

dr hab. inż. Rafał Longwic, prof. uczelni
Politechnika Lubelska
Wydział Mechaniczny
Katedra Pojazdów Samochodowych

Lublin, 16 czerwca 2020

RECENZJA

Rozprawy Doktorskiej

mgr inż. Oskara Wysockiego

Podstawą niniejszej recenzji jest pismo Dziekana Wydziału Mechanicznego Politechniki Gdańskiej prof. dr. hab. inż. Adama Barylskiego nr 067/WM/2020 z dnia 30 marca 2020 roku.

1. Charakterystyka ogólna rozprawy

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska pt.: „Odwzorowanie właściwości energetycznych silników spalinowych pojazdów użytkowych z wykorzystaniem pomiarów trakcyjnych” składa się ze 171 stron, z 12 rozdziałów i jednego załącznika. W poszczególnych rozdziałach poruszono następujące zagadnienia:

Rozdział pierwszy to przywołanie definicji pojęć stosowanych w rozprawie.

Rozdział drugi stanowi analizę stanu zagadnienia w zakresie podstaw działania pojazdów użytkowych. Dokonano przeglądu pojazdów użytkowych z zabudową. Omówiono sposoby odbioru mocy z silnika spalinowego na potrzeby zabudowy. W szczególności zajęto się pojazdami typu „śmieciarka”.

Rozdział trzeci zawiera model układu napędowego pojazdu użytkowego wykonany metodą Grafów Wiązań. Odwzorowano model układu napędowego „śmieciarki”. Dokonano analizy sprawności jej układu napędowego.

W **rozdziale czwartym** podano cel i tezę dysertacji.

W **rozdziale piątym** scharakteryzowano zastosowane metody rejestracji parametrów pracy pojazdu, głównie z wykorzystaniem interfejsu FMS (Fleet Management System).

Rozdział szósty zawiera omówienie zaproponowanej przez autora metody przetwarzania sygnałów rejestrowanych przy użyciu interfejsu FMS.

W **rozdziale siódmym** dokonano omówienia metod, które posłużyły do odwzorowania charakterystyk silnika.

Rozdział ósmym to podział stanów pracy silnika oraz ich klasyfikacja na statyczne lub dynamiczne.

W **rozdziale dziewiątym** przedstawiono analizę proponowanych metod odwzorowania charakterystyk silnika bazującą na danych uzyskanych podczas testów prowadzonych z wykorzystaniem autorskiego stanowiska badawczego.

W **rozdziale dziesiątym** pokazano implementację proponowanych metod odwzorowania charakterystyk do danych pochodzących z pomiarów trakcyjnych.

W **rozdziale jedenastym** oceniono sprawność układu napędowego wybranego pojazdu użytkowego.

W **rozdziale dwunastym** zawarto uwagi końcowe i wnioski.

Na końcu pracy przedstawiono spis literatury oraz załącznik, w którym opisano stanowisko badawcze. Spis literatury składa się ze 153 pozycji, zdecydowana większość prac datowana jest po roku 2010.

Pracę napisano czcionką o wielkości 12 pkt, z interlinią półtora punktu. Praca zawiera 101 rysunków, 26 tabel oraz 103 formuły matematyczne.

2. Ocena podjętej tematyki i treści rozprawy

Podstawową regułą jaka winna przyświecać współczesnemu człowiekowi w realizacji wszelkich działań gospodarczych winna być reguła wydatkowania minimalnej ilości energii dla realizacji owych działań. Minimalizacja ilości wydatkowanej energii przekłada się bowiem w większości przypadków na pozytywny efekt ekologiczny. Nawet wówczas jeśli energia pochodzi ze źródeł odnawialnych, tak zwanych ekologicznych, winniśmy zużywać jej jak najmniej. Jednym z istotnych problemów jakie nam towarzyszą jest problem wywozu odpadów i technologii tego wywozu. Mogłoby się wydawać, że pewnym słusznym trendem w tym zakresie jest segregacja odpadów przez ich bezpośrednich wytwórców ale proces ten generuje konieczność intensyfikacji działań w ramach transportu. Jak wspomniano na wstępie proces segregacji odpadów i jego transportu winien przebiegać zgodnie z zasadą

minimalizacji wydatkowanej energii. Zatem aby segregacja odpadów miała sens musi przebiegać w warunkach minimalizacji energii wydatkowanej na realizację procesu transportowego. Oceniana praca dotyczy zatem bardzo istotnego zagadnienia odwzorowania właściwości energetycznych silników spalinowych pojazdów użytkowych (w tym tych do wywozu odpadów) poprzez rejestrację parametrów eksploatacyjnych tychże pojazdów w warunkach trakcyjnych. Owo odwzorowanie właściwości energetycznych nie może opierać się na znanych charakterystykach silników spalinowych gdyż pojazdy użytkowe pracują głównie w stanach dynamicznych wynikających zarówno ze zmiennych warunków ruchu pojazdów użytkowych (pojazd do wywozu odpadów porusza się głównie w warunkach miejskich), oraz ze zmiennych warunków pracy urządzeń napędzanych przez układ napędowy sprzężony z silnikiem pojazdu. Opracowany model służący odwzorowaniu właściwości energetycznych silników spalinowych pojazdów użytkowych może posłużyć w przyszłości do optymalizacji konfiguracji układu napędowego urządzeń wykonawczych oraz oceny efektywności energetycznej różnych układów napędowych takich pojazdów, gdzie funkcją celu będącej minimum zużycia paliwa. Myślę, że autor nie dostrzegł jeszcze innych utylitarnych zastosowań opracowanego modelu, które mogą np. dotyczyć optymalizacji tras odbioru odpadów, czy też optymalizacji struktury tychże odpadów. Można również znaleźć wiele innych zastosowań opracowanej metody w kontekście pojazdów użytkowych opisanych w rozdziale 2.1 pracy. Reasumując powyższe poruszona w pracy tematyka jest ważna i aktualna a uzyskane wyniki mają znaczenie praktyczne. Autor z wielką odwagą podejmuje się rozwiązania trudnego problemu związanego choćby z analizą działania silnika spalinowego w stanach dynamicznych.

W pracy w logiczny i konsekwentny sposób przedstawiono sposób realizacji jej celu naukowego. Na wstępie zdefiniowano wykorzystywane pojęcia. Jest to bardzo istotne gdyż nomenklatura dotycząca stanów dynamicznej pracy silnika nie jest ugruntowana w piśmiennictwie. Należy wspomnieć, że próby w tym zakresie trwają w kraju do dawna a istotne są tu prace choćby profesora Chłopka, Cichego czy też

Wendekera. W rozdziale 2 opisano podstawy działania pojazdów użytkowych. Uważam, że rozdział ten można było ograniczyć jedynie do przedstawienia gamy pojazdów użytkowych dla jakich może być zastosowany opracowywany model. Autor z nadmierną precyzją stara się pokazać w pracy wszelkie jej aspekty. Taką pracę czyta się bardzo dobrze i nie trzeba sięgać do literatury ale można narazić się na eksponowanie treści znanych specjalistom dziedziny. W rozdziale 3 nawiązano w pewien sposób do prac naukowych Pana profesora Cichego wykorzystując metodę grafów wiązań. Metoda ta jest bardzo cenna w opisie złożonych modeli mechanicznych. Tutaj posłużyła do opracowania modelu układu napędowego pojazdu użytkowego i analizy sprawności układu napędowego pojazdu do wywozu odpadów. Podobnie jak poprzednio szanuję dążenie autora aby wyjaśnić drobiazgowo zagadnienia podjęte w rozprawie ale uważam, że rozdział 3.1 można było pominąć. Z treści rozdziałów 1, 2 i 3 wynika bezpośrednio teza pracy i jej cel. Uważam, że z tezy pracy można było zrezygnować i pozostawić jedynie jej cel. Wszelkie działania naukowego polegają na osiągnięciu wyniku akceptowalnego statystycznie. W tezie użyto stwierdzenia „z dokładnością oczekiwaną przez konstruktorów pojazdów”. Nie znam z opracowań naukowych takiego pojęcia. Rozwiązanie „zagadki” znajduję się w dalszej części pracy i można zrozumieć intencje autora ale w obecnej formie teza jest niejasna a w mojej ocenie a priori spełniona. Jeśli opracujemy sensowny naukowo model to musi on mieć zakładaną dokładność – dokładność ta musi być statystycznie akceptowalna. Co do celu pracy nie mam zastrzeżeń choć nadużywanie określenia „trakcyjny” może budzić pewne wątpliwości. Badania trakcyjne pojazdu zaczerpnięte z kolejnictwa używane były do badań pojazdów, które głównie służyły do przemieszczania się a nie do prac specjalnych a tak jest w odniesieniu do pojazdów użytkowych. Uważam, że bezpieczniej byłoby używać określenia: „na podstawie pomiarów pochodzących z procesu eksploatacji pojazdu”. W rozdziale 5 autor prezentuje informacje o magistrali CAN i standardzie FMS istotne z punktu widzenia prowadzonego eksperymentu. Bardzo pomysłowo rozwikłano problem określenia fizykalnego sensu momentu obrotowego ECU. W rozdziale 6 pokazano problemy

związane z przetwarzaniem sygnałów rejestrowanych przy użyciu interfejsu FMS. Zaproponowano metodę przetwarzania sygnału prędkości obrotowej i momentu obrotowego. Zdecydowano się przyjąć metodę filtracji i interpolacji sygnałów i zostało to poprawnie uzasadnione. Rozdział 7 pracy dotyczy metody odwzorowania charakterystyk silnika. Uważam, że stosowne metody należało zastosować a pominąć podwaliny teoretyczne w zakresie aproksymacji funkcją wielomianową, uczenia maszynowego i metody sieci neuronowych. Pracę z tymi informacjami czyta się bardzo dobrze ale w dysertacji naukowej jest to chyba zbędne. Autor w rozdziale 7 zbudował sieć neuronową. Wykorzystanie tej metody dla rozpatrywanego przypadku jest bardzo trafne. Możemy bowiem na podstawie danych z eksploatacji ciągle wzbogacać zbiór danych uczących modelu a jednocześnie w każdej chwili obserwować jego odpowiedzi w warstwie wyjściowej dla zadanych zmiennych w postaci prędkości obrotowej i momentu obrotowego. W rozdziale 8 autor poszukuje stanów dynamicznych pracy silnika w czasie rzeczywistej eksploatacji pojazdu. Definiuje w tym zakresie jasno kryteria w zakresie przyporządkowania stanów do stanów statycznych i dynamicznych. Jest to istotne z punktu widzenia działania pojazdów użytkowych. W rozdziale 9 zastosowano proponowane w rozdziale 7 metody odwzorowania charakterystyk silnika dla danych pochodzących z badań stanowiskowych. W tym celu zaprojektowano stanowisko badawcze umożliwiające odwzorowanie stanów statycznych i dynamicznych. W rozdziale 10 zaimplementowano zaproponowane metody do dodanych pochodzących z pomiarów trakcyjnych. W rozdziale 11 przeanalizowano sprawności układu napędowego pojazdu użytkowego do wywozu odpadów.

W części końcowej pracy sformułowano syntetyczne wnioski i spostrzeżenia. W mojej ocenie potwierdzają one postawioną tezę pracy i dowodzą, że przedstawione do oceny opracowanie jest w pełni dysertabilne. Uzyskano odwzorowanie charakterystyk silnika z błędem przewidywanego zużycia paliwa mniejszym niż 7% na podstawie danych rejestrowanych bezpośrednio z magistrali CAN.

3. Uwagi krytyczne do rozprawy doktorskiej

Szczegółowa analiza treści rozprawy skłania do sformułowania kilku uwag krytycznych:

1. Niektóre z rozdziałów rozprawy zawierają informacje ogólnie znane dla tak zwanego grona specjalistów. Uwaga ta dotyczy rozdziałów: 2, 3.1, podwaliny teoretyczne metod prezentowanych w rozdziale 7.
2. Uważam, że z tezy pracy można było zrezygnować i pozostawić jedynie jej cel. Wszelkie działania naukowego polegają na osiągnięciu wyniku akceptowalnego statystycznie. W tezie użyto stwierdzenia „z dokładnością oczekiwaną przez konstruktorów pojazdów”. Jest to pojęcie nie występujące w literaturze. Jeśli opracujemy sensowny naukowo model to musi on mieć zakładaną dokładność – dokładność ta musi być statystycznie akceptowalna.
3. W pracy nadużywa się określenia „trakcyjny”, co może budzić pewne wątpliwości. Pojęcie „badania trakcyjne pojazdu” zaczerpnięto z kolejnictwa i pojęcie to było używane do pojazdów, które głównie służyły do przemieszczania się (lub ładunków) a nie do wykonywania prac specjalnych a tak jest w odniesieniu do pojazdów użytkowych. Uważam, że bezpieczniej byłoby używać określenia: „na podstawie pomiarów pochodzących z procesu eksploatacji pojazdu”.
4. W recenzji szukałem możliwości zastąpienia określenia „śmieciarka” określeniem „pojazd do wywozu odpadów”. Moja nazwa obiektu jest mniej precyzyjna ale nazwa „śmieciarka” wydaje się być potoczna. W zakresie tym mam wewnętrzny dylemat.
5. W pracy zabrakło mi syntetycznego stwierdzenia dlaczego wybrano dany model sieci neuronowej? Co było kryterium tego wyboru? Jaka była liczność danych w warstwie uczącej modelu i jak ta liczność wpływała na zakładaną dokładność obliczeń.

6. Zastosowywanie modelu sieci neuronowych ma chyba sens w przypadku optymalizacji tras odbioru odpadów, czy też optymalizacji struktury tychże odpadów a nie do końca do optymalizacji konfiguracji układu napędowego urządzeń wykonawczych. Dlaczego autor nie uwzględnił innych potencjalnych obszarów optymalizacji procesu eksploatacji pojazdów użytkowych?
7. Prezentowane modele sieci neuronowych byłyby bardziej przydatne dla oceny procesu eksploatacji pojazdów użytkowych gdyby w warstwie wejściowej oprócz prędkości obrotowej i momentu obrotowego pojawiły się również parametry reprezentujące warunki pracy silnika np. temperatura otoczenia, średnie natężenie ruchu dla danego obszaru eksploatacji pojazdów. Mocą metody sieci neuronowych jest to, że obok wejściowych danych ilościowych mogą pojawić się dane jakościowe.
8. W pracy odnalazłem kilka drobnych błędów edytorskich – uwagi te prześlę osobiście autorowi. Praca wykonana jest w warstwie edycyjnej nadzwyczaj starannie.

4. Ocena końcowa rozprawy

Przedstawione uwagi krytyczne mają w głównej mierze charakter dyskusji naukowej i nie wpływają na ogólną bardzo pozytywną ocenę rozprawy. Uważam, że kandydat rozwiązał złożony problem naukowy, wykazał się samodzielnością w pracy oraz odpowiednią wiedzą teoretyczną i praktyczną w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna. Podsumowując stwierdzam, że Kandydat spełnia wymagania stawiane przez ustawę z 14 marca 2003 r. „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” i ustawę z dnia 3 lipca 2018 r. „Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”. Zatem wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Oskara Wysockiego do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

Longwie Refut