

Prof. dr hab. inż. Marek BRZEŻAŃSKI
Wydział Mechaniczny
Politechniki Krakowskiej
31- 864 KRAKÓW
Al. Jana Pawła II 37

RECENZJA
Rozprawy doktorskiej
Mgr Pauliny Grzelak

Analiza eksploatacyjnych właściwości silników spalinowych zasilanych paliwami wytwarzanymi w biorafineriach

Promotor: Prof. dr hab. inż. Zdzisław Chłopek
Promotor pomocniczy: Dr inż. Krzysztof Biernat, prof. PIMOT

Podstawa opracowania recenzji:

Pismo Dziekana Wydziału Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej prof. dra hab. inż. Piotra Przybyłowicza o decyzji Rady Dyscypliny „Inżynieria Mechaniczna” z dnia 9.11.2022 r. w sprawie powołania recenzentów, do którego dołączono komplet wymaganych dokumentów oraz egzemplarz rozprawy doktorskiej Pani mgr Pauliny Grzelak

WYBÓR TEMATYKI ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Pani mgr Paulina Grzelak w swej rozprawie doktorskiej włączyła się do toczonej obecnie publicznej debaty dotyczącej przyszłości motoryzacji oraz aktualnych problemów rozwoju nowych źródeł napędu pojazdów. W tej dyskusji przewijają się różne wątki, wśród których znajdują się także rozważania na temat nowego typu paliw, dysponujących cechami odnawialności i uniezależniającymi gospodarke od uwarunkowań geopolitycznych. Tego typu paliwami są np. paliwa syntetyczne, jak również paliwa pochodzenia roślinnego, które są przedmiotem rozważań w recenzowanej pracy. Powodzenie tak ukierunkowanych działań ma ogromne znaczenie z punktu widzenia dalszego rozwoju motoryzacji, w tym szczególnie perspektyw dalszego stosowania silników cieplnych, jako źródła napędu pojazdów samochodowych. Również z naukowego punktu widzenia jest to aktualny i ważny problem badawczy, którego rozwiązanie może mieć istotny wpływ na zmniejszenie skutków emisji toksycznych składników spalin pochodzących z transportu, a także na dalszy rozwój źródeł napędu pojazdów. Powyższe zagadnienia są właśnie przedmiotem rozważań Doktorantki, która przeprowadziła analizę uwarunkowań środowiskowych wytwarzania i użytkowania paliw silnikowych produkowanych w instalacjach biorafineryjnych, również w aspekcie oceny ekologicznej. Podjęta tematyka dysertacji nie jest wprawdzie nowa, ale zaprezentowana przez Autorkę koncepcja kompleksowej oceny ekologicznej wybranego nośnika energii stosowanego w transporcie, począwszy od pozyskania surowca energetycznego, poprzez jego przeróbkę w biorafinerii oraz użycie w maszynie cieplnej, nosi cechy nowości. Tego typu prace naukowe, dotyczące ponadto globalnych problemów związanych z przyszłymi nośnikami energii, zasługują na uznanie. Ponadto należy zaznaczyć, że przeprowadzenie tego typu analizy wymaga doświadczenia badawczego oraz

interdyscyplinarnej wiedzy z zakresu chemii organicznej, rolnictwa, technologii produkcji, jak i teorii maszyn cieplnych.

Przedstawiony w dysertacji etap badań i analiz dotyczących nowego typu paliwa stanowi istotny krok w kierunku pogłębiania wiedzy na temat zagadnień przemian energetycznych i ich oddziaływania na środowisko. Mając to na uwadze należy uznać, że tematyka podjęta przez Autorkę pracy jest w pełni uzasadniona pod względem poznawczym i wnosi nowe wartości naukowe, na które istnieje duże zapotrzebowanie praktyczne.

TYTUŁ I UKŁAD TREŚCI ROZPRAWY

W tytule rozprawy: „Analiza eksploatacyjnych właściwości silników spalinowych zasilanych paliwami wytwarzanymi w biorafineriach” zawarto główny cel pracy, jakim jest przedstawienie uwarunkowań środowiskowych wytwarzania i użytkowania paliw silnikowych produkowanych w instalacjach biorafineryjnych. W związku z tym tytuł oddaje treść rozprawy, który jest zrozumiały nie tylko dla specjalistów.

Rozprawa została wydana w formie monografii liczącej łącznie 155 stron. Zasadnicza treść rozprawy, licząca ok. 143 strony, jest zawarta w dziewięciu rozdziałach. Kolejność poszczególnych rozdziałów należy uznać za prawidłową, a układ ich treści oraz prowadzona narracja wskazuje na znajomość oraz stosowanie przez Autorkę wiedzy z zakresu planowania badań naukowych. Na siedmiu stronach, w porządku alfabetycznym, podano spis literatury wykorzystywanej w pracy, który obejmuje 113 pozycji. Na pozostałych stronach umieszczono wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń, a także streszczenie w języku polskim i angielskim oraz spis tabel i rysunków.

Styl rozprawy jest poprawny, treść pracy jest dobrze zilustrowana rysunkami, a stosowana terminologia jest prawidłowa i nie budzi zastrzeżeń. Praca nawiązuje do aktualnych pozycji literatury, głównie krajowej i europejskiej pochodzącej z ostatnich kilku lat. Na podkreślenie zasługuje tu bardzo duża staranność w wykonaniu rysunków umieszczonych w pracy, zarówno w zakresie użytych metod graficznych, jak i opisów.

W pierwszych trzech rozdziałach Doktorantka zamieściła opis stanu wiedzy, uzasadniającej naukowy problem badawczy postawiony w rozprawie. Ta część, która zajmuje ok. 30 stron, tj. ok. 20% zasadniczej treści rozprawy, przedstawia ogólną wiedzę na temat różnego typu paliw stosowanych do zasilania tłokowych silników spalinowych oraz technologii, stosowanych do produkcji biopaliw. Czwarty rozdział monografii, liczący 14 stron, obejmuje wiedzę, uzasadniającą podjęcie badań naukowych, będących tematem rozprawy oraz zawiera naukowy cel badawczy oraz tezy rozprawy. Ponadto w tym rozdziale zaprezentowano plan realizacji pracy. Rozdział piąty poświęcony został analizie wpływu szeroko rozumianych czynników związanych z transportem, które mają pośredni lub bezpośredni wpływ na środowisko. W rozdziale szóstym, na trzech stronach, wyjaśniono znaczenie i interpretację niektórych z symboli, oznaczeń i pojęć, stosowanych w rozprawie. Ten krótki rozdział mógłby być z powodzeniem włączony do rozdziału piątego, ze względu istniejącą spójność materiału analizowanego w obu rozdziałach. W rozdziale siódmym, który stanowi kontynuację treści zawartych w rozdziale trzecim, Autorka przeprowadziła analizę przemysłowych metod produkcji biopaliw. Analiza ta była prowadzona w aspekcie produkcji paliw silnikowych, z uwzględnieniem czynników środowiskowych. W rozdziale ósmym przedstawiono przebieg i wyniki badań doświadczalnych, przeprowadzonych podczas zasilania silników spalinowych różnego typu paliwami. Rozdział dziewiąty Doktorantka poświęciła na dyskusję dotyczącą ogólnych aspektów dotyczących produkcji biopaliw i ich wykorzystania jako nośnika energii w transporcie. Praca zakończona została podsumowaniem, w którym także wskazano kierunek dalszych badań, które mogą stanowić kontynuację przedstawionych w rozprawie prac analitycznych i badawczych.

CEL NAUKOWY, TEZA, ZAKRES ORAZ SPOSÓB REALIZACJI PRACY

Naukowym celem badawczym pracy jest przeprowadzenie analiz dotyczących produkcji i zastosowania różnego typu paliw, prowadzących do kompleksowej oceny ich parametrów ekologicznych. Do analizy wybrano paliwa produkowane w biorafineriach.

Autorka postawiła dwie tezy, których treść jest zbieżna z realizowanym naukowym celem badawczym. Pierwsza z nich dotyczy analizowanego materiału badawczego, natomiast druga, o ogólnym charakterze i określona w pracy jako dodatkowa, nie wynika bezpośrednio z prowadzonych badań naukowych.

Główne zadania badawcze, niezbędne do osiągnięcia zamierzonych celów naukowych, zostały ujęte w czterech punktach, które dotyczą przede wszystkim analitycznej strony pracy, natomiast w mniejszym stopniu części badawczej.

Zakres zawartych w pracy analiz sprowadza się do przeprowadzenia dyskusji na temat możliwości i celowości produkcji oraz zastosowania paliw pochodzenia biologicznego do tłokowych silników spalinowych. Z kolei zakres naukowych badań doświadczalnych dotyczył pomiarów parametrów roboczych i parametrów ekologicznych silników spalinowych pojazdów, zasilanych tego typu paliwami.

OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY

Rozprawa doktorska Pani mgr Pauliny Grzelak ma charakter analityczno-badawczy, z położeniem akcentu na część analityczną. Ta część pracy dotyczy klasyfikacji, wymagań oraz produkcji i zastosowania paliw silnikowych, produkowanych w biorafineriach. Ważnym obszarem tych analiz jest uwzględnienie sprawności przemian energetycznych, występujących zarówno w procesie produkcji, jak i podczas stosowania tego typu paliw, jako nośnika energii w transporcie. Są to złożone zagadnienia wymagające od Doktorantki szerokiej, interdyscyplinarnej wiedzy z wielu obszarów nauki i techniki. Przedstawiając w pracy łańcuch przemian energetycznych wykorzystano nie tylko ogólną wiedzę z zakresu rolnictwa, chemii organicznej i technik wytwarzania paliw, lecz również wiedzę specjalistyczną z zakresu teorii zasilania i spalania mieszanek paliwowo – powietrznych w silnikach tłokowych oraz wiedzę dotyczącą złożonych procesów powstawania toksycznych składników spalin i ich oddziaływania na środowisko naturalne.

Wprawdzie wszystkie analizowane zagadnienia były już wcześniej rozpoznane i nie stanowią nowości, lecz zwykle są prezentowane w sposób rozproszony, w oddzielnych opracowaniach naukowych, podczas gdy w recenzowanej pracy stanowią spójną całość i z tego względu, działania Doktorantki należy uznać za wartościowe merytorycznie.

Cennym materiałem jest syntetyczne omówienie w rozdz. 2 wybranych cech paliw silnikowych, ze szczególnym uwzględnieniem paliw pochodzenia biologicznego. Treść rozdziału pozwala na wszechstronną ocenę tego typu odnawialnych paliw, w stosunku do standardowych paliw pochodzenia naftowego. Dużą wartość merytoryczną zawiera także rozdz. 7, w którym przeprowadzono analizę całego łańcucha technologicznego, niezbędnego do otrzymania finalnego produktu w postaci biopaliwa. Na każdym etapie przetwarzania surowca energetycznego pochodzenia roślinnego zwrócono uwagę na uwarunkowania środowiskowe oraz analizę energetyczną każdego z procesów.

Podsumowaniem części analitycznej jest część badawcza, w której Doktorantka przedstawiła efekty zasilania silników tłokowych biopaliwami, zarówno w aspekcie uzyskanych parametrów roboczych, jak i parametrów ekologicznych. W pierwszym przypadku dokonano analizy pracy silnika przemysłowego Cummins, podczas badań wykonanych na hamowni silnikowej według określonych procedur homologacyjnych. Porównano wymienione parametry standardowej wersji silnika, zasilanego olejem

napędowym oraz zmodyfikowanej jego wersji, przystosowanej do zasilania gazem ziemnym, który w pracy jest nazywany „paliwem metanowym”. Drugą grupę badań stanowiły pomiary parametrów roboczych i ekologicznych silników o zapłonie iskrowym, zasilanych benzyną silnikową z dodatkiem biokomponentów. W tym przypadku przeprowadzono badania porównawcze pojazdów, wyposażonych w silniki o zapłonie iskrowym, na hamowni podwoziowej. W testach NEDC i WLTC klasy 3 badano parametry ekologiczne samochodu marki Ford Focus, zasilanego paliwem E5 lub E85. W teście WLTC klasy 3 przeprowadzono badania pojazdu Hyundai i30 zasilanego benzyną handlową lub benzyną BIO, zawierającą 12% dodatek ETBE. Ponadto przeprowadzono badania pojazdu Fiat 500 w teście NEDC, podczas zasilania kolejno: benzyną handlową, jako paliwem referencyjnym, paliwem składającym się z 50% benzyny i 50% etanolu oraz paliwem syntetycznym, uzyskanym z etanolu. Zaprezentowane wyniki wymienionych badań stanowią interesujący materiał badawczy, pozwalający na ocenę przydatności badanego typu paliwa, jako nośnika energii w transporcie. W ocenie tej można uwzględnić zagadnienia związane z przebiegiem procesu produkcyjnego biokomponentów zawartych w badanych paliwach, a także uwarunkowania ekonomiczne, energetyczne oraz oddziaływanie na środowisko.

Zebranie w jednym dziele wiedzy umożliwiającej tak wszechstronną ocenę badanych paliw stanowi największą wartość recenzowanej rozprawy, w tym szczególnie:

- Przeprowadzenie analizy naukowej dużego materiału badawczego dotyczącego szerokiego spektrum zagadnień dotyczących stosowania biokomponentów do zasilania tłokowych silników spalinowych,
- Podjęcia próby stworzenia logicznej i przystępnej klasyfikacji paliw silnikowych,
- Uporządkowania pojęć i nomenklatury stosowanej w obszarze techniki związanej z produkcją i wykorzystaniem biopaliw,
- Przeprowadzenie analizy procesów produkcyjnych stosowanych w biorafineriach,
- Przeprowadzenie próby wieloaspektowej oceny danego typu biokomponentu w całym cyklu produkcyjnym i eksploatacyjnym,
- Wykonanie analiz i badań doświadczalnych z wybranymi biokomponentami paliw silnikowych, pozwalających na ich ocenę w aspekcie oddziaływania na środowisko,
- Sformułowanie wniosków z przeprowadzonych prac analitycznych i badawczych, których wartość merytoryczna może być przydatna w planowaniu dalszych działań dotyczących stosowania biopaliw.

Analizując treść rozprawy nasuwają się pewne uwagi, które jednak nie umniejszają jej pozytywnej wartości merytorycznej.

Przykład stanowić może brak wyraźnego rozgraniczenia materiału, stanowiącego istniejący stan wiedzy związanej z tematem rozprawy, a własnej pracy analitycznej i badawczej. Wynika to z braku przedstawienia spójnej metodyki realizacji podjętych zadań, co przełożyło się także na rozkład treści rozprawy.

Dotyczy to zwłaszcza prac doświadczalnych i pomiarów, w których należało czytelnie podać zakres prac wykonanych przez Doktorantkę. Prowadząc analizę materiału z badań doświadczalnych Doktorantka nie zawsze powoływała się na materiał źródłowy, z którego pochodziły analizowane wyniki badań. Przykład stanowić może opis rysunków w rozdz. 8 (np. rys.8.1 i 8.2 lub 8.5 i 8.6), w których w sposób dość przypadkowo podawano źródło pochodzenia materiału badawczego.

Opisując badania samochodów Ford Focus i Hyundai i30, wykonane w jednej placówce badawczej, dwukrotnie (str. 94 i 103), bez potrzeby przytoczono identyczny opis warsztatu badawczego. Ponadto w tych badaniach, prowadzonych m.in. według procedury WLTP, nie przytoczono właściwej nazwy testu badawczego, którym był prawdopodobnie test WLTC

typu 3. Z kolei, bez specjalnej potrzeby, Doktorantka przytaczała numery rozporządzeń ONZ oraz UE, dotyczące różnych procedur badawczych.

Wnioski z badań porównawczych, przedstawione na str. 114-5 i 124, są dość ogólne i nie wyjaśniają przyczyn występujących różnic w otrzymanych wynikach.

W rozprawie zamiast wniosków z wykonanych przez Doktorantkę badań i analiz, przedstawiono nienumerowany rozdział pt. „Podsumowanie”, w którym zawarto ogólne treści dotyczące realizowanego tematu, nie zawsze mające odniesienie do prowadzonych prac. Ponadto w podsumowaniu, bez wyraźniej potrzeby zamieszczono skopiowane rozdz. 4.3 i 4.4, w których przedstawiono tezy oraz zadania badawcze rozprawy.

W pracy zauważono także liczne usterki o charakterze redakcyjnym, takie jak: pomyłki literowe, usterki stylistyczne lub nieprawidłowe stosowanie interpunkcji, które to nie miały wpływu na ocenę merytoryczną rozprawy.

Przykład stanowić może używanie zwrotu „...silnik może pracować na benzynie lub na gazie...”.

Mimo tych uwag przedstawioną rozprawę można uznać za oryginalny dorobek naukowy Doktorantki, stanowiący wkład w dziedzinę nauki dotyczącej dyscypliny inżynieria mechaniczna.

WNIOSKI KOŃCOWE

Recenzowana praca doktorska autorstwa **Pani mgr Pauliny Grzelak** dotyczy aktualnego problemu badawczego związanego z poszukiwaniem nowych paliw, które w lepszym stopniu spełnią wymagania związane z emisją do środowiska toksycznych składników pochodzących ze środków transportu, a także wymagania związane ze zużyciem energii podczas ich produkcji. Kompleksowa analiza tych zagadnień nosi w sobie cechy nowości i może znaleźć praktyczne zastosowanie. Praca zawiera także istotne wartości naukowe związane z problemem wpływu działalności człowieka na środowisko, a uzyskane wyniki analiz i badań są wartościowe dla praktyki technicznej.

Uważam, że recenzowana praca doktorska pt.: „Analiza eksploatacyjnych właściwości silników spalinowych zasilanych paliwami wytwarzanymi w biorafineriach”, której autorką jest **Pani mgr Paulina Grzelak** spełnia warunki stawiane dysertacjom doktorskim zgodnie z wymaganiami obowiązującej w tym zakresie „**Ustawy o stopniach i tytule naukowym**” (Ustawa z dnia 14 marca 2003 r.) ze zmianami z dnia 18.03.2011 r.

Rozprawa ta może być dopuszczona do publicznej obrony i stanowić podstawę do nadania **Pani mgr Paulinie Grzelak** stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn, obecnie inżynieria mechaniczna.

Kraków, dnia 20. 01. 2023 r.

