



dr hab. inż. Paweł Woś, profesor uczelni

Rzeszów; 20.11.2024 r.

POLITECHNIKA RZESZOWSKA

im. Ignacego Łukasiewicza

WYDZIAŁ BUDOWY MASZYN I LOTNICTWA

**Katedra Pojazdów Samochodowych
i Inżynierii Transportu**

Al. Powstańców Warszawy 12

35-959 Rzeszów

tel. 17 865 1355, pwos@prz.edu.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Magryty pt. „Adaptacyjne sterowanie śmigłowcowym silnikiem Diesla”

1. Formalna podstawa opracowania recenzji

Podstawę do opracowania i wydania niniejszej recenzji stanowi pismo z dnia 28 października 2024 r. Zastępcy Przewodniczącej Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Lubelskiej, Pana dr. hab. inż. Jarosława Bieniasia, (znak pisma RDN/IM/260/2024) w sprawie sporządzenia recenzji rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Pawła Magryty pod wymienionym tytułem.

2. Przedmiot i ocena istotności problemu naukowego rozprawy

Na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci następuje ciągły i coraz bardziej efektywny w skutkach proces doskonalenia konstrukcji silników spalinowych z zapłonem samoczynnym, określanych zwyczajowo od nazwiska ich wynalazcy silnikami Diesla. Jedną z głównych zalet silników z zapłonem samoczynnym w stosunku do innych silników cieplnych, jaka czyni z nich interesujący dla wielu obszarów techniki obiekt badań rozwojowych, jest wyraźnie wyższa sprawność ogólna i ekonomika zużycia paliwa. Niezaprzeczalne postępy, jakie były wynikiem prac rozwojowych prowadzonych przez wiele ośrodków naukowo-badawczych i samych



wytwórni silników i jakie można było zaobserwować zwłaszcza w ostatnich dekadach XX wieku, są nadal w sukcesywnym progresie i wciąż przełamują bariery i ograniczenia w zakresie coraz to wyższych oczekiwań, jeśli chodzi o parametry użytkowe silników i jakość eksploatacyjną. Powoduje to powiększanie się obszarów aplikacyjnych silników z zapłonem samoczynnym, które początkowo znajdowały zastosowania głównie do napędów maszyn i urządzeń stacjonarnych, okrętów i łodzi, lokomotyw i ciężkich pojazdów samochodowych, a obecnie są powszechnie stosowane w samochodach dostawczych i osobowych, nawet tych z segmentu 'A'. Co więcej, obserwuje się upowszechnienie silników z zapłonem samoczynnym do napędu urządzeń przenośnych typu agregaty prądotwórcze, równiarki i ubijarki, kosiarki itp. W wyniku zastosowań nowych materiałów i technologii, skutkujących zwiększaniem jednostkowego masowego wskaźnika mocy silników z zapłonem samoczynnym, coraz częściej pojawiają się udane próby ich wykorzystania w lotnictwie.

Każdy z tych specyficznych obszarów zastosowań silników z zapłonem samoczynnym posiada określone uwarunkowania techniczne i wymagania eksploatacyjne, które często są bardzo odmienne. Głównymi czynnikami są tutaj poziom generowanej mocy i charakter obciążenia silnika, w tym długoterminowy i chwilowy przebieg zmian momentu oporowego i wymagania odnośnie stabilizacji prędkości obrotowej silnika. Sprawia to, że układy napędowe z silnikami spalinowymi muszą posiadać dodatkowe mechanizmy, np. wielostopniowe skrzynie biegów i bardziej lub mniej zaawansowane układy regulacji obciążenia/prędkości obrotowej, np. dwu- albo wielozakresowe regulatory o określonym stopniu niejednostajności biegu, tj. czułości i szybkości odpowiedzi na wymuszenie.

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Pawła Magryty zatytułowana „*Adaptacyjne sterowanie śmigłowcowym silnikiem Diesla*”, zrealizowana pod opieką naukową promotora, Pana prof. dr. hab. inż. Mirosława Wendekera dotyczy sedna powyższych zagadnień, w szczególności dotyczy strategii sterowania prędkością obrotową wału korbowego i obciążeniem silnika o zapłonie samoczynnym w zastosowaniu do napędu wirnika nośnego śmigłowca. Celowość wyboru takiej tematyki uzasadnia fakt, że przebieg momentu oporowego wirnika śmigłowca ma charakter silnie stochastyczny, czego przyczyną są różnego rodzaju zaburzenia, np. prądy powietrza, turbulencje, zmienność siły i kierunku wiatru, zmienność gęstości powietrza. Natomiast z punktu widzenia poziomu drgań wirnika, dokładności sterowania wiropłatem (np. w fazie zawisu), czy przede wszystkim bezpieczeństwa lotu, stabilizacja prędkości obrotowej wału wirnika jest zagadnieniem kluczowym. Treść pracy wpisuje się zatem w aktualny i innowacyjny obszar badawczy, aczkolwiek wciąż o alternatywnym charakterze aplikacyjnym jakim jest napęd statków powietrznych za pomocą silników o zapłonie samoczynnym.

Problematyka badawcza pracy określona przez jej Autora jako ogólny cel badawczy pracy dotyczy „pozyskania wiedzy o wpływie adaptacyjnego algorytmu

sterowania na jakość sterowania prędkością obrotową śmigłowcowego silnika Diesla w zmiennych warunkach obciążenia wału korbowego, wynikających z gwałtownych, nieprzewidywalnych, niezależnych od pilota zmian obciążenia łopat np. wskutek porywów wiatru". W szczególności praca ta obejmuje swym zakresem zarówno analizę stanu wiedzy i techniki oraz opracowanie i badania eksperymentalne wybranych algorytmów sterujących pracą śmigłowcowego silnika z zapłonem samoczynnym na obiekcie rzeczywistym.

Można zatem stwierdzić, że przedstawiona praca doktorska Pana mgr inż. Pawła Magryty wpisuje się swoją tematyką i zrealizowanym zakresem prac w interesujące i aktualne obszary badań poznawczych i aplikacyjnych nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna, w szczególności badań nad zapewnieniem stabilizacji lotu i bezpieczeństwa statków powietrznych napędzanych innowacyjnym systemem za pomocą silnika z zapłonem samoczynnym.

3. Charakterystyka rozprawy i ocena strony metodycznej – uwagi o charakterze redakcyjnym

3.1. Problematyka i struktura rozprawy

Opiniowana rozprawa doktorska zawiera w swojej treści część studialną, opartą na analizie dostępnego materiału źródłowego z zakresu problematyki pracy oraz część eksperymentalno-rozwojową, która obejmowała przeprowadzenie serii badań testowych z wykorzystaniem silnika typu Andoria ADCR. Przedmiotem prac jest analiza i porównanie różnych strategii sterowania prędkością obrotową silnika z zapłonem samoczynnym w zastosowaniach śmigłowcowych, ze szczególnym uwzględnieniem adaptacyjnych algorytmów sterowania. Głównym celem badań było sprawdzenie czy zastosowanie adaptacyjnego algorytmu sterowania z konkurencyjnymi estymatorami prowadzi do istotnego zmniejszenia błędów regulacji prędkości obrotowej w porównaniu z tradycyjnym regulatorem PID.

Praca jest napisana poprawnym językiem polskim, w sposób umożliwiającym przystępny odbiór i zrozumienie treści nawet dla czytelnika niezaznajomionego z branżą, z użyciem poprawnej terminologii technicznej. Całość opracowania zawiera 148 stron tekstu skonfigurowanego w formacie A4, łącznie ze stroną tytułową, spisem treści, wykazem ważniejszych skrótów i oznaczeń, streszczeniem w języku polskim i angielskim oraz bibliografią, na którą składa się łącznie 105 pozycji. Autorskie lub współautorskie cytowania dzieł Doktoranta obejmuje 3 pozycje bibliograficzne. W pracy zamieszczono 83 rysunki i fotografie oraz 17 tablic – materiał ilustracyjny w większości czytelny i dobrej jakości graficznej. Rozprawa jest podzielona na 7 głównych rozdziałów, w tym rozdział zawierający

wprowadzenie do tematu pracy, podsumowanie a ponadto wykaz literatury i streszczenia pracy w j. polskim i angielskim. Rozdziały, stanowiące trzon merytoryczny pracy w większości są rozbudowane o kilka podrozdziałów.

Pracę rozpoczyna usystematyzowany wykaz użytych w pracy skrótów, symboli i oznaczeń wraz z opisem ich znaczenia. **Rozdział 1** zatytułowany „*Stan wiedzy*” stanowi wyczerpujące i wielowątkowe wprowadzenie do tematyki pracy. Zasygnalizowano w nim główne przesłanki naukowe i motywacje do podjęcia się przez Autora analizy tejże tematyki na podstawie dotychczasowych badań własnych i literaturowych. Dokonano tego poprzez opis informacji dotyczących istotności stabilizacji prędkości obrotowej wału wirnika śmigłowca, charakterystyki obciążeń wirników śmigłowca w locie, stosowanych powszechnie sposobów sterowania prędkością obrotową silników z zapłonem samoczynnym i teorii sterowania adaptacyjnego.

Rozdział 2 „*Cel i zakres pracy*” dokładnie precyzuje przedmiot oraz cel i tezę badawczą pracy, w której upatruje się uzyskania istotnego zmniejszenia błędów regulacji prędkości obrotowej śmigłowcowego silnika z zapłonem samoczynnym, szczególnie w warunkach nieprzewidywalnych zaburzeń, takich jak porywy wiatru i zmienne obciążenia, poprzez zastosowanie adaptacyjnego algorytmu sterowania z konkurencyjnymi estymatorami w miejsce standardowego regulatora PID. Opisano zakres pracy oraz założenia badawcze (plan eksperymentu).

Szczegółowy opis algorytmów sterowania, jakie zostały poddane w dalszej części badawczo-funkcyjnym analizom porównawczym jest treścią **rozdziału 3** „*Algorytmy sterowania prędkością obrotową silnika Diesla*”. Jako bazową platformę odniesienia wskazano regulator - algorytm typu PID, natomiast do porównań wybrano algorytmy: adaptacyjny kowariancyjny, adaptacyjny z pojedynczym regulatorem i algorytm adaptacyjny konkurencyjny. Autor przedstawia zalety i ograniczenia każdego z nich a przede wszystkim ich strukturę matematyczną, co **świadczy szczegółowej wiedzy Doktoranta w tym obszarze i głębokim zrozumieniu tematu.**

W **rozdziale 4** „*Stanowisko badawcze*” Doktorant przedstawia szczegółowo schemat stanowiska, na którym przeprowadzono eksperymenty. Opis obejmuje zarówno fizyczne komponenty stanowiska, takie jak silnik badawczy typu Andoria ADCR, zastosowany układ obciążenia głównego w postaci hamulca elektrowirowego, układ chwilowego obciążenia szybkozmiennego w postaci alternatora, jak i złożone systemy pomiarowe i rejestrujące, scalone i zautomatyzowane w sterującym środowisku programistycznym LabVIEW. **Należy w tym miejscu podkreślić spójny z celem naukowym (planem badawczym) oraz komplementarny układ stanowiska oraz szeroki zakres wykonanych prac przygotowawczych, zarówno o charakterze pomiarowo-sprzętowym jak i informatyczno-programistycznym.**

W **rozdziale 5** „*Ustalenie warunków badań stanowiskowych*” Autor przedstawia proces ustalania warunków eksperymentalnych, bazując parametrach układu napędowego śmigłowca i na symulacjach wpływu porywów wiatru na obciążenie silnika śmigłowca. Wykorzystuje przy tym wyniki własnych badań symulacyjnych przeprowadzonych we współpracy z firmą AgustaWestland PZL-Świdnik. Określono największą różnicę zapotrzebowania na moc wirnika nośnego śmigłowca przy zmiennym wietrze bocznym na poziomie ok. 5,3% a następnie przeskalowano zakres obciążeń do wartości umożliwiającą transformację i odwzorowanie rzeczywistych warunków pracy napędu uzyskiwanych w locie śmigłowca na warunki stanowiskowe. Uwzględniono przy tym sprawność układu obciążenie chwilowego (alternatora) oraz masowego momentu bezwładności układu przeniesienia napędu w śmigłowcu jak i hamulca dynamometrycznego na stanowisku.

Rozdział 6 „*Badania stanowiskowe*” to opis głównego eksperymentu badawczego wykonanego dla ustalonej prędkości obrotowej wału korbowego silnika na poziomie 2000 obr./min oraz warunków obciążenia głównego na poziomie mocy 25,26 kW oraz momentu obrotowego 120,61 Nm. Plan badań obejmował realizację testów z powtórzeniami, polegających na chwilowym wprowadzeniu i odłączaniu obciążenia dodatkowego o wartości ok. 5,3% mocy stałej za pomocą obciążenia prądowego alternatora przy zastosowaniu 4 wymienionych wcześniej regulatorów, dla których wprowadzano po 20 różnych nastaw członów regulacyjno-sterujących. Dla każdej strategii Autor przedstawia wyniki w formie przebiegów czasowych prędkości obrotowej i położenia pedału przyspiesznika. Analiza wyników obejmuje obliczenie błędów średnich, odchyłeń standardowych oraz przeprowadzenie testów statystycznych (test t-Studenta) w celu oceny istotności różnic między badanymi regulatorami. Uzyskane wyniki wykazały, że regulator adaptacyjny konkurencyjny charakteryzuje się istotną różnicą w porównaniu do standardowego regulatora PID, był najbardziej efektywny pod względem stabilności i precyzji sterowania tj. najbardziej stabilnie utrzymywał prędkość obrotową silnika, co zweryfikowało pozytywnie postawioną tezę badawczą.

Podsumowanie pracy zawarto w **rozdziale 7**, gdzie wskazane zostały najefektywniejsze konfiguracje poszczególnych regulatorów dla założonego scenariusza badań oraz wyszczególnione zostały najistotniejsze osiągnięcia naukowe i wnioski poznawcze z przeprowadzonych prac. Podano również kierunki dalszych badań z wykorzystaniem nowych algorytmów sterujących silnikiem śmigłowcowym, w tym potrzebę prac nad zwiększeniem bezpieczeństwa i niezawodności operacyjnej śmigłowca i integrację systemów sterowania z nowymi technologiami (napędy hybrydowe, systemy autonomiczne) oraz prowadzenie analogicznych testów w warunkach rzeczywistych.

Przedstawiony układ pracy jest zatem logicznie poprawny, spójny tematycznie i komplementarny w swych treściach. Autor konsekwentnie rozwija podjętą, stosunkowo unikatową tematykę, począwszy od analizy aktualnego stanu wiedzy i techniki, wskazania

obszarów badawczych i celu pracy, sposobu opisu i rozwiązania problemu badawczego, następnie poprzez realizację eksperymentów, rejestrację i analizę wyników aż po sformułowanie właściwych merytorycznie wniosków. Materiał ilustracyjny zamieszczony w pracy i dotyczący przedmiotu analiz oraz opracowanych wyników (tabele, wykresy) jest w większości czytelny, co pozwala na prawidłową ich interpretację. Pod względem metodycznym praca stanowi więc dzieło naukowe odpowiadające wymaganiom prac badawczych, w tym rozprawom doktorskim w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych.

3.2. Uwagi redakcyjne i mające charakter szczegółowy

Jak wspomniano powyżej, sposób zredagowania pracy za pomocą ogólnie poprawnej składni i norm językowych pozwala na pełne zrozumienie treści, zarówno w sensie ogólnotechnicznym jak i specjalistycznym. Znaczniejszych uwag o charakterze redakcyjnym nie wnosi się, poza nielicznymi spostrzeżeniami, wychwyconymi błędami, które jednak w żadnym stopniu nie umniejszają wartości merytorycznej oraz pozytywnego odbioru pracy. Nie wymagają też szczególnej dyskusji a jedynie ewentualnej korekty w przypadku wykorzystania treści pracy jako materiału źródłowego dla potrzeb dalszych publikacji. I tak:

- zauważalna jest tendencja do stosowania funkcjonujących w mowie potocznej konstrukcji frazeologicznych (patrz uwaga poniżej) i zapożyczeń leksykalnych (np. silnik Diesla) oraz budowania zdań wielokrotnie złożonych; wskazanym byłoby ograniczyć tego rodzaju elementy ze względu na formę i czytelność przekazu,
- na str. 45 błąd we fragmencie zdania: „*możliwość magazynowania informacji w trakcie działa procesu sterowania*” – oczywiście powinno być „*działania*”,
- na str. 41, 45, 50, 55 we fragmentach zdań „*Przy regulacji prędkości obrotowej silnika Diesla (RPM), prędkość obrotowa $y(t)$ jest kontrolowana*” błąd interpunkcyjny w postaci zbędnego przecinka po nawiasie, poza tym ze względów stylistycznych (językowych) warto byłoby unikać wielokrotnych powtórzeń dłuższych fragmentów zdań,
- na str. 41, 42 i innych zauważalny styl potoczny np. we fragmentach: „*Duże K_p powoduje szybszą reakcję na zmiany błędu*”, „*zbyt duże K_i* ” – lepiej byłoby oczywiście napisać „*zbyt duża wartość parametru K_i* ” itp.

4. Ocena merytoryczna rozprawy i uwagi dyskusyjne

Rozprawę doktorską pod względem merytorycznym należy ocenić wysoce pozytywnie. Przede wszystkim na podkreślenie zasługuje wybór aktualnej i jednocześnie niszowej tematyki badawczej w świetle zastosowania silników z zapłonem samoczynnym do napędu śmigłowców. Również uzyskane w pracy efekty poznawcze są istotne, zarówno z praktycznego punktu widzenia (bezpieczeństwo i precyzja lotu śmigłowców) jak i pod względem ich wkładu w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna w zakresie adaptacyjnego sterowania silnikami spalinowymi i rozwijających się technologii hybrydowych, sztucznej inteligencji itp.

W szczególności na pozytywną ocenę składają się m.in.:

- dogłębna analiza problematyki na podstawie bogatego zasobu materiałów źródłowych (105 pozycji), obejmująca kluczowe obszary związane z tematem pracy, w tym sterowanie i algorytmy adaptacyjne, budowa i sterowanie silników spalinowych, aerodynamikę śmigłowców oraz złożone systemy pomiarowe,
- komplementarne podejście i zakres wykonanych prac badawczych - Autor zastosował zarówno symulacje komputerowe jak i eksperymenty laboratoryjne; symulacje pozwoliły na określenie wpływu zmiennego kierunku i siły wiatru na obciążenie silnika, co stanowiło podstawę do ustalenia warunków badań stanowiskowych a eksperymenty na stanowisku hamownianym umożliwiły weryfikację skuteczności różnych strategii sterowania,
- wykorzystanie zaawansowanych narzędzi i oprogramowania - w pracy zastosowano środowisko programistyczne LabVIEW do implementacji algorytmów sterowania oraz systemu pomiarowe firmy National Instruments, co świadczy o profesjonalnym podejściu do badań i umożliwiło precyzyjną rejestrację i obróbkę danych pomiarowych,
- szczegółowa prezentacja metodyki prowadzonych prac i wykorzystanych narzędzi, w tym opis matematyczny i porównanie wykorzystanych algorytmów sterujących,
- wykonanie serii powtórzeń testów pomiarowych (10-krotnie dla każdej strategii sterowania) celem dalszej analizy statystycznej wyników badań,
- obszerna analiza i merytoryczna dyskusja z w zakresie uzyskanych efektów badawczych - szczegółowa analiza danych, wykorzystująca metody statystyczne do oceny istotności różnic między regulatorami, obliczenia błędów średnich, odchyłeń standardowych oraz zastosowanie testu t-Studenta są właściwe dla tego typu badań i zwiększają wiarygodność wniosków,
- trafnie sformułowane wnioski poznawcze i użytkowe oraz wskazanie dalszych obszarów badawczych tj. badań nad integracją z nowymi technologiami, testy w rzeczywistych warunkach i dalsza optymalizacja algorytmów.

Rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Pawła Magryty jest zatem wartościowym opracowaniem naukowym, które niewątpliwie wnosi istotny wkład w rozwój technologii sterowania silnikami z zapłonem samoczynnym, zwłaszcza w zastosowaniach lotniczych do napędu śmigłowców. Autor skutecznie połączył wiedzę teoretyczną z praktyczną realizacją eksperymentów badawczych, wykazał się przy tym profesjonalizmem i dbałością o szczegółowy przekaz informacji. W pracy jest niewiele przyczynek, jakie mogłyby stanowić podstawę do głębszej krytyki, natomiast pewne spostrzeżenia, analizy, nasuwają nieliczne pytania wyłącznie charakterze dyskusyjnym, wobec których oczekuje się odniesienia Doktoranta podczas publicznej obrony pracy doktorskiej, a mianowicie:

- uwagę zwraca kilka pozycji literaturowych o charakterze ofert handlowych, dotyczących elementów i urządzeń wykorzystanych w budowie stanowiska badawczego; czy nie lepiej byłoby posłużyć się odniesieniem do ogólnych zasobów technicznych dostawców lub kart katalogowych produktów (jak w przypadku innych pozycji literaturowych)? - a może aż taka szczegółowość dokumentowania zawartych w pracy naukowej informacji o charakterze wyłącznie technicznym nie jest potrzebna?
- recenzent chciałby poddać do dyskusji przyjętą metodykę przeskalowania warunków rzeczywistych obciążenia silnika w śmigłowcu (ok. 300 kW generowanej mocy) na wartość obciążenia silnika badawczego na stanowisku hamownianym (ok. 25 kW generowanej mocy) - z uwagi, że na rzeczywisty profil obciążenia silnika w śmigłowcu mają wpływ opory aerodynamiczne ruchu łopat wirnika to czy nie byłoby zasadnym włączenie do tego zadania podstawowych analiz z zakresu teorii podobieństwa i analizy wymiarowej,
- silnik badawczy był wyposażony w układ zasilania common-rail z wtryskiwaczami sterowanymi elektromagnetycznie - czy w przypadku zastosowania testowanych algorytmów do silnika wyposażonego we wtryskiwacze piezoelektryczne o znacznie krótszym czasie reakcji, uzyskane wyniki i wnioski poznawcze byłyby znacząco różne? Czy nie okazałoby się np. że standardowy regulator PID byłby równie skuteczny jak inne testowane algorytmy? Oczywiście Doktorant wskazuje na potrzebę dalszych badań, w tym w warunkach rzeczywistych, ale czy już na obecnym etapie prac, bazując na zdobytych doświadczeniach można byłoby ocenić tę interesującą kwestię?
- czy Doktorant mógłby doprecyzować działanie zastosowanego w układzie stanowiska przekaźnika przełączającego sygnał położenia pedału przyspiesznika pomiędzy systemem informatycznym hamowni a przenośnym komputerem (tj. w jaki sposób byłysterowany, w której fazie procedury badawczej itd.)
- z uwagi na czas reakcji układu istotnym jest, czy generowany na wyjściu napięciowym karty pomiarowej sygnał pedału przyspiesznika był podłączony bezpośrednio do odpowiedniego wejścia sterownika silnika czy też sterował on położeniem kątowym pedału przyspiesznika za pomocą serwomotoru? - to pierwsze rozwiązanie znacząco skracałoby czas reakcji,
- czy sygnały wejściowe wykorzystywane w algorytmach sterujących, a głównie sygnał prędkości obrotowej wału korbowego badanego silnika, podlegały filtracji (np. filtrem Czybyszewa lub Kalmana), a jeżeli nie to czy nie byłaby wskazana taka filtracja?

Powyższe uwagi w żaden sposób nie mają na celu umniejszenia wartości naukowej rozprawy a jedynie sprowokowanie merytorycznej dyskusji. Przede wszystkim jednak wskazują one, że podjęta przez Doktoranta tematyka niesie bogaty potencjał badawczo-rozwojowy i naukowy. Niezmienną pozostaje wyrażona wcześniej pozytywna i bardzo wysoka ocena całości rozprawy, jaka skłania recenzenta do postawienia wniosku do Rady dyscypliny inżynieria mechaniczna Politechniki Lubelskiej o jej wyróżnienie.

5. Podsumowanie oceny rozprawy doktorskiej i wnioski końcowe

Zrealizowana praca doktorska mgr. inż. Pawła Magryty pt. „*Adaptacyjne sterowanie śmigłowcowym silnikiem Diesla*” wpisuje się w prorozwojowe tendencje dotyczące potrzeby znaczącego podniesienia bezpieczeństwa, efektywności energetycznej oraz elastyczności operacyjnej nowoczesnych śmigłowców. Stanowi oryginalne opracowanie naukowe i jednocześnie prezentuje interesujące rozwiązanie metodyczne dla osiągnięcia celu i wykazania słuszności przyjętych założeń objętych zakresem tematycznym rozprawy.

Doktorant wykazał się znajomością podjętej problematyki, umiejętnością prowadzenia eksperymentów badawczych w zakresie identyfikacji problemu naukowego i jego rozwiązania, łącznie z wykorzystaniem zaawansowanych instrumentów pomiarowych, algorytmów i programowania, analizy wyników oraz poprawnym formułowaniem wniosków. Świadczy to o posiadaniu ugruntowanej wiedzy teoretycznej i kompetencjach Autora rozprawy do samodzielnego prowadzenia prac badawczych w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w szczególności w obszarze adaptacyjnych systemów sterowania silnikami spalinowymi.

Podsumowując stwierdzam zatem, że **rozprawa doktorska mgr. inż. Pawła Magryty pt. „Adaptacyjne sterowanie śmigłowcowym silnikiem Diesla” spełnia warunki zapisane w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U. z 2018r., poz. 1668 z późn. zm.) i na tej podstawie wnioskuję o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą dyscypliny inżynieria mechaniczna Politechniki Lubelskiej.**

Jednocześnie wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Pawła Magryty pod wyżej wymienionym tytułem, o ile spełnione są inne warunki dotyczące zasad wyróżniania rozpraw doktorskich przyjęte na Uczelni.

Rzeszów, 20 listopada 2024 r.

