

Prof. dr hab. inż. Stanisław Szwaja
Katedra Maszyn Ciepłych,
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki,
Politechnika Częstochowska
Tel. +48 34 32050524, +48 885-840-483
e-mail: stanislaw.szwaja@pcz.pl
web: <http://imc.pcz.pl/en/users/sszwaja>

26/07/2024

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgra inż. Dariusza Kozaka p.t. „*Numerical study on exhaust pulse separation problem for multicylinder engine*”

1. Podstawa recenzji

Podstawą do opracowania recenzji było pismo RND.IŚGiE.70.2024 z dnia 23.05.2024r. sygnowane przez prof. dr. hab. inż. Tomasza Wiśniewskiego – Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Warszawskiej, w którym zwraca się z prośbą o wykonanie recenzji rozprawy doktorskiej mgra inż. Dariusza Kozaka zatytułowanej „*Numerical study on exhaust pulse separation problem for multicylinder engine*”.

2. Uwagi ogólne – tytuł, struktura pracy, piśmiennictwo

Praca została napisana pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Andrzeja Teodorczyka, sprawującego funkcję promotora w postępowaniu doktorskim.

Pracę napisano w języku angielskim. Praca zawiera łącznie 175 stron, na których występuje streszczenie w języku polskim i angielskim, szczegółowy wykaz oznaczeń, wykaz artykułów, wykaz rysunków i wykaz tabel występujących w pracy oraz siedem rozdziałów o charakterze merytorycznym a także wykaz literatury i załączniki, w których zamieszczono artykuły autorstwa Doktoranta.

Rozprawa jest zatytułowana poprawnie. Aczkolwiek przed wyrazem *multicylinder* powinien być rodzajnik. Tytuł odzwierciedla problematykę badawczą poruszaną w pracy.

Rozprawa doktorska mgra inż. Dariusza Kozaka w swojej strukturze zawiera wszystkie niezbędne elementy począwszy od wprowadzenia, następnie występuje zdefiniowanie problemu badawczego i celu pracy ugruntowane przeglądem literatury oraz wykaz prac badawczych z opisem stanowisk i metodyki badawczej. Następnie Autor w rozdziale 7 prezentuje swoje osiągnięcia publikacyjne. Jest to cykl siedmiu artykułów

praktycznie monotematycznych i ściśle związanych z problematyką przedstawionej do oceny pracy doktorskiej. Przyjęto, że ten rozdział zawiera wyniki pracy badawczej Doktoranta, aczkolwiek Doktorant nigdzie takiej informacji nie zamieścił.

Układ pracy można uznać za poprawny i mieszczący się w kanonach redagowania pracy doktorskiej. Aczkolwiek układ pracy odbiega od przyjętych struktur i dlatego początkowo nastęrczało to Recenzentowi trudności w prawidłowym zrozumieniu przekazu wiedzy oraz oceny umiejętności i osiągnięć naukowych uzyskanych przez Doktoranta. Krytycznie należy spojrzeć na następujące aspekty w zakresie układu pracy i piśmiennictwa:

- 1) brak wyeksponowania celu badawczego i tezy pracy jako odrębnego podrozdziału. Podrozdział 3 pt. „*Research objectives and scope of the thesis*” nie zawiera wymienionych w tytule *objectives*.
- 2) Teza pracy jest przedstawiona jako hipoteza (występuje na stronie 42 w rozdziale 3) i jest trywialna.
- 3) Rozdział 3 kończy sentencja „*According to the publication timeline, the research work included:*” po czym następuje wykaz artykułów Doktoranta z wyszczególnieniem prac badawczych przypisanych do każdego z tych artykułów. Szkoda, że Doktorant w tym miejscu nie zamieścił informacji odnośnie swojego udziału w tych pracach.
- 4) W nawiązaniu do celów pracy i zakresu prac badawczych Doktorant nigdzie nie przedstawił, w których pracach był wykonawcą lub wiodącym wykonawcą. Załączone do pracy artykuły są współautorskie. Ponadto Doktorant opisując prace badawcze i ich wyniki pisze w liczbie mnogiej o wykonawcach jako *Authors*. Nigdzie nie ma informacji co było jego indywidualnym osiągnięciem naukowym.
- 5) W pracy brak jest rozdziału podsumowującego osiągnięcia Doktoranta. Zwykle taki rozdział nosi nazwę WNIOSKI. Jednakże w pracy można dopatrzeć się podrozdziałów o nazwie *Conclusion*, ale są to wnioski będące treścią jego artykułów i znajdują się w rozdziale 7, w którym zamieszczono te artykuły. Tym niemniej można przyjąć, że wnioski z jego artykułów wynikają bezpośrednio z jego pracy badawczej a zatem są poniekąd zwieńczeniem tejże pracy doktorskiej.
- 6) Załącznik o nazwie *Part 2*, który odrębnie zawiera tylko streszczenia artykułów Doktoranta jest zupełnie niepotrzebny przy założeniu, że kilkanaście stron wcześniej w pracy załączono pełne treści tych artykułów.
- 7) Odnośnie piśmiennictwa, pracę napisano w języku angielskim w miarę komunikatywnie, aczkolwiek nie ustrzeżono się kilku sformułowań trudnych do zrozumienia np. *total temperature* (lepiej użyć *mean temperature*), *ratio* a nie *radio*, nie *conversation* ale powinno być *conservation*, „*the coeficients ... is defined ..*” powinno być „*...are defined...*”, nie *enthalpy difference* ale *enthalpy change*. Ponadto nagminnie brakuje rodzajników.
- 8) Przegląd wiedzy i dobór literatury należy uznać za wyczerpujący, aczkolwiek pozycja 34 w wykazie literatury jest podana niepoprawnie, jest po prostu nieosiągalna. Ponadto w przeglądzie stanu wiedzy należało wyodrębnić osiągnięcia z publikacji obcych i osiągnięcia własne. Doktorant powinien wyraźnie wyeksponować publikacje swojego autorstwa (publikacje 38-40 i 102-105). Ogólna uwaga – nie

należy cytować artykułów będących przeglądem innych artykułów, bo one nie wnoszą żadnej nowej wiedzy np. artykuł [68].

- 9) Doktorant w rozprawie nie wyodrębnił rozdziału omawiającego wyniki jego prac badawczych. Jednakże wyników tych można dopatrzeć się w rozdziale 7, który stanowi „zlepek” artykułów współautorstwa Doktoranta. Takie podejście zastosowane przez Doktoranta jest niefortunne, bo nie tylko utrudnia czytanie pracy ale także stanowi dylemat dla Recenzenta, czy ponownie poddać ocenie te artykuły, o których wiadomo, że już były zrecenzowane naukowo i to w dodatku pozytywnie.

Podsumowując, w nawiązaniu do punktu 4 oczekuję od Doktoranta odpowiedzi odnośnie jego deklaracji w zakresie jego własnych osiągnięć naukowych w pracy przedstawionej do oceny.

3. Ocena merytoryczna pracy – uzasadnienie podjęcia tematyki badawczej, cel, zakres pracy, metodyka badawcza, uwagi

Uzasadnienie podjęcia tematyki badawczej

Doktorant podjął się przeprowadzenia numerycznej analizy wpływu pulsacji ciśnienia w kanałach wylotowych poszczególnych cylindrów na poprawę efektywności energetycznej turbosprężarki w wielocylindrowym, tłokowym silniku spalinowym. Doktorant na podstawie przeglądu literatury zauważył, że badania w tym zakresie głównie koncentrują się na badaniach eksperymentalnych i numerycznych na silnikach czterocylindrowych. W tym celu wybrał on do analizy przypadki najbardziej niekorzystne pod względem pulsacji, jakie występują w przepływach spalin z sześciocylindrowego silnika dwusuwowego oraz z innowacyjnego silnika Pamar pomysłu dra inż. Pawła Mazuro. Zatem można stwierdzić, że celowość podjęcia postawionego przez Doktoranta zagadnienia badawczego jest w pełni uzasadniona przy założeniu, że uzyskane wyniki przyczynią się do poprawy efektywności energetycznej turbosprężarki, a tym samym do poprawy sprawności ogólnej silnika, zmniejszenia jednostkowego zużycia paliwa i obniżenia emisji dwutlenku węgla do środowiska. Należy wyraźnie podkreślić, że współczesny tłokowy silnik spalinowy w zakresie mocy od ułamka kilowata do kilku megawatów jest najbardziej sprawną maszyną do konwersji energii chemicznej paliwa na użyteczną pracę mechaniczną.

Cel i zakres pracy

Cel pracy nie został wyraźnie wyeksponowany, ale czytając pracę można wywnioskować, co przyświecało i było głównym zamierzeniem Doktoranta. Natomiast zakres pracy badawczej został wyczerpująco przedstawiony w postaci rysunku 8 i treści prac badawczych przypisanych poszczególnym artykułom, co zamieszczono w rozdziale 3.

Metodyka badawcza

Mgr inż. Dariusz Kozak na potrzeby realizacji pracy badawczej opracował swój własny warsztat pracy oparty o oprogramowanie CFD do analizy przepływu gazów spalinowych przez turbosprężarkę. W rozdziale 6 Doktorant omówił szczegółowo



stanowisko do badań eksperymentalnych turbosprężarki o zmiennej geometrii łopatek kierownicy (VGT) w tym turbosprężarki jedno- i dwu-stopniowej. Stanowisko służyło do uzyskania danych eksperymentalnych dotyczących pulsacji w przepływie stanowiących następnie dane brzegowe do kalibracji modelu do symulacji przepływów w przestrzeni 3D. Opracowany model turbosprężarki Doktorant zbudował w środowisku programistycznym Ansys Fluent. Zaimplementowanie wyników z badań eksperymentalnych do weryfikacji wyników analizy numerycznej niesie przesłanki do zadowalającej wiarygodności wyników z tejże analizy numerycznej, szczególnie w takim obszarze zmian wielkości wejściowych, które są zbliżone do tych jakie występowały w eksperymencie. Takie podejście jest szeroko rozpowszechnione w analizie teoretycznej i również w tym przypadku należy uznać je za prawidłowe.

Uwagi krytyczne

Pomimo ogólnie pozytywnego odbioru pracy zauważono kilka niedociągnięć, nieprecyzyjnych sformułowań i niepełnej informacji o charakterze merytorycznym jak następuje:

- a) strona 23 – dla *turbine work* jednostka powinna być wyrażona w dżulach (J) a nie w watach (W);
- b) strona 25 – powinno być *nitric oxides*;
- c) strona 48, cyt. *The principle of the turbocharger is to boost engine BP and reduce emissions by providing more fresh air into the cylinders*. Pytanie od Recenzenta: jak obniżyć emisję poprzez zastosowanie turbosprężarki? Prośba o wyjaśnienie.
- d) Strona 48, cyt. *...the compression stroke starts from the atmospheric pressure, which reduces engine CR...* . CR jako stopień sprężania (właściwie stopień kompresji) nie jest zależny od ciśnienia.
- e) Strona 48, cyt. *...the atmospheric pressure, which reduces engine CR and thus lowers heat energy from the combustion...* . Energia wywiązana w postaci ciepła ze spalania paliwa zależy od ilości paliwa i jego wartości opałowej a nie od tego co Doktorant tu napisał.
- f) Strona 53, na rysunku 24 nie ma h_0 , które występuje w równaniu 3.
- g) Strona 53, równanie 4 – skąd wiadomo, że entalpię można wyrazić wzorem na energię kinetyczną bez wyrażenia związanego z temperaturą i ciepłem właściwym. Prośba o wyjaśnienie.
- h) Strona 53, równanie 5 – brak objaśnienia dla T_0 .
- i) Strona 56, rysunek 26 – jaka jest jednostka wymiarowa dla wielkości na osi pionowej?
- j) Strona 58, równanie 16 – czy to równanie jest wiarygodne? Wydaje się, że po podstawieniu danych prędkość silnika może być na poziomie kilkuset tysięcy obr/min.
- k) Strona 62, równanie 19 – jeśli T_0^I i T_0^{II} są różne, to czy nie powinny być różne wartości ciepła właściwych c_p ?
- l) Strona 66, równanie N-S to równanie oznaczone jako (27) a nie równanie ciągłości (26).

- m) Strona 71, równanie 37 – brak wyjaśnienia czym jest R. Czy to uniwersalna czy indywidualna stała gazowa?

Mocne strony pracy

Do mocnych stron pracy należy zaliczyć:

- a) Opracowanie modelu numerycznego i przeprowadzenie symulacji przepływów w turbosprężarce.
- b) Przeprowadzenie badań eksperymentalnych na silniku Pamar 4 z analizą pulsacji przepływów spalin.
- c) Opracowanie metodyki badawczej turbosprężarki o zmiennej geometrii łopatek.
- d) Praktyczne osiągnięcie – opracowanie wytycznych do uzyskania sprawności ogólnej silnika na poziomie 51,2% przy nominalnym obciążeniu silnika.

4. Ocena pracy

W celu przeprowadzenia oceny wiedzy i umiejętności Doktoranta oraz oryginalności w rozwiązaniu problemu badawczego przyjęto założenie, że treść pracy doktorskiej oraz załączone do pracy opublikowane artykuły są wynikiem prac, w których Doktorant był wykonawcą wiodącym. Uznano, że praca stanowi wartościowy wkład w rozwój wiedzy w zakresie analizy teoretycznej i symulacji numerycznej przepływu z pulsacjami przez turbosprężarkę. Podsumowując, należy stwierdzić, że mgr inż. Dariusz Kozak, pomimo szeregu moich krytycznych uwag, prawidłowo podszedł do postawionego sobie wyzwania badawczego i opracował je na poziomie adekwatnym rozprawie doktorskiej.

Ocenie poddano wartości naukowe według następujących kryteriów:

Ocena zasobów wiedzy Doktoranta

W oparciu o przedstawioną do recenzji pracę doktorską mgra inż. Dariusza Kozaka pozytywnie oceniam jego wiedzę ogólną w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka a szczególnie wiedzę specjalistyczną w zakresie analizy teoretycznej i modelowania zjawisk przepływowych w turbosprężarce, w tym szczególnie w turbosprężarce o zmiennej geometrii łopatek kierownicy. Doktorant wykazał się ponadto umiejętnościami w zakresie modelowania CFD w przestrzeni trójwymiarowej, w tym budowania siatki, zdefiniowania warunków początkowych i brzegowych oraz przeprowadzenia symulacji numerycznych za pomocą standardowo używanego w tym celu oprogramowania komercyjnego.

Ocena umiejętności Doktoranta do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Mgr inż. Dariusz Kozak opracował plan badań i metodykę badawczą dla prac eksperymentalnych i analizy numerycznej. Tok rozumowania i postępowanie w zakresie budowy i kalibracji modelu numerycznego w celu uzyskania wiarygodnych wyników z symulacji numerycznych oraz wysoka jakość wyników z przeprowadzonych testów silnikowych skłania do przypuszczenia, że Doktorant jest w stanie samodzielnie zdefiniować zadania badawcze, opracować metodykę badań, zaprojektować stanowisko

badawcze, zrealizować badania i opracować wnioski. Zatem uznaję, że Doktorant posiada wystarczające umiejętności do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Ocena oryginalności rozwiązania problemu badawczego

Doktorant rozwiązał problem badawczy stosując analizę numeryczną połączoną z analizą eksperymentalną. Oryginalność przedstawionego do oceny rozwiązania problemu badawczego sprowadza się do analizy pracy turbosprężarki na innowacyjnym silniku rewolwerowym Pamar 4 oraz opracowania kanałów spalinowych dla turbosprężarki sprzęgniętej z silnikiem 6-cylindrowym. Na podstawie analizy dostępnej literatury można stwierdzić, że opracowanie eksperymentalne i analityczne wykonane przez Doktoranta jest oryginalne i dotychczas nie było opublikowane przez innych naukowców.

5. Wniosek końcowy

Wskazane w recenzji krytyczne uwagi szczegółowe nie zmieniają mojej oceny, która jest dla całości pracy oceną pozytywną. Przedstawiona rozprawa w tym również opracowane wnioski z zamieszczonych w niej artykułów będą pomocne do dalszej pracy nad badaniami doładowania silnika tłokowego.

Doktorant wykazał się umiejętnościami w zakresie sformułowania problemu, potrafił prawidłowo dobrać metodykę badawczą i przeprowadzić analizę numeryczną oraz badania eksperymentalne, potrafił także prawidłowo zinterpretować otrzymane wyniki i wyciągnąć prawidłowe wnioski. Doktorant posiada umiejętności do samodzielnego prowadzenia eksperymentu naukowego jak również wnioskowania, w tym do prowadzenia samodzielnej pracy naukowej.

Reasumując stwierdzam, że rozprawa doktorska mgra inż. Dariusza Kozaka w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka spełnia warunki stawiane pracom doktorskim zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.).

Niniejszym wnoszę o dopuszczenie tej rozprawy pod publiczną dyskusję.

Stanisław Szupa