Prof. dr hab. inż. Andrzej Kaźmierczak

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA
Wydział Techniczno-Przyrodniczy, Zakład Inżynierii Odnawialnych Źródeł Energii
Wyb. Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

Wrocław, dnia 27.11.2018 r.

OCENA

Rozprawy doktorskiej mgr. inż. Piotra Świątka pt.: Analiza dostosowania wybranych elementów silnika samochodowego do zastosowania w ultralekkim statku powietrznym

1. **Podstawa opinii:** pismo Dziekana Wydziału Maszyn Roboczych i Transportu nr DR-63/549/01/2018 z dnia 10.07.2018 roku, do którego dołączono egzemplarz rozprawy doktorskiej.

2. Przedmiot opinii: rozprawa doktorska mgr. inż. Piotra Świątka liczy 121 stron tekstu w tym 7 stron spisu literatury. Praca zawiera 92 rysunki oraz 20 tablic. W spisie literatury umieszczono 98 pozycji. Praca posiada streszczenia w językach polskim i angielskim oraz wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń.

3. Ogólna charakterystyka problematyki poruszanej w rozprawie

Praca dotyczy analizy dostosowania samochodowego silnika spalinowego do zastosowania w ultralekkim statku powietrznym. Rynek ultralekkich statków powietrznych jest obecnie jedną z najbardziej rozwijających się gałęzi transportu lotniczego. Jest to związane ze zwiększającym się zainteresowaniem wykorzystania ultralekkich statków powietrznych do transportu pasażerskiego. Cechą charakterystyczną tego typu jednostek jest wykorzystanie napędu śmigłowego, w którym stosowane są silniki tłokowe bądź turbinowe. Konstrukcja oraz parametry użyteczne tłokowych silników spalinowych występujących w rozpatrywanej grupie statków powietrznych jest zbliżona do silników o zastosowaniach motoryzacyjnych. Z tego względu istnieje możliwość dostosowania silnika samochodowego do zastosowań lotniczych, co jest przewodnim tematem rozprawy doktorskiej. W pracy scharakteryzowano rynek przewozów pasażerskich w sektorze transportu lotniczego, dokonano analizy przepisów prawnych dotyczących dopuszczenia do ruchu lotniczego ultralekkich statków powietrznych oraz opisano rynek dla tej grupy środków transportu. W opisie przepisów skupiono się przede

wszystkim na wymaganiach stawianych przy dopuszczeniu do eksploatacji nowych statków powietrznych oraz zmian wybranych podzespołów. W sposób szczegółowy wykonano analizę konstrukcji i osprzętu oraz porównano parametry użyteczne silników spalinowych stosowanych w ultralekkich statkach powietrznych.

Na podstawie tej analizy autor stwierdził, że elementem determinującym dostosowanie samochodowego silnika spalinowego do zastosowania w ultralekkim statku powietrznym jest zmiana konstrukcji kolektora dolotowego.

4. Ogólna charakterystyka najistotniejszych, zdaniem recenzenta, elementów rozprawy doktorskiej

Właściwa treść rozprawy zaczyna się od rozdziału 4., w którym autor opracował metodykę badawczą. Do badań wybrano bazowy silnik spalinowy, w którym wykonano zmiany w konstrukcji i osprzęcie. Z uwagi na interdyscyplinarność zagadnienia w ramach rozprawy doktorskiej, szczegółowej analizie poddano konstrukcję kolektora dolotowego. Na tej podstawie sformułowano cel główny pracy, którym jest doświadczalna analiza dostosowania kolektora dolotowego samochodowego silnika spalinowego przeznaczonego do zastosowania w ultralekkim statku powietrznym oraz tezę „Zmiana konstrukcji kolektora dolotowego i jednoczesne zwiększenie współczynnika napełnienia umożliwia dostosowanie silnika samochodowego w ultralekkim statku powietrznym". Rozprawa zawiera prace badawcze symulacyjne i empiryczne. Podstawą do realizacji pracy były badania empiryczne kolektora standardowego (komercyjnego), na podstawie których stwierdzono, że konieczna jest modyfikacja jego budowy. W swoim rozwiązaniu kolektor dolotowy doposażono o zbiornik wyrównawczy oraz zastosowano dodatkowo kierownicę powietrza. Autor dokonał obliczeń teoretycznych i na ich podstawie opracował symulacje przepływu strumienia powietrza w kanałach kolektora dolotowego. Przebadano 10 różnych wariantów kolektorów dolotowych przy czym badania symulacyjne obejmowały zastosowanie kierownicy powietrza o trzech wybranych przez autora krzywiznach łuku 40, 60, 80 mm. W dalszej części pracy, już empirycznej, dodatkowo zastosowano liniowe przesunięcie kierownicy. Parametrami użytymi do oceny zmian konstrukcyjnych wersji kolektora dolotowego był współczynnik nierównomierności rozkładu D_g oraz współczynnik napełnienia η_v.

Rezultatem rozprawy była konstrukcja kolektora dolotowego w wariancie z kierownicą o ustawieniu liniowym oznaczonym jako –6 mm przy kącie obrotu kierownicy +12,5°.

5. Oryginalność rozprawy

Istnieje wiele opracowań naukowych dotyczących badań symulacyjnych i empirycznych kolektorów dolotowych do silników spalinowych o zastosowaniu w pojazdach samochodowych. Autor w swojej rozprawie posiłkuje się wybranymi opracowaniami z tej tematyki jednak należy stwierdzić, że w rozwiązaniu zagadnienia, którego się doktorant podjął nie spotkano tematycznie związanych opracowań naukowych. Taki stan literatury wymusił na autorze rozprawy opracowanie oryginalnej metodyki dostosowania silnika samochodowego do zastosowania w ultralekkich statkach powietrznych przez autorską konstrukcję kolektora dolotowego. Doktorant zdefiniował warunki początkowe wybranych parametrów, jakimi powinien się charakteryzować silnik zamontowany w ultralekkim statku powietrznym.

6. Wartość naukowa i aplikacyjna

Główna cześć badań rozprawy doktorskiej została sfinansowana z projektu pt. Opracowanie innowacyjnego silnika lotniczego zasilanego paliwem JET A1 realizowanego w ramach Programu INNOLOT nr POIR/01.02.00-00-0015/1510 współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Rezultatem tego typu projektów jest komercjalizacja wyników badań, co jednoznacznie wskazuje na duży potencjał aplikacyjny zaproponowanego rozwiązania. Opracowana konstrukcja kolektora dolotowego może być adaptowana w prosty sposób do innych silników samochodowych bardzo często używanych jako bazowy element do zmian konstrukcyjnych wykonanych w celu zastosowania w ultralekkich statkach powietrznych. Jest to częsta praktyka renomowanych producentów tego typu napędów. W przypadku bardziej wymagających konstrukcji opracowana oryginalna metodyka badań symulacyjnych i empirycznych kolektorów dolotowych może posłużyć innym badaczom i konstruktorom do rozwiązywania problemów naukowych w tej tematyce.

7. Zastosowane metody badawcze

Do stwierdzenia zasadności postawionej tezy zastosowano metody wspomagania komputerowego oraz metodę weryfikacji doświadczalnej. Dokonano obliczeń numerycznych, na podstawie których opracowano symulacje komputerowe, a następnie jej wyniki użyto do wykonania prototypowego kolektora dolotowego. Do realizacji pracy wykorzystano narzędzia numerycznej mechaniki płynów oraz metody wspomagania komputerowego CAD. Do badań

empirycznych, zarazem części badań weryfikacyjnych, opracowano oryginalną konstrukcję stanowiska do badań kolektorów dolotowych oznaczone SBK-01.

8. Wykaz literatury

Cytowana literatura świadczy o rzetelności przeprowadzonych studiów nad zagadnieniami związanymi z tematem rozprawy, nie tylko ze względu na liczbę pozycji w wykazie, lecz także na sposób i zakres jej wykorzystywania w tekście. W szczególności obejmuje ona 62 pozycje anglojęzyczne, pozostałe to pozycje w języku polskim. Znakomita większość przytoczonych pozycji literatury to pozycje wydane w ciągu ostatnich pięciu lat.

9. Uwagi krytyczne

1. Autor w rozprawie podjął się dostosowania silnika samochodowego do zastosowania w ultralekkim statku powietrznym. Jednak jako bazę do przeróbek wybrał gaźnikowy silnik starej konstrukcji. Oczywiście to spowodowało konieczność zmiany układu wtryskowego na układ wtrysku wielopunktowego, a to z kolei determinowało konieczność opracowania nowej konstrukcji kolektora dolotowego. Nie byłoby prościej zastosować silnika nowej konstrukcji i to niekoniecznie w układzie bokser ponieważ istnieją na rynku zwarte konstrukcje silników o zapłonie iskrowym w układzie rzędowym, czy też silnika w układzie bokser, ale zdecydowanie bliższego nowoczesnym konstrukcjom?

2. Przeprowadzona metodologia badań obejmuje szereg parametrów, które należy wziąć pod uwagę podczas eksploatacji ultralekkiego statku powietrznego. Autor nie uwzględnił zmiany parametrów fizycznych powietrza na różnych wysokościach. Badania empiryczne i weryfikacyjne przeprowadzono na ziemi. Czy zdaniem Doktoranta nie pozostają żadne wątpliwości co do słuszności wyników końcowych badań weryfikacyjnych? Czy podział strumienia powietrza na poszczególnych wlotach do kanałów dolotowych kolektora nie byłby inny w przypadku np. innej gęstości powietrza determinowanej różną wysokością lotu? Wybrana krzywizna łuku kierownicy czy też przesunięcie linowe mogłoby się okazać zupełnie inne.

3. Na jakiej podstawie Doktorant dobrał krzywizny łuków oraz wartości przesunięcia liniowego?

4. Dość dużą wątpliwość budzą wyniki symulacji komputerowych, na podstawie których tak naprawdę nie można jednoznacznie określić czy zastosowanie kierownicy wpływa na równomierny rozkład powietrza w projektowanym kolektorze dolotowym co zresztą sam Autor stwierdza na 91. stronie rozprawy. To prowadzi do wniosku, że dobór parametrów ustawienia kierownicy był raczej przypadkowy i arbitralny.

5. Z opisu badań empirycznych kolektorów dolotowych (rozdział 8.2) wynika, że nie zastosowano metody planowania eksperymentu z dwoma zmiennymi: „ustawienie kierownicy" i „kąt" wraz z analizą regresji. Co było powodem arbitralnego wyboru wartości wyżej wymienionych zmiennych w kolejnych „próbach" o numerach od 2 do 11?

6. Zaprezentowane w rozprawie rysunki kształtu kolektora dolotowego oraz kształt końcowy prototypu kolektora różnią się. Czy to nie miało wpływu na wynik końcowy tj. ostateczny kształt i konstrukcję prototypu kolektora dolotowego?

10. Uwagi szczegółowe

Praca jest napisana w aspekcie edytorskim dobrze. Przytaczam kilka uwag o charakterze porządkowym:

- format opisu rysunków nie jest ujednolicony (różne czcionki i ich rozmiar),
- nieliczne przypadki zamiennego stosowania „spaliny" i „gazy wylotowe",
- w spisie oznaczeń skróty angielskojęzyczne napisane są formatem tekstu pochylonego natomiast w tekście jest tekst prosty,
- nieliczne przypadki pozostawienia „sierot i wdów" na końcach wierszy,
- duża liczba rysunków zamieszczona jako skan co wpływa znacząco na ich jakość i czytelność,
- przypadki stosowania jednostek niezgodnych z SI,
- przypadki stosowania kropek, a nie przecinków w zapisie liczb niepełnych,
- zamienne stosowane oznaczenia „kanał" i „wlot" co utrudnia zrozumienie ciągu logicznego prowadzonych badań,
- przypadki zastosowania znaku „dywiz" zamiast „minus",
- stosowanie pojęcia „współczynnik napełnienia silnika" zamiast „współczynnik napełnienia cylindra",
- błędny zapis wzoru 3.3, w którym brakuje w liczniku zmiennej Ds. oraz π,
- oznaczenie jednostki momentu ze znakiem mnożenia lub bez,

- omyłkowy zapis jednostek objętościowego wskaźnika mocy na stronie 45 w. 10, 12, 13. Jest dm^3/kW, a powinno być kW/dm^3.

11. Osiągnięcia Autora

Autor rozprawy w swoim dorobku posiada pięć publikacji ulokowanych w polskich czasopismach o zasięgu międzynarodowym i jako materiały konferencji międzynarodowych co stanowi dostateczną liczbę.

12. Podsumowanie i konkluzja

Rozprawa doktorska mgr. inż. Piotra Świątka jest wartościowym i aktualnym opracowaniem o charakterze studyjnym, które wnosi treści poznawcze i wskazuje nowe kierunki rozwoju i doskonalenia metod związanych z badaniami silników spalinowych w zastosowaniach do ultralekkich statków powietrznych.

Mgr inż. Piotr Świątek wykazał się umiejętnością samodzielnego formułowania i rozwiązywania zadań naukowych na poziomie prac doktorskich i reprezentuje wystarczający poziom wiedzy związanej z tematyką rozprawy.

Stwierdzam, że przedstawiona przez Pana mgr. inż. Piotra Świątka rozprawa doktorska spełnia wymagania stawiane przez ustawę: „o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach w zakresie sztuki" z dnia 14 marca 2003 roku wraz ze zmianami, w zakresie rozpraw doktorskich i stawiam wniosek o dopuszczenie Autora do publicznej obrony w dyscyplinie transport.

Andrzej Kaźmierczak