

prof. UPP. dr hab. inż. Krzysztof Pilarzki  
Katedra Inżynierii Biosystemów  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Poznań, 10.05.2022 r.

## Recenzja

rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. **Sebastiana Kostkowskiego**

**pt. „Wpływ zasilania silnika spalinowego paliwem z dodatkiem przegrzanej pary wodnej i gazu HHO na wybrane parametry jego pracy”**

Praca została wykonana pod kierunkiem:

Promotor: dr hab. inż. Piotr Pasyniuk

Promotor pomocniczy: dr inż. Witold Wardal

### **1. Tematyka rozprawy**

Obecnie ludzkość osiągnęła taki etap rozwoju, że zmuszona jest do ciągłego pozyskiwania coraz większych ilości różnego rodzaju nośników energii (głównie paliw kopalnych), z których produkuje się między innymi paliwa płynne. Paliwa te wykorzystuje się między innymi w przemyśle motoryzacyjnym do napędu silników z zapłonem iskrowym lub samoczynnym. W tym celu wykorzystuje się głównie tłokowe silniki spalinowe o spalaniu wewnętrznym, których głównym zadaniem jest zamiana energii chemicznej zawartej w paliwie na pracę mechaniczną układów korbowo - tłokowych. Są one jednymi z głównych maszyn cieplnych wykorzystywanych w naszej cywilizacji.

Rosnące ceny ropy naftowej pośrednio przyczyniają się do wzrostu cen wielu produktów. Pierwszy kryzys paliwowy nastąpił na początku lat 70. XX w. Przyczyniło się to do poszukiwań i badań alternatywnych źródeł energii bazujących na lokalnych zasobach i surowcach tak, aby zapewnić sobie choćby względne lub częściowe bezpieczeństwo

energetyczne, ekologiczne i militarne. Badania zrealizowane w recenzowanej pracy wpisują się w poszukiwania efektywniejszego sposobu wykorzystywania paliw ropopochodnych w silnikach spalinowych z zapłonem iskrowym. Badania dotyczyły wpływu równoczesnego dodawania do silnika spalinowego (ZI) przegrzanej pary wodnej i gazu Browna. Eksperymenty prowadzone były z wykorzystaniem agregatu prądotwórczego i polegały na pomiarach ilości zużywanego paliwa oraz porównaniu wyników analizy spalin w zależności od obciążenia i stosowanych dodatków.

## **2. Ocena formalna**

Praca została napisana na Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie. Rozważany problem naukowy obejmuje zagadnienia z zakresu jednoczesnego zastosowanie dodatków w postaci przegrzanej pary wodnej i gazu Browna podczas pracy silników spalinowych, jak dodatek przegrzanej pary wodnej i gazu Browna wpływa na warunki eksploatacyjne iskrowych silników spalinowych i czy ten sposób modyfikacji mieszanki paliwowej wpłynie na spadek zużycia paliwa, poprawę jakości spalin czy wzrost mocy co może wpłynąć na wykorzystanie przedstawionych rozwiązań w rolnictwie.

Realizacja pracy wymagała badań wpływu jednoczesnego dodawania przegrzanej pary wodnej i gazu Browna na zużycie paliwa i jakość spalin. Następnie należało wykonać badania związane z optymalizacją proporcji tych dodatków.

Ponadto Autor niniejszej rozprawy wskazał cel użyteczny pracy, który dotyczył optymalizacji wykorzystania energii pochodzącej z pracy silnika poprzez wykorzystanie energii odpadowej ciepła spalin.

Kompleksowe podejście do analizowanego zagadnienia pozwoliło na zrealizowanie pracy i przedłożenie jej do recenzji.

## **3. Ocena merytoryczna**

Przedstawiona do oceny praca składa się z 128 stron maszynopisu, zawierającego 107 stron tekstu, 9 stron wykazu literatury, 8 stron spisu tabel, rysunków i fotografii oraz 2 stron streszczenia. Praca została podzielona na osiem numerowanych merytorycznych rozdziałów, wstępu, bibliografii oraz streszczenia.

We wstępie pracy Doktorant charakteryzuje następstwa związane z ciągłym wzrostem pozyskiwania ze środowiska coraz to większych ilości różnego rodzaju nośników energii. Wyjaśnia na kolejnych stronach pracy, że w tym celu wykorzystuje się głównie tłokowe silniki spalinowe o spalaniu wewnętrznym, których głównym zadaniem jest zamiana energii chemicznej zawartej w paliwie na pracę mechaniczną układów korbowo - tłokowych. Autor pracy przedstawia również skutki wykorzystywania paliw ropopochodnych dla środowiska. Ponadto w pracy poruszony jest ważny wątek dotyczący szacunków złóż paliw kopalnych w kontekście ropy naftowej i gazu. Również na kartach pracy przedstawione są zagadnienia dotyczące lokalizacji złóż i skutków polityczno – ekonomicznych korzystania ze złóż zlokalizowanych poza granicami naszego kraju. Doktorant wskazuje na zagrożenia jakie wynikają z wykorzystywania paliw kopalnych w transporcie, gospodarce, przemyśle i jakie to konsekwencje niesie dla bezpieczeństwa energetycznego kraju.

**W rozdziale 1. Geneza i uzasadnienie podjęcia tematu** Autor pracy przedstawia podstawowe założenia, postulaty i wytyczne dla kierunków rozwoju systemu transportowego w Unii Europejskiej, które zawarte są w Białych Księgach z 2001 i 2011 roku. Wyjaśnia w kolejnych zdaniach jakie kierunki są nakreślone w wyżej wymienionych dokumentach i jakie pozytywne skutki będą z większego wykorzystania bardziej zasobooszczędnych form napędu silników spalinowych wykorzystywanych zarówno w transporcie jak i innych dziedzinach gospodarki. Nakreśla również jakie należy poczynić kroki, aby w jak najmniejszym stopniu przyczynić się do degradacji środowiska naturalnego.

W tym rozdziale Autor pracy wskazuje na dwa kluczowe aspekty związane bezpośrednio z problematyką niniejszej rozprawy:

1. Stosowanie wodoru lub gazu Browna znacznie poprawia proces spalania jednakże sprzyja powstawaniu spalania stukowego i wzrostowi stężenia  $\text{NO}_x$  w spalinach,
2. Stosowanie dodatku wody do procesu spalania powoduje opóźnienie samozapłonu w silnikach wysokoprężnych oraz poprzez obniżenie lokalnych pików temperatury zmniejszenie stężenia  $\text{NO}_x$  w spalinach.

**W rozdziale 2. Przegląd literatury przedmiotu** Autor pracy wskazuje na zagrożenia, które wynikają z dużej liczby pojazdów silnikowych.

Są to między innymi:

Emisje związane z pracą silników spalinowych:

- emisję pochodzące z układów zasilania: głównie lotne komponenty benzyny (mniej z oleju napędowego),
- emisję pochodzące z układów wydechowych: CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, PM, HC, toksyny powstałe w wyniku częściowej reakcji składników z tlenem lub innymi cząsteczkami – są to m.in. benzen, butadien, formaldehyd, aldehyd octowy.

W tym rozdziale przedstawione są również zagadnienia dotyczące gazów cieplarnianych emitowanych w spalinach silnikowych oraz omówiona jest toksyczność spalin silnikowych. Natomiast w kolejnych podrozdziałach Autor wskazuje na światowe trendy związane z racjonalnym i efektywnym wykorzystaniem zasobów i minimalizowaniem negatywnego wpływu wytwarzanych produktów na środowisko poprzez pozostawianie w gospodarce produktów, materiałów oraz surowców tak długo, jak to jest możliwe oraz minimalizowaniu wytwarzania odpadów czyli na koncepcję gospodarki obiegu zamkniętego (GOZ).

W podrozdział 2.4. szczegółowo omówione są zagadnienia dotyczące wykorzystania wodoru, gazu Browna i pary wodnej jako paliwa silnikowego.

**Rozdział 3. Podsumowanie analizy stanu wiedzy i dyskusja** przedstawione są zagadnienia dotyczące licznych badań, które związane są z poprawnym działaniem silników spalinowych wraz z jednoczesnym zmniejszeniem emisji CO, CO<sub>2</sub>, HC, zadymienia i tworzenia się nagaru poprzez częściowe zastępowanie oryginalnego paliwa wodorem, gdyż dodatek wodoru poprawia proces spalania podobnie jak gaz Browna.

**Rozdział 4. Cel pracy** dotyczy wskazania podjęcia realizacji pracy i uwypukla na dwa cele główny i użyteczny, które Autor realizował.

**Cel główny to** – zbadanie wpływu jednoczesnego dodawania przegrzanej pary wodnej i gazu Browna na zużycie paliwa i jakość spalin w wykorzystywanych w rolnictwie silnikach spalinowych z zapłonem iskrowym. Jednocześnie podjęto próbę optymalizacji proporcji tych dodatków w celu osiągnięcia znaczącej redukcji ilości spalane paliwa.

**Celem użytecznym** pracy była optymalizacja wykorzystania energii pochodzącej z pracy silnika poprzez wykorzystanie energii odpadowej ciepła spalin, które stanowi około 30% energii zużywanej przez silnik, ale traconej w całości lub prawie w całości oraz sprawdzenie możliwości zastosowania zaproponowanego tu rozwiązania zarówno

w już istniejących i funkcjonujących w rolnictwie silnikach jak i nowo powstających rozwiązaniach.

**Rozdział 5. Charakterystyka przedmiotu badań i ich przebieg** dotyczy między innymi problemu badawczego oraz założeń badawczych wraz z charakterystyką obiektu badań i stanowiska badawczego, które Autor pracy założył w celu realizacji swojego doktoratu. W tym rozdziale przedstawione są również metodyka badań i wyniki.

**Rozdział 6. Wyniki badań własnych** dotyczy etapów badań wykonanych przez Doktoranta. Badania zostały podzielone na 9 części.

Etap	Zakres pracy
I	badania wstępne pracy silnika
II	badania kontrolne bez stosowania dodatków
III	badania z zastosowaniem dodatku przegrzanej pary wodnej
IV	badania z zastosowaniem dodatku gazu Browna
V	badania z jednoczesnym zastosowaniem obu wcześniej wymienionych dodatków
VI	badania kontrolne jakości spalin bez stosowania dodatków
VII	badania jakości spalin po zastosowaniu dodatku przegrzanej pary wodnej
VIII	badania jakości spalin z zastosowaniem dodatku gazu Browna
IX	badania jakości spalin po jednoczesnym zastosowaniu obu wcześniej wymienionych dodatków, czyli przegrzanej pary wodnej i gazu Browna

Rozdział ten zawiera syntetyczne dane uzyskane z poszczególnych etapów badań. Doktorant prawidłowo formułuje hipotezy wyjaśniające związane z otrzymanymi wynikami.

Analizując zawartość tego fragmentu nasuwają się pytania:

- (a) dlaczego w przedstawieniu uzyskanych wyników skoncentrowano się jedynie na średniej i odchyleniu standardowym,
- (b) na podstawie ilu pomiarów przedstawiono uzyskane wyniki,

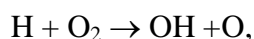
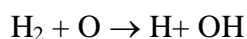
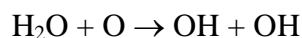
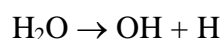
(c) w jaki sposób dokonano tak dokładnych pomiarów: (Tabela 6.1.) - średnia ilości zużywanego paliwa na godzinę pracy - wynik wyliczeń np. 0,6046065 [dm<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>], czy 0,61076102 [dm<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>],

(d) co to znaczy około (Tabela 6.5.)?

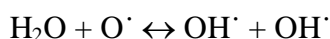
Kończąc ocenę merytoryczną pracy należy wspomnieć o drobnych brakach czy uwagach, które zamieszczam poniżej (str. 5):

- w obecnej chwili na skalę przemysłową 48% produkowanego wodoru powstaje według uproszczonego wzoru: CH<sub>4</sub>+H<sub>2</sub>O=CO+H<sub>2</sub>; CO+H<sub>2</sub>O=CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>, powinno być według uproszczonych wzorów z zapisem CH<sub>4</sub>+H<sub>2</sub>O ↔ CO+H<sub>2</sub>; CO+H<sub>2</sub>O ↔ CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>,

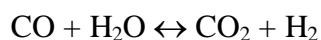
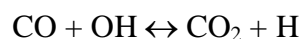
- rozpisując reakcję powstawania z wody rodników OH, które stanowią katalizator spalania cząstek stałych (str. 6):



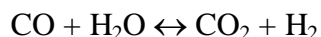
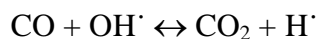
powinno być



- w przypadku tlenku węgla oddziaływanie redukcyjne wody polega na utlenianiu CO według następujących reakcji (str. 6):



powinno być



- w kilku przypadkach wyniki podane są ze zbyt dużą szczegółowością np: 0,01895158 dm<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup> (str. 67); 568,01 g paliwa na kilowatogodzinę (str. 68).

#### 4. Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę oryginalny charakter pracy, jej walory poznawcze i wartość aplikacyjną, pomimo zasygnalizowanych uwag i konieczności wyjaśnień uważam, że recenzowana rozprawa doktorska mgra inż. Sebastiana Kostkowskiego spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim. Rozprawa stanowi samodzielny wkład w rozwój inżynierii rolniczej, tym samym spełnia wymagania wynikające z Ustawy o stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789) oraz (Dz. U. z 2018 r. poz. 261), stąd wnoszę o przyjęcie i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

prof. UPP dr hab. inż. Krzysztof Pilarski

