

Dr hab. inż. Jacek Kropiwnicki, prof. PG  
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa  
Politechnika Gdańska  
ul. G. Narutowicza 11/12  
80-233 Gdańsk  
e-mail: jacek.kropiwnicki@pg.edu.pl  
tel. 503 948 935

Gdańsk, 07.11.2022

## **O C E N A**

### **rozprawy doktorskiej mgr. inż. Przemysława Sandera pt.: „Zastosowanie mieszaniny heksanu z olejem rzepakowym do zasilania silnika o zapłonie samoczynnym”**

#### **1. Uwagi wstępne**

Recenzję rozprawy wykonano na zlecenie Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna, pismo nr RDN/IM/352/2022 Zastępcy Przewodniczącego ds. stopni naukowych Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna dr. hab. inż. Jarosława Bieniasia z dnia 04.10.2020 r., do którego dołączono egzemplarz rozprawy doktorskiej wraz z dokumentacją.

Recenzowana praca będąca przedmiotem rozprawy obejmuje 149 stron i składa się ze streszczenia w języku angielskim i polskim, wykazu wybranych oznaczeń i skrótów, 7 rozdziałów oraz bibliografii obejmującej 201 pozycji. Praca została napisana w języku polskim.

Promotorem rozprawy doktorskiej jest dr hab. inż. Rafał Longwic, prof. uczelni.

#### **2. Ocena doboru tematu rozprawy**

Tematyka Rozprawy doktorskiej mgr inż. Przemysława Sandera koncentruje się na analizie możliwości zastosowania mieszanin heksanu z olejem rzepakowym do zasilania silników o zapłonie samoczynnym.

Wykorzystanie biokomponentów do produkcji paliw wykorzystywanych w transporcie oraz energetyce jest jedną z ważniejszych dróg zwiększenia niezależności energetycznej naszego kraju przy jednocześnie potencjalnym zmniejszeniu emisji związków toksycznych i gazów cieplarnianych do atmosfery. Podczas produkcji i wykorzystania biomasy w transporcie i energetyce zakłada się, że dwutlenek węgla powstający ze spalania tego materiału, w formie bezpośredniej lub przetworzonej, będzie w kolejnym cyklu produkcji biomasy pochłonięty przez rosnące rośliny. Takie założenie pozwala traktować biokomponenty jako paliwa lub dodatki do paliw neutralne ze względu na obieg dwutlenek węgla w systemie: produkcja rolna –

wytwarzanie energii – emisja produktów spalania do atmosfery, natomiast pewne obawy pojawiają się przy tej okazji z powodu zmniejszenia podaży jako żywności produktów rolnych wytworzonych w celach energetycznych. Biorąc pod uwagę efektywne wykorzystanie biokomponentów w transporcie szczególną uwagę należy zwrócić na możliwość wykorzystania surowców ogólnodostępnych, o niskim stopniu przetworzenia, które nie spowodują technicznego uszkodzenia silników oraz umożliwią zachowanie wymaganych normami czystości spalin.

Prezentowana praca wychodzi na przeciw tym oczekiwaniom, a Doktorant zaprezentował komplementarne podejście do rozwiązania problemu wykorzystania w układach napędowych z silnikami o zapłonie samoczynnym niskoprzetworzonego biokomponentu, powszechnie występującego w polskim przemyśle rolno-spożywczym jakim jest olej rzepakowy.

Uważam, że Doktorant podejmując w swojej rozprawie zagadnienie możliwości zastosowania mieszanin heksanu z olejem rzepakowym do zasilania silników o zapłonie samoczynnym wpisuje się w potrzeby specjalistów zajmujących się zasilaniem silników spalinowych paliwami alternatywnymi. Podjęty przez Doktoranta problem badawczy w rozprawie jest uzasadniony.

### **3. Ogólna charakterystyka rozprawy**

Zasadnicza treść rozprawy zawarta jest w 7 rozdziałach. Treść rozdziałów jest powiązana z tytułem rozprawy i stanowi jego rozwinięcie oraz odpowiada sformułowanemu celowi rozprawy.

W rozdziale 1 Autor przedstawia bazowe informacje nt. struktury pojazdów eksploatowanych w Polsce oraz podstawową charakterystykę paliw wykorzystywanych w transporcie, jednocześnie przedstawia uzasadnienie dla podjęcia przedmiotowego tematu.

W rozdziale 2 Autor przedstawia przegląd stanu wiedzy ze szczególnym uwzględnieniem wyników badań wykorzystujących olej rzepakowy jako paliwo do silników wykorzystywanych w transporcie. Autor przedstawia również własną koncepcję wykorzystania oleju rzepakowego jako paliwa.

W rozdziale 3 Autor przedstawia cel i zakres pracy, który został sformułowany jako studium możliwości wykorzystania heksanu w mieszaninie z olejem rzepakowym do zasilania silników o zapłonie samoczynnym.

Rozdział 4 zawiera plan eksperymentu, opis stanowisk badawczych oraz wyniki badań fizykochemicznych używanych paliw.

W rozdziale 5 Autor przedstawił wyniki badań eksperymentalnych testowanych mieszanin paliw na stanowisku badawczym z silnikiem z rozdzielaczową pompą wtryskową.

W rozdziale 6 Autor przedstawił wyniki badań eksperymentalnych testowanych mieszanin paliw na stanowisku badawczym z silnikiem z akumulacyjnym systemem wtrysku paliwa.

Rozdział 7 zawiera podsumowanie i wnioski.

Praca została napisana w sposób staranny pod względem edytorskim. Zawarte w pracy rysunki i schematy są dobrej jakości i posiadają wyczerpujący opis. W pracy pojawiają się pewne niedociągnięcia o charakterze terminologicznym, językowym oraz braki w opisach, które wymagają korekty przed dalszą publikacją wyników, np. str. 51 „obroty silnika” – należałoby zastąpić sformułowaniem prędkość obrotowa silnika, str. 52 „silnika zapłonie samoczynnym” – należałoby zastąpić sformułowaniem silnika o zapłonie samoczynnym, rys. 5.18 – brakuje skali dla prędkości obrotowej silnika.

#### **4. Ocena rozprawy**

Dokonując oceny rozprawy należy podkreślić, że jej ogólna forma i zakres podyktowane zostały realizacją przyjętego celu.

Za główne osiągnięcia mgr inż. Przemysława Sandera uważam:

1. Opracowanie koncepcji wykorzystania oleju rzepakowego do zasilania silników o zapłonie samoczynnym z systemem wtrysku akumulacyjnego poprzez modyfikację tego paliwa dodatkiem heksanu.
2. Opracowanie serii testów statycznych oraz dynamicznych silników o zapłonie samoczynnym umożliwiających porównanie parametrów energetycznych i ekologicznych silników zasilanych olejem napędowym i zmodyfikowanymi biopaliwami. W szczególności, w pracy rozwinięta została koncepcja badań dynamicznych silników spalinowych przy wykorzystaniu hamowni podwoziowej oraz systemu indykowania silnika, która umożliwiła uniknięcie generowania dodatkowych błędów pomiarowych wynikających z pomiaru momentu obrotowego silnika w hamulcu obciążającym silnik.
3. Wykonanie badań identyfikujących wybrane parametry paliw złożonych z oleju rzepakowego i heksanu w różnych stężeniach.
4. Określenie wpływu objętościowego stężenia heksanu w biopaliwie na wybrane parametry procesu wtrysku paliwa i spalania, parametry energetyczne oraz ekologiczne dwóch silników o zapłonie samoczynnym.

Reasumując, uważam że omówiona konstrukcja rozprawy doktorskiej mgr. inż. Przemysława Sandera oraz sposób opracowania materiału badawczego, a także forma przeprowadzonej analizy i przyjęta metodyka badań są właściwe dla tego rodzaju prac. Doktorant wykazał się dużą wiedzą ogólną, dobrą znajomością przedmiotu badań oraz opanowaniem metod analitycznych i numerycznych stosowanych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

## 5. Pytania szczegółowe

1. W rozdziale 4. przedstawiono procedurę wyznaczania ciepła spalania oraz wartości opałowej testowanych paliw. Przedstawione wartości ciepła spalania są jednak bardzo małe, w przybliżeniu cztery razy niższe niż należałoby się spodziewać. Uzyskane wartości wymagają dodatkowego komentarza lub korekty. Ponadto w dalszej treści rozdziału Autor wspomina o obliczonych wartościach opałowych, które zostały zamieszczone w tabeli 4.25, natomiast w pracy nie została zamieszczona taka tabela, podobnie jak tabela 4.24.
2. W rozdziale 4 autor opisuje również w sposób uproszczony zastosowaną metodę określania liczby cetanowej paliwa nie wymagającej wykorzystania badawczego silnika spalinowego. Wskazane jest by Autor przybliżył dokładniej tę metodę oraz przedstawił jej dokładność. W kontekście uzyskanych wyników badań eksperymentalnych wątpliwości budzi bardzo duży wzrost liczby cetanowej po dodaniu do oleju rzepakowego 5% dodatku heksanu z 53,3 do 78,0, która to wartość stopniowo zmniejsza się przy dalszym zwiększaniu udziału heksanu.
3. We wzorze (4.5) przyjęto, że ciepło parowania wody wynosi 24,42 kJ/kg. Należy wyjaśnić z jakiego powodu przyjęto tak małą wartość, ewentualnie skorygować wyniki.
4. W rozdziale 5 Autor porównuje charakterystyki momentu i mocy silnika zasilanego testowanymi paliwami. Wątpliwości budzi możliwość porównywania tak zestawionych wyników, jeżeli dawki energii dostarczanej w paliwie w porównywanych wypadkach nie były takie same. Wskazane jest by Autor przedstawił bardziej szczegółowo opis zastosowanych strategii sterowania silnikiem w porównywanych stanach pracy.
5. W rozdziale 6 Autor nie zamieścił charakterystyk jednostkowego zużycia paliwa. Taka informacja byłaby bardzo wartościowa z energetycznego i ekonomicznego punktu widzenia, w szczególności jeżeli zmiana stężenia heksanu w oleju rzepakowym skutkowałą istotną modyfikacją energii paliwa dostarczanej do komory spalania.

## 6. Wniosek końcowy oceny rozprawy

Na podstawie analizy przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej stwierdzam, że:

- Autor dokonał trafnego wyboru tematyki swojej pracy oraz poprawnie określił jej zakres,
- zasadnicze cele pracy zostały w osiągnięte w zakresie przyjętym przez Doktoranta, a prezentowane wyniki są uzyskane w poprawnie przeprowadzonych eksperymentach i mogą służyć do dalszych prac,
- formalny układ pracy jest prawidłowy,

- dysertacja dobrze nawiązuje do aktualnej wiedzy i praktyki, a w niektórych elementach wnosi do nich nowe treści.

Powyższe fakty świadczą o dobrych kompetencjach Doktoranta w zakresie samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz wskazują na Jego dużą wiedzę ogólną i umiejętności praktyczne w dyscyplinie inżynieria mechaniczna, w której mieszczą się zagadnienia objęte rozprawą.

**Stwierdzam zatem, że praca mgr inż. Przemysława Sandera pt.: „Zastosowanie mieszaniny heksanu z olejem rzepakowym do zasilania silnika o zapłonie samoczynnym” (promotor: dr hab. inż. Rafał Longwic, prof. uczelni) spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim, w rozumieniu ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 30 sierpnia 2018 r. poz. 1668), a Autor może być dopuszczony do jej publicznej obrony.**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Jacek Longwic".