

O C E N A

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Tomasza Szczepańskiego pt.: „Metoda oceny użytkowych właściwości silnika spalinowego w stanach dynamicznych”

1. Uwagi wstępne

Recenzja rozprawy wykonana na zlecenie Rady Wydziału Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej, pismo nr SiMR-29/23/2015 Prodziekana ds. nauczania prof. nzw. dr hab. inż. Witolda Marowskiego z dnia 17.07.2015 r., do którego dołączono egzemplarz rozprawy doktorskiej wraz z dokumentacją.

Recenzowana praca będąca przedmiotem rozprawy obejmuje 132 strony i składa się ze streszczenia w języku polskim i angielskim, wykazu oznaczeń, 7 głównych rozdziałów oraz bibliografii obejmującej 88 pozycji.

Promotorem rozprawy doktorskiej jest prof. dr hab. inż. Zdzisław Chłopek.

2. Ocena doboru tematu rozprawy

Tematyka Rozprawy doktorskiej mgr inż. Tomasza Szczepańskiego koncentruje się na zagadnieniach oceny właściwości silnika spalinowego w stanach dynamicznych.

Przez wiele lat silniki spalinowe były badane przez producentów silników i jednostki badawczo-rozwojowe przede wszystkim w stanach statycznych, chociaż powszechna była świadomość, że w przypadku ich zastosowania do napędu samochodów większość czasu pracują one w stanach dynamicznych. Występujące stany dynamiczne są konsekwencją zmian temperatury elementów silnika, obciążenia oraz prędkości obrotowej silnika. Prowadzenie badań w warunkach statycznych wynikało w dużej mierze z ograniczeń aparatury badawczo – pomiarowej, która nie umożliwia zachowania odpowiedniej dokładności i powtarzalności wykonywanych pomiarów w warunkach dynamicznych. Nie bez znaczenia była również łatwość porównywania i interpretacji uzyskiwanych wyników.

Obserwowane istotne różnice w parametrach pracy silników spalinowych uzyskiwanych w stanach statycznych i dynamicznych doprowadziły do upowszechnienia testów badawczych, które umożliwiają fragmentaryczną ocenę ich właściwości w stanach dynamicznych. Testami tymi są badania homologacyjne pojazdów samochodowych, które wykonywane są z użyciem hamowni

podwoziowych oraz testy dynamiczne silników wykonywane z użyciem hamowni silnikowych. Są to badania, które umożliwiają poznanie właściwości silników w stanach dynamicznych, jednak właściwości te są uśrednione dla warunków całego testu.

Mgr inż. Tomasz Szczepański na podstawie oceny istniejącego stanu wiedzy trafnie zauważył, że nie istnieją opracowania opisujące kompleksowo zagadnienia zachowania silnika w stanach dynamicznych, zawierające systematyczny przegląd warunków i stanów dynamicznych.

Uważam, że mgr inż. Tomasz Szczepański podejmując w swojej rozprawie zagadnienia oceny właściwości silnika spalinowego w stanach dynamicznych, znakomicie wpisuje się w potrzeby specjalistów zajmujących się badaniem silników spalinowych. Podjęty przez Doktoranta problem badawczy w rozprawie jest uzasadniony, a samo sformułowanie tematu rozprawy uważam za właściwe.

3. Ogólna charakterystyka rozprawy

W przedstawionej do recenzji rozprawie, Autor podjął się rozwiązania złożonego zagadnienia dotyczącego aproksymacji zależności operatorowych, opisujących właściwości silnika zależnościami funkcyjnymi oraz racjonalizacji oceny niepowtarzalności stanów pracy silnika w danych warunkach.

Zasadnicza treść rozprawy zawarta jest w 7 rozdziałach, przy czym rozdział 1 to definicje pojęć, natomiast rozdział 7 to podsumowanie wyników pracy. Treść rozdziałów jest powiązana z tytułem rozprawy i stanowi jego rozwinięcie oraz odpowiada sformułowanemu celowi rozprawy.

W rozdziale 2 – *Analiza stanu wiedzy nt. badań silników spalinowych w stanach dynamicznych*, zawarto wprowadzenie do problemu badawczego, omówienie trendów w analizowanej problematyce, ze szczególnym zwróceniem uwagi na teoretyczne postawy zagadnienia, porównanie stanów statycznych i dynamicznych, badania silników w testach dynamicznych oraz modelowanie pracy silnika w wybranych stanach dynamicznych. Autor właściwie dobrał analizowaną literaturę dokonując przeglądu prac najnowszych oraz stanowiących kanon zagadnienia. Autor trafnie zauważa, że istniejące opracowania dotyczą bardzo wielu zagadnień związanych z dynamiką silnika ale większość z nich dotyczy bardzo szczegółowych zagadnień i trudno jest na tej podstawie uzyskać całościowy opis zmiennych procesów pracy silników spalinowych.

W rozdziale 3 zawarto cel, tezę i zakres pracy wymieniając pięć podstawowych problemów badawczych, które będą w dalszej części rozważane.

W rozdziale 4 przedstawiono opis proponowanej metody oceny użytkowych właściwości silnika spalinowego w stanach dynamicznych. Przedstawiono w nim kilka metod korekcji przesunięć fazowych w torach pomiarowych, przy czym pierwsza z nich bazuje na zależności ustalanej na podstawie doświadczeń laboratoryjnych, a

trzy kolejne mają charakter teoretyczny. W niniejszym rozdziale omówiono również autorską metodę zmiany zależności operatorowych silnika na zależności funkcyjne. W dalszej części rozdziału zdefiniowano zbiór warunków pracy silnika, omówiono niepowtarzalność stanów pracy silnika w danych warunkach oraz przedstawiono metodę wizualizacji wielowymiarowych zależności.

Rozdział 5 zawiera wyniki badań empirycznych wykorzystanych do weryfikacji metod badawczych przyjętych do realizacji, omówiono metodę przygotowania wyników badań, zasady selekcji danych oraz oceną niepowtarzalności wyników badań.

W rozdziale 6 przedstawiono weryfikację metody korekcji przesunięć fazowych w torach pomiarowych oraz metody zmiany zależności operatorowych silnika na zależności funkcyjne. W dalszej części niniejszego rozdziału dokonano weryfikacji przyjętej do realizacji metody wyznaczania dziedziny stanów pracy silnika, oceniono przyczyny zjawiska niepowtarzalności stanów pracy silnika i omówiono możliwości minimalizacji tego zjawiska, jak również przedstawiono przykłady wizualizacji wyników za pomocą opracowanej metody.

4. Ocena rozprawy

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

Za główne osiągnięcia mgr inż. Tomasza Szczepańskiego uważam:

1. Opracowanie i weryfikację metody przesunięć fazowych w torach pomiarowych w laboratoriach hamownianych występujących pomiędzy wielkościami mierzonymi na wale hamulca oraz w analizatorach spalin. Opracowana przez Doktoranta metoda z jednej strony ma charakter uniwersalny, ponieważ dopuszcza zastąpienie wyników badań empirycznych metodami o charakterze teoretycznym, z drugiej strony pominięcie wyników badań empirycznych powoduje, że uzyskane rezultaty mają charakter przybliżony i nie ujmują wszystkich zjawisk mających kluczowy wpływ na występowanie przesunięć fazowych w poszczególnych torach pomiarowych.
2. Opracowanie i weryfikację metody zmiany zależności operatorowych silnika na zależności funkcyjne dla wybranych warunków pracy. Doktorant przyjął, że na bieżący stan pracy silnika, w opracowanej zależności funkcyjnej, wpływ będą miały prędkość obrotowa, moment oporów i parametr sterowania silnikiem oraz pochodne tych wielkości (łącznie 6 parametrów). To założenie zostało zweryfikowane dla jednego obiektu badań, dla którego wyniki były dostępne. Wskazane byłoby powtórzenie procesu weryfikacji metody dla większej liczby pojazdów o zróżnicowanych systemach zasilania, w szczególności współczesnych doładowanych silników o zapłonie samoczynnym.

3. Opracowanie i weryfikację metody wyznaczania liczby i zakresów przedziałów parametrów wejściowych modelu silnika. Opracowana przez Doktoranta metoda umożliwia radykalne ograniczenie liczby zbiorów wykorzystywanych do kalibracji modelu silnika bez konieczności zauważalnej utraty dokładności obliczeń.
4. Analizę zjawiska niepowtarzalności stanów pracy silnika w danych warunkach pracy. Doktorant poddał szczegółowej ocenie przyczyny zjawiska niepowtarzalności stanów pracy silnika w danych warunkach pracy z użyciem liczb rozmytych. Uzyskane rezultaty umożliwiają zmniejszenie niepowtarzalności stanów pracy silnika poprzez poprawę doboru zakresów przedziałów parametrów wejściowych oraz eliminację danych wejściowych obciążonych zbyt dużymi błędami wynikającymi ze zjawisk przypadkowych.
5. Opracowanie metody wizualizacji zależności występujących pomiędzy parametrami modelu, opisanych w dziedzinie wielowymiarowej, która znacząco ułatwia ocenę użytkowych właściwości silnika, pracującego w stanach dynamicznych.

Reasumując, uważam że omówiona konstrukcja rozprawy doktorskiej mgr. inż. Tomasza Szczepańskiego oraz sposób opracowania materiału empirycznego, 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 eksperymentalnych, analitycznych i numerycznych stosowanych w dyscyplinie Budowa i eksploatacja maszyn.

5. Uwagi szczegółowe

Pomimo wszystkich zalet i dobrej oceny rozprawy pod względem zawartości merytorycznej, wysokiej jakości edytorskiej i stylistycznej, dysertacja ma pewne niedostatki do których zaliczam m.in.:

- str. 44 Autor formułuje kryterium oceny zasadności zawężania dziedziny czasowej w sposób bardzo ogólny, należałoby zdefiniować parametry i przypisać im wartości progowe, po przekroczeniu których podejmowana jest przyjęta w procedurze decyzja,
- str. 45, „silnia” (zamiast silnika),
- str. 46, rysunek z przypisanym numerem 4.3 występuje dwukrotnie,
- str. 60, parametr s został zdefiniowany w inny sposób niż w rozdziale *Oznaczenia*,
- str. 61, „Wartość pochodnych obliczono jako różnicę między wartością bieżącą i wartością poprzednią” (należałoby uzupełnić definicję o mianownik, w którym znajdzie się czas próbkowania, nawet jeżeli przyjęto 1 s),
- str. 78, „zupelni_” (zamiast zupełnie),
- str. 81, rys. 6.6, „oraz” (spójnik niepotrzebny),

- str. 86, rys. 6.9, 6.11, 6.13, 6.15, „funkcji” (zamiast zależności),
- str. 100, „największemu” (zamiast największego...).

6. Pytania szczegółowe

1. Na str. 58 pojawia się opis badań empirycznych, których wyniki wykorzystano do weryfikacji opracowanych metod. Wyjaśnienia wymagają warunki wykonania badań w ramach realizowanych testów jezdnych, czy silnik badanego pojazdu, przed powtórzeniem testu, osiągał te same warunki ceplne co w teście poprzednim, jak to było kontrolowane?
2. Na str. 59 Autor uzasadnia decyzję o wykorzystaniu w badaniach hamowni podwoziowej zamiast silnikowej. Jakiego rodzaju dodatkowe błędy pomiarowe może wprowadzić zastosowanie takiego rozwiązania?
3. Na str. 59 Autor opisuje drogę przepływu spalin do analizatorów stwierdzając, że przepływ ma charakter krytyczny. Należy wyjaśnić, co Autor rozumie pod pojęciem przepływ krytyczny oraz jaką część drogi z układu wylotowego silnika do analizatorów spaliny rozcieńczone powietrzem przepływają w tych warunkach?
4. Na str. 61 wyjaśniono, że z każdego testu, spośród pięciu realizacji została odrzucona jedna, dla której wyniki pomiarów najbardziej odbiegały od pozostałych. Jak sformułowano kryterium różnicy wyników w poszczególnych realizacjach?
5. Na str. 62 wyjaśniono, że przebiegi poddane zostały standaryzacji. Proces standaryzacji nie został zdefiniowany, przez co utrudniona jest analiza przebiegów prezentowanych na kolejnych rysunkach.

7. 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 pełni osiągnięte w zakresie przyjętym przez Doktoranta, bowiem uzasadnione zostały twierdzenia Autora ujęte w tezie pracy, a prezentowane wyniki są uzyskane w poprawnie przeprowadzonych studiach i 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 naukowej Budowa i eksploatacja maszyn, w której mieszczą się zagadnienia objęte rozprawą.

Stwierdzam zatem, że praca mgr inż. Tomasza Szczepańskiego pt.: „Metoda oceny użytkowych właściwości silnika spalinowego w stanach dynamicznych” (promotor: prof. dr hab. inż. Zdzisław Chłopek) spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim, w rozumieniu ustawy „O stopniach naukowych i tytule naukowych oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” z dnia 14 marca 2003 roku, a Autor może być dopuszczony do jej publicznej obrony.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "J. Rogiwa". The signature is written in a cursive, somewhat stylized script.