podjęcia tematu pracy. Rozdział czwarty poświęcony jest kotłom. Zawarte zostały w nim informacje dotyczące: historii tych urządzeń grzewczych, obowiązujących norm, układów regulacji pracą kotła oraz procesu spalania. W rozdziale piątym Doktorantka przedstawiła wstępną charakterystykę biopaliw stałych w postaci peletów, które wykorzystane zostały w prowadzonych pracach badawczych. Przedstawiła metodykę badań, według której wyznaczane były ich parametry m.in.: wilgotność, wartość opałowa, wytrzymałość mechaniczna, gęstość właściwa, gęstość nasykowa, skład ziarnowy, zawartość popiołu oraz analiza petrograficzna. W rozdziale piątym Doktorantka opisała również konstrukcję stanowiska badawczego wykorzystywanego w badaniach oraz zastosowany układ pomiarowy. W dalszej części rozdziału piątego Doktorantka przedstawiła i analizuje uzyskane wyniki z przeprowadzonych analiz fizykochemicznych, petrograficznych oraz emisji spalin powstałych podczas spalania biopaliw stałych w postaci peletów, które wykorzystane były w badaniach. W rozdziale szóstym Doktorantka przedstawia schemat blokowy układu regulacji pracą kotła, a rozdział siódmy stanowi posumowanie pracy i wnioski wyciągnięte z przeprowadzonych badań.

Poszczególne rozdziały pracy stanowią logiczną całość, natomiast moim subiektywnym zdaniem struktura pracy byłaby bardziej przejrzysta dla czytelnika, gdyby analiza obecnego stanu wiedzy oraz obowiązujące akty prawne stanowiły jeden spójny rozdział np.: rozdział drugi, a na podstawie wykazanych luk w istniejącym stanie wiedzy sformułowany zostałby cel badań, tezy oraz hipotezy pracy stanowiący rozdział trzeci. Wówczas jednoznaczna byłaby ocena wkładu własnego Doktorantki w pracę.

W pracy występują błędy edytorskie i terminologiczne. Kilkanaście uwag podałem poniżej:

1. Nieposiadający numeracji obszerny fragment rozdziału pierwszego (sześć stron) zawiera kluczowe informacje dotyczące genezy podjęcia tematu pracy, z tego też względu powinien stanowić on numerowany podrozdział rozdziału pierwszego.
2. Tytuł Tabeli 1 znajduje się na stronie 17, a cała tabela na stronie 18.
3. Błędy edytorskie dotyczące formatowania tekstu pracy m.in. strony: 8, 9, 46, 48, 49, 51, 55, 56, 78, 82, 87, 92, 95, 99, 102, 103, 106, 117, 119.
4. Omawiając budowę układu automatycznej regulacji (rys. 21, str. 71) Doktorantka błędnie stwierdza, że sygnałem wejściowym regulatora jest „wielkość wejściowa” i „wielkość sterowana”. Sygnałem wejściowym regulatora jest odchyłka regulacji, która w zależności od tego czy układ regulacji pracuje z dodatnią czy też ujemną pętlą sprzężenia zwrotnego jest sumą bądź różnicą między wartością zadaną a wartością regulowaną.
5. Tabela 2 znajduje się na trzech stronach, str. 24-26. Tytuł tabeli i numeracja znajduje się jedynie na stronie 24. Brak tytułu tabeli i numeracji na stronach 25, 26. Podobnie jest w przypadku Tabel: 6, str. 50-51, 7, str. 57-58, 8, str. 63-64.
6. W tekście pracy jest „R rysunek 46”, a powinno być „Rysunek 46.” str. 113, podobnie jest „R rysunek 47”, a powinno być „Rysunek 47.” str. 114, jest „R rysunek 48”, a powinno być „Rysunek 48.” str. 115, jest „R rysunek 49.” powinno być „Rysunek 49.” str. 116.
7. Literówki str. 116, 117
8. Prezentacja tych samych wyników badań w rozdziale 5.3.1. w postaci tabelarycznej i graficznej jest zbyteczna i zwiększa jedynie objętość pracy.
9. Powołania na tabele i rysunki w tekście w rozdziale 5.3.1. są z małych liter.
10. W tekście pracy jest „..... zebrano w tabeli zbiorczej nr Tabela 38”, powinno być „..... zebrano w Tabeli 38.”
11. Niepoprawnym jest zapis „...opracowanie innowacyjnego oprogramowania nadzorującego pracę palnika oraz podajnika w kotle grzewczym”. To nie oprogramowanie nadzoruje pracę palnika, a regulator, w którym zaimplementowany jest algorytm regulacji. Z tego też względu proponował bym zapis „... opracowanie innowacyjnego układu regulacji pracy palnika oraz podajnika w kotle grzewczym.”
12. Używanie zwrotów potocznych np.: „ zdecydowali się wypuścić certyfikat...” str. 27.
13. Brak powołania w tekście na Tabelę 3, str. 30, ponadto Tabela 3 podzielona na dwie strony 30-31.
14. W tekście pracy jest „... Tabela 4 podano ocenie również informacje...”, powinno być „... Tabeli 4 podano ocenie również informacje...”.
15. W tekście pracy jest „... przedstawione zostały w Tabela 5 wraz...” str. 33, powinno być „... przedstawione zostały w Tabeli 5 wraz...”
16. W tekście pracy jest „Oba certyfikaty są oparte o normę ...” proponował bym „...Oba certyfikaty bazują na normie...”.
17. Rozdział 3.2 zatytułowany jest „Energetyka przemysłowa”. Z treści rozdziału wynika, że Doktorantka ma na myśli wykorzystanie paliwa w postaci biomasy w różnych gałęziach przemysłu. Z tego też względu bardziej trafnym byłby tytuł „ Zastosowanie biopaliw stałych w przemyśle”.
18. Zamiast zwrotu „... wytwarzanej energii cieplnej.” sugerował bym używać zwrotu „...wytwarzanego ciepła.”

Ocena merytoryczna rozprawy

Celem niniejszej rozprawy doktorskiej (rozdział 1.3) było opracowanie algorytmu automatycznej regulacji pracą kotła stałopalnego zasilanego paliwem w postaci peletu, umożliwiającego redukcję emisji CO₂ w procesie jego spalania. Cel pracy sformułowany jest niefortunnie, gdyż jak wynika z wniosków przedstawionych w rozdziale siódmym, jedenaste wypunktowanie, celem nadrzędnym niniejszej pracy było opracowanie algorytmu automatycznej regulacji pracą kotła umożliwiającego redukcję emisji pyłów zawartych w spalinach. Realizacja celu głównego przez Doktorantkę wymagała realizacji kilku celów cząstkowych:

1. Zaprojektowania i wykonania stanowiska badawczego umożliwiającego prowadzenie badań eksploatacyjnych kotła zasilanego peletem oraz systemu pomiarowego umożliwiającego monitoring parametrów eksploatacyjnych kotła oraz archiwizację danych pomiarowych.
2. Wykonania na stanowisku badawczym badań eksploatacyjnych polegających na spaleniu sześciu próbek peletów wykonanych z biomasy drzewnej i zielnej o masie 150 kg każda.
3. Dokonania analiz fizykochemicznych i petrograficznych poszczególnych biopaliw oraz analizy uzyskanych wyników pomiarowych.
4. Opracowania algorytmu automatycznej regulacji pracą palnika oraz podajnika kotła peletowego.
5. Weryfikacji opracowanego algorytmu regulacji oraz jego adaptacji w regulatorze.

Doktorantka w klarowny sposób na początku pracy przedstawiła genezę problemu badawczego, który w ramach realizacji pracy starała się rozwiązać. W dostateczny sposób wykonała przegląd literatury dotyczący zagadnień związanych, z aktualnym stanem wiedzy, obowiązującymi normami oraz aktami prawnymi dotyczącymi spalania biopaliw stałych, przedstawiając problem badawczy. Na tej podstawie Doktorantka sformułowała bardzo ambitny cel pracy. Jednym z niuansów pracy jest brak wnikliwego przeglądu literatury dotyczącego stosowanych algorytmów regulacji pracą kotłów stałopalnych w podajniku automatycznym. Należy zauważyć, że realizacja celu głównego oraz celów cząstkowych w pracy wymagała wiedzy interdyscyplinarnej, wiedzy z kilku obszarów nauki i techniki takich jak: termodynamika techniczna, inżynieria sanitarna, metrologia, techniki grzewczej, ochrony cieplnej budynków oraz automatyki. Doktorantka nie sformułowała żadnej hipotezy badawczej, natomiast poprawnie sformułowała cztery tezy, które są prawdziwe. Metodyka prowadzonych prac jest poprawna i nie budzi wątpliwości. Doktorantka wyznaczyła parametry poszczególnych paliw w postaci peletu, które posłużyły jako bazowe przy opracowaniu algorytmu automatycznej regulacji pracą kotła. Analiza i interpretacja przez Doktorantkę wyników badań jest prawidłowa i świadczy o przygotowaniu Doktorantki do samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Praca zakończona jest obszernym podsumowaniem i dwunastoma wnioskami, które zostały wyciągnięte na podstawie uzyskanych wyników badań i świadczą o tym, że zarówno wszystkie postawione cele cząstkowe jak i główny cel pracy zostały osiągnięte.

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską mogę stwierdzić, że do najbardziej istotnych osiągnięć Doktorantki należy zaliczyć:

1. Wyniki badań petrograficznych biopaliw, które w jednoznaczny sposób wskazują możliwość ekologicznego i ekonomicznego wykorzystania biopaliw o standaryzowanych parametrach w urządzeniach grzewczych stosowanych jako źródła ciepła w instalacjach

centralnego ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Jest to bardzo istotna informacja głównie dla producentów biopaliw stałych umożliwiająca produkowanie paliwa wysokiej jakości.

2. Wyniki pochodzące z analiz procesu spalania różnych poszczególnych typów peletów, na podstawie których udało się określić najmniej emisyjny rodzaj peletu pochodzący z analizowanej grupy peletów.
3. Opracowany uniwersalny algorytm automatycznej regulacji pracą kotła, a ściślej mówiąc algorytm regulacji pracą palnika i podajnika w kotle, który przy zasilaniu kotła standaryzowanym peletem umożliwił redukcję emisji pyłów w spalinach z poziomu $150\text{mg}/\text{m}^3$ do poziomu $\leq 40\text{mg}/\text{m}^3$.

Uwagi krytyczne

Wnikliwa lektura niniejszej rozprawy doktorskiej oraz dodatku tekstowego otrzymanego w dniu 09.12.2022 stanowiącego uzupełnienie niniejszej pracy o wyniki badań eksploatacyjnych kotła z zaimplementowanym algorytmem regulacji, opracowanym w zakresie przeprowadzonych prac badawczych zrealizowanych w ramach niniejszej rozprawy doktorskiej, w jednoznaczny sposób umożliwia stwierdzenie, że założony cel pracy został osiągnięty. Jednakże lektura niniejszej pracy oraz dodatku tekstowego skłoniła mnie do sformułowania kilku uwag krytycznych, które wymagają wyjaśnień Doktorantki.

1. Temat niniejszej pracy „Projekt innowacyjnego oprogramowania monitorującego pracę kotła na biopaliwa stałe zgodnie z zachowaniem norm zawartych w krajowym programie ochrony powietrza” jest dość niefortunnie sformułowany, gdyż jak wynika z rozdziału 6 głównym celem pracy było opracowanie algorytmu automatycznej regulacji pracą kotła. Zgodnie z obowiązującą w automatyce nomenklaturą oprogramowanie monitorujące pracę obiektu regulacji (w niniejszej pracy obiektem regulacji jest kocioł stałopalny) należy kojarzyć z oprogramowaniem typu Supervisory Control And Data Acquisition tzw. oprogramowaniem typu SCADA, które zainstalowane jest zazwyczaj w komputerze stacjonarnym (stacji roboczej) lub panelu operatorskim i jest połączone za pomocą protokołu komunikacyjnego ze sterownikiem, w którym zaimplementowany jest algorytm regulacji pracą urządzenia. Oprogramowanie typu SCADA umożliwia wizualizację (monitoring) sterowanego procesu technologicznego lub wizualizację (monitoring) pracy urządzenia oraz archiwizację z określonym krokiem próbkowania danych pomiarowych. Umożliwia również zmianę nastaw regulatora.
2. Żaden z wniosków zawartych w rozdziale 7 nie odnosi się do celu pracy sformułowanym w rozdziale 1.3. Jako główny cel pracy Doktorantka zakłada minimalną redukcję emisji CO_2 dla kotłów stałopalnych zasilanych biomasą. Informacje dotyczące poziomu CO_2 w spalinach zawarte są w rozdziale 5.3.3. pr.: „Wyniki badań emisji spalin”. Żaden z przedstawionych wniosków nie dotyczy redukcji emisji CO_2 , natomiast przedstawione wnioski dotyczą redukcji emisji pyłów w spalinach. Znane są oczywiście metody redukcji emisji CO_2 z procesów energetycznych m.in.: separacja CO_2 w procesie spalania, separacja CO_2 przed procesem spalania, spalanie w atmosferze tlenowej, jednakże z treści pracy jednoznacznie wynika, że metody te nie znajdowały się w zakresie niniejszej pracy. Z treści pracy oraz wniosków

znajdujących się w rozdziale 7 należy wnioskować, że nadrzędnym celem pracy była redukcja stężeń emisji pyłów zawartych w spalinach a nie redukcja CO₂.

3. Istotnym niuanssem pracy jest brak przeglądu literatury dotyczącego stosowanych algorytmów regulacji pary kotłów stałopalnych. Wykonany przegląd literatury dotyczący tego zagadnienia stanowiącego główny cel pracy jest bardzo pobieżny i zawiera w znacznej części powszechnie znane informacje dotyczące szeroko pojmowanej teorii sterowania. Praca powinna zawierać, gdyż są one kluczowe w zrozumieniu istoty pracy. Na podstawie tych brakujących informacji czytelnik ma możliwość zapoznania się problemami eksploatacyjnymi wynikającymi z niedoskonałości powszechnie stosowanych algorytmów pracy kotłów stałopalnych i na tej podstawie odnieść się do rozwiązań opracowanych przez Doktorantkę.

Uwagi krytyczne 1 i 2 mają charakter polemiczny i wymagają ustosunkowania się do nich Autorki pracy. Sformułowana uwaga krytyczna 3 wymaga odniesienia się Autorki pracy do istniejącego stanu wiedzy w kontekście opracowanego w ramach niniejszej pracy rozwiązania.

Wniosek końcowy

Opiniowana rozprawa doktorska dowodzi, że Autorka posiada wiedzę i umiejętności w zakresie objętym tematem. Autorka w dostateczny sposób opisała przebieg wykonanych badań oraz w poprawny sposób zinterpretowała ich wyniki przedstawiając w niniejszej rozprawie doktorskiej oryginalny algorytm regulacji pracą kotła zasilanego biomasą. Praca posiada dużą wartość poznawczą. Opracowany w ramach niniejszej rozprawy doktorskiej algorytm regulacji pracą kotła zasilanego biomasą jest niewątpliwie oryginalnym dziełem naukowym, w którym Autorka wykazała się wiedzą teoretyczną, praktyczną oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań. Z przekonaniem stwierdzam, iż Doktorantka zrealizowała założony cel badań.

Zważywszy na powyższe pracę oceniam pozytywnie i stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Marty Jach-Nocoń spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r. poz. 1668). W związku z powyższym wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach o dopuszczenie mgr inż. Marty Jach-Nocoń do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

