

Poznań, 12 listopada 2024 r.

**dr hab. inż. Andrzej Ziółkowski, prof. PP**  
Instytut Napędów i Lotnictwa  
Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu  
Politechnika Poznańska

**RECENZJA**  
**rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Magryty**  
**pt.: „Adaptacyjne sterowanie śmigłowym silnikiem Diesla”**  
**(promotor: prof. dr hab. inż. Mirosław Wendeker)**

Podstawa opracowania:

*Decyzja Rady Dyscypliny Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej  
RDN/IM/201/2024 z dnia 16.09.2024*

## **1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY**

Turbowałowe silniki lotnicze, powszechnie stosowane w śmigłowcach, cechują się niższą sprawnością ogólną niż silniki spalinowe o zapłonie samoczynnym stosowane obecnie w pojazdach samochodowych. Różnice te wynikają głównie z zasady działania obu jednostek napędowych. Silniki o zapłonie samoczynnym charakteryzują się znacznie większym stopniem sprężania w porównaniu z silnikami turbowałowymi. Prowadzi to do większej sprawności cieplnej, dzięki lepszemu wykorzystaniu energii zawartej w paliwie. Większa wartość ciśnienia sprężania powoduje lepsze wykorzystanie ciepła generowanego podczas spalania, a większa wartość temperatury w cylindrze zwiększa sprawność cieplną procesu spalania, co przekłada się na większą sprawność całkowitą. Silniki turbowałowe charakteryzują się większymi stratami mechanicznymi wynikającymi z przepływu powietrza przez sprężarkę i turbinę oraz większymi niż w stratami przepływu cieczy chłodzącej w bardziej skomplikowanym układzie chłodzenia. Różnica sprawności wynika również z zastosowanego paliwa. Olej napędowy używany w silnikach o zapłonie samoczynnym posiada większą wartość opałową w porównaniu z paliwami lotniczymi stosowanymi w silnikach turbowałowych. Mimo przewagi, pod względem sprawności ogólnej, silniki o zapłonie samoczynnym stosowane w przemyśle motoryzacyjnym nie są obecnie powszechnie wykorzystywane w przemyśle lotniczym. Głównym ograniczeniem jest niska wartość stosunku masy do mocy silnika wyrażanej w  $\text{kg/kW}$ , która jest kluczowym parametrem w przemyśle lotniczym. Wynika z tego, że silniki turbowałowe mogą osiągać zdecydowanie wyższe wartości mocy użytecznej przy zachowaniu korzystnej masy własnej. Natomiast podstawową wadą tych jednostek napędowych jest bardzo wysokie

zużycie paliwa na niskich wysokościach, na co ma zasadniczy wpływ ma gęstość powietrza. Dopiero na dużych wysokościach zużycie paliwa jest niższe.

W przemyśle lotniczym obserwowany jest dynamiczny rozwój układów napędowych w zakresie ograniczenia zużycia paliwa, emisji zanieczyszczeń i hałasu. Jednym z kierunków jest analiza możliwości zastosowania trakcyjnych silników spalinowych jako głównego źródła napędu w śmigłowcach. Jest to złożony proces, który wymaga szeregu zmian konstrukcyjnych i eksploatacyjnych. Zaliczyć do nich należy m.in. rozwiązanie problemu sterowania prędkością obrotową wału korbowego silnika w zmiennych warunkach eksploatacji na jakie narażane są śmigłowce podczas lotu. Zasadne jest tutaj opracowanie i wdrożenie adaptacyjnych systemów sterowania, które mają przewagę nad regulatorami PID.

Doktorant, mgr inż. Paweł Magryta podjął w pracy tematykę oceny wpływu adaptacyjnego algorytmu sterowania prędkością obrotową wału korbowego silnika o zapłonie samoczynnym w zmiennych warunkach obciążenia spowodowanych gwałtownymi i nieprzewidywalnymi zmianami obciążenia łopat wirnika podczas lotu wymuszonymi podmuchami wiatru.

Rozprawę napisano w języku polskim, liczy ona 148 stron tekstu obejmującego 7 rozdziałów oraz spis literatury zawierający 105 pozycji. W pracy zawarto także wykaz ważniejszych symboli i oznaczeń oraz streszczenia w języku polskim i angielskim.

W pierwszym rozdziale Doktorant przedstawił analizę stanu wiedzy z zakresu możliwości zastąpienia silników turbowałowych stosowanych w lotnictwie silnikami o zapłonie samoczynnym stosowanymi obecnie w przemyśle samochodowym. Wykazano przewagę tych ostatnich, ale określono również ograniczenia wynikające z eksploatacji statków powietrznych. Dodatkowo zaprezentowano charakterystykę obciążeń wirnika śmigłowca. Wykazano że dynamiczne zmiany wiatru podczas lotu mają bezpośrednie przełożenie na parametry pracy wirnika (zmiany w polach ciśnienia działających na łopaty), a tym samym na prędkość obrotową wału korbowego silnika. W związku z powyższym Doktorant przedstawił po krótku stosowane metody sterowania prędkością obrotową stosowane obecnie w silnikach spalinowych o zapłonie samoczynnym. Rozdział zakończono podsumowaniem stanu wiedzy oraz wskazano obszary badawcze, które zawierają braki. Stanowiło to genezę podjęcia tematyki realizowanej w rozprawie doktorskiej.

Drugi rozdział zatytułowany *Cel i zakres pracy* (bardzo krótki) zawiera: przedmiot pracy, myśl przewodnią, cel pracy, tezę badawczą, zakres dysertacji oraz założenie badawcze. Doktorant przy formułowaniu celu i zakresu pracy nie odnosi się do publikacji

naukowych w omawianej tematyce. Pojawiający się zapis: „myślą przewodnią niniejszej rozprawy jest przekonanie autora....” jest dość niefortunny i w przyszłych pracach należy unikać tego typu sformułowań. Jednak cel i zakres zostały poprawnie określone, podobnie jak w przypadku tezy.

Kolejny trzeci rozdział dotyczy omówienia algorytmów sterowania prędkością obrotową wału korbowego silnika o zapłonie samoczynnym. Doktorant zaprezentował cztery strategie sterowania: regulacja PID, algorytm adaptacyjny kowariacyjny, algorytm adaptacyjny z pojedynczym regulatorem, algorytm adaptacyjny z trzema regulatorami (konkurencyjny). Każdy z nich został opisany oraz zaprezentowano schematy blokowe. W przedstawionych opisach brakuje wyraźnego określenia wkładu pracy Doktoranta. Czytający nie wie, czy zaproponowane struktury algorytmów były wykonane w ramach rozprawy doktorskiej przez Autora czy są zaczerpnięte z innych źródeł. Dopiero w kolejnym rozdziale zaprezentowano wykonane modele w środowisku LabVIEW. Należałoby połączyć te elementy, tak aby jednoznacznie podkreślić wkład merytoryczny Doktoranta.

W rozdziale czwartym (*Stanowisko badawcze*) omówiono szczegółowo silnik spalinowy o zapłonie samoczynnym wykorzystany do prac badawczych koniecznych do realizacji celu pracy i udowodnienia tezy. Dodatkowo zaprezentowano charakterystykę stanowiska badawczego, systemów pomiarowych, oprogramowania rejestrującego oraz wspomniane wcześniej modele algorytmów sterowania w środowisku LabVIEW. Do symulacji warunków obciążenia silnika wykorzystano układ składający się z zestawu 20 żarówek podłączonych do akumulatora poprzez stycznik, który posiadał zewnętrzne źródło zasilania. Przedstawiono także schemat kompletnego układu pomiarowego oraz parametry, które były mierzone podczas badań. Rozdział ten w sposób wyczerpujący prezentuje umiejętność wykorzystania szeregu narzędzi badawczych przez Doktoranta.

Następny rozdział numer 5 *Ustalenie warunków badań stanowiskowych* stanowi prezentację wyników prac symulacyjnych oraz obliczeń wykonanych przez Doktoranta w celu określenia parametrów pracy silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym na silnikowym stanowisku hamulcowym. Założeniem głównym tych prac było wyznaczenie oddziaływania bocznego wiatru działającego na śmigłowiec na moc silnika turbowałowego i następnie określenie zapotrzebowania na moc wirnika. Analizując wartości uzyskanej mocy wyznaczono reprezentatywny punkt pracy silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym, w którym wykonano badania różnych typów algorytmów sterowania.

Rozdział 6 stanowi empiryczne potwierdzenie spełnienia celu pracy oraz udowodnienia tezy. Doktorant prezentuje wykonane przez siebie badania na silnikowym stanowisku

hamulcowym wyposażonym w silnik o zapłonie samoczynnym. Badania wykonano w wyznaczonym wcześniej punkcie dla czterech różnych strategii sterowania. Podczas rejestracji parametrów układ był dwukrotnie obciążany elektrycznie. Miało to na celu symulację warunków rzeczywistych. Doktorant przedstawił przebiegi prędkości obrotowej wału korbowego silnika oraz położenie pedału przyspiesznika. Na tej podstawie wykonano obliczenia oraz przeprowadzono analizę statystyczną, co umożliwiło określenie wpływu rodzaju układu regulacji na prawidłowe sterowanie prędkością obrotową wału korbowego silnika. Rozdział ten jest najważniejszy w rozprawie i przedstawia największe osiągnięcia Doktoranta.

Pracę kończy „Podsumowanie i wnioski” w którym zawarto także możliwości dalszych prac badawczych.

## **2. OCENA ROZPRAWY**

### **2.1. Uwagi ogólne**

Rozprawę cechuje bardzo dobry poziom naukowy. Autor na podstawie początkowych rozważań teoretycznych dokonuje wprowadzenia w tematykę zagadnienia. Układ metodyczny pracy nie budzi poważnych zastrzeżeń, jednak należałoby pewne elementy połączyć, ponieważ wydają się być powielone. Doktorant również nie opisał w sposób dostatecznie jasny zakresu prac którą wykonał. Czytający musi się domyślać z kontekstu które rozwiązania są opracowane w ramach rozprawy. Chodzi tutaj przede wszystkim o struktury algorytmów sterowania wykorzystywanych do badań.

### **2.2. Uwagi merytoryczne**

Pod względem merytorycznym pracę należy ocenić dość wysoko. Autor w pierwszej kolejności porównuje parametry użyteczne silników turbowałowych stosowanych w śmigłowcach z silnikami spalinowymi o zapłonie samoczynnym stosowanymi w motoryzacji. Doktorant w sposób krytyczny ocenia możliwość zastosowania trakcyjnych silników spalinowych w statkach powietrznych. Bazuje tutaj przede wszystkim na doświadczeniu zdobytym w realizacji projektu badawczego. Potrafi w sposób trafny wskazać bariery i zdefiniować kluczowe parametry użyteczne pracy silnika spalinowego, które będą odpowiedzialne za prawidłowe działanie śmigłowca w warunkach rzeczywistej eksploatacji. Jest niezwykle cenna umiejętność stawiania pytań badawczych, co świadczy o dużej dojrzałości naukowej Doktoranta. Dziwi natomiast fakt, że nie przedstawił krytycznej analizy

bibliograficznej z zakresu sterowania prędkością obrotową silników spalinowych o zapłonie samoczynnym.

Przystępując do projektowania systemów sterowania prędkością obrotową wału korbowego silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym Doktorat powinien jasno określić swój wkład w sporządzaniu poszczególnych modeli matematycznych. Intuicyjnie dają się wywnioskować, że zaproponowane struktury algorytmów sterowania powstały w oparciu o wykonanie badań eksperymentalnych. Przy każdym rodzaju algorytmu sterowania pojawia się jedynie zapis, że schemat blokowy przedstawiono na rysunku. Dopiero przy prezentacji schematów w środowisku LabVIEW widać jednoznacznie, że są one opracowane przez Autora. Gdyby nie dublowano tych elementów i w jednym miejscu zaprezentować struktury algorytmów sterowania to ocena wykonanej pracy byłaby łatwiejsza.

W rozprawie doktorskiej brakuje także porównania prędkości obrotowej wału korbowego silnika i położenia pedału przyspiesznika między poszczególnymi strategiami sterowania. Zestawienie uzyskanych wartości amplitudy oscylacji wraz z ich częstotliwościami w sposób jednoznaczny wykazałyby, które z zaproponowanych rozwiązań spełnia stawiane wymogi. Rekompensuje to natomiast wykonana przez Doktoranta analiza statystyczna dotycząca błędów sterowania dla różnych regulatorów.

Mimo tych niedociągnięć, przedstawione wyniki badań eksperymentalnych są bardzo przekonujące i jednoznacznie wskazują, że sterowanie adaptacyjne z trzema regulatorami (konkurencyjne) jest najkorzystniejsze dla prędkości obrotowej wału korbowego silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym przeznaczonego do zastosowań lotniczych.

### **2.3. Elementy nowości naukowej**

Doktorant podjął się bardzo trudnego zagadnienia dotyczącego możliwości zastosowania trakcyjnego silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym w przemyśle lotniczym, a szczególnie w śmigłowcach. Tego typu zagadnienia naukowe są obecnie realizowane przez niewiele ośrodków badawczych. Stąd wniosek, iż część elementów rozprawy doktorskiej stanowi nowość. Wymienić tutaj należy przede wszystkim umiejętność definiowania zależności przyczynowo-skutkowych i ich późniejszą analizę empiryczną. Autor zaproponował metodę odwzorowania warunków pracy śmigłowca (w zakresie zapotrzebowania na moc wirnika) na silnikowym stanowisku hamulcowym wyposażonym w silnik spalinowy o zapłonie samoczynnym. Dodatkowo za pomocą opracowanego układu obciążał alternator silnika, co miało symulować występujące podmuchy wiatru podczas lotu statku powietrznego. Wpływało to na zmiany prędkości obrotowej wału korbowego

silnika i uruchamiało działanie poszczególnych składowych opracowanych systemów sterowania.

Wnioski z przeprowadzonych analiz i badań są sformułowane trafnie i adekwatnie do ich zakresu i charakteru. Całość pracy cechuje poprawna redakcja i styl pisarstwa. W zakresie omawianych zagadnień występują silne akcenty praktyczne wywodzące się z doświadczenia Autora w zakresie rozpatrywanej problematyki.

Najważniejsze osiągnięcia pracy, stanowiące o oryginalnym dorobku Doktoranta:

1. Sformułowanie ciekawego, wynikającego z praktycznego zastosowania, problemu dotyczącego adaptacyjnego sterowania prędkością obrotową wału korbowego silnika o zapłonie samoczynnym. Problematyka ta dotyczy zagadnień szeroko rozumianej automatyki i sterowania podstawowymi parametrami użytecznymi silników spalinowych.
2. Nowoczesny i interdyscyplinarny warsztat naukowy obejmujący modelowanie matematyczne dotyczące opracowywania algorytmów sterowania prędkością obrotową wału korbowego silnika o zapłonie samoczynnym.
3. Opracowanie czterech strategii sterowania, które zostały wykonane w środowisku LabVIEW i następnie zaimplementowane na stanowisku badawczym, które posłużyło do przeprowadzenia pomiarów.
4. Opracowanie metody odwzorowania warunków pracy turbowałowego silnika spalinowego stosowanego w śmigłowcach na silnikowym stanowisku hamulcowym wyposażonym w tłokowy silnik spalinowy o zapłonie samoczynnym.
5. Opracowanie metody symulacji obciążenia silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym mające na celu odzwierciedlenie występujących podmuchów wiatru w trakcie lotu statku powietrznego.
6. Wykorzystanie metod statystycznych do oceny uzyskanych wyników pomiarów w celu potwierdzenia tezy dysertacji. Uzyskane zależności w sposób jednoznaczny określiły które rozwiązanie zaproponowane przez Doktoranta jest najkorzystniejsze w zakresie stabilizacji prędkości obrotowej wału korbowego silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym przy zmieniającym się obciążeniu.

Budzi jednak pewien niedosyt lub zastrzeżenia kilka fragmentów rozprawy, które nie obniżają mojej ogólnej, pozytywnej oceny wszystkich aspektów pracy (wyboru tematu, uzasadnienia, analiz, przeprowadzonych badań eksperymentalnych i modelowych oraz wnioskowania, itp.).

1. Na początku pracy zawarte są opisy czterech strategii sterowania, które są weryfikowane w etapie badawczym. Natomiast struktura modeli wykonana środowisku LabVIEW prezentuje tylko sterowanie regulatorem PID oraz sterowania adaptacyjne kowariacyjne. Dlaczego Autor w rozdziale 4 nie przedstawił pozostałych dwóch modeli sterowania adaptacyjnego z pojedynczym oraz trzema regulatorami?
2. W pracy zwrócono uwagę na porównanie wartości masowego momentu bezwładności dla napędu śmigła oraz dla napędu realizowanego na silnikowym stanowisku hamulcowym. Doktorant wykonał analizy dla 19 śmigłowców oraz 24 hamulców. Główny wniosek stanowił: *masowy moment bezwładności głównego wirnika jest wielokrotnie większy od masowego momentu bezwładności zastosowanego hamulca*. Na tej podstawie zdecydowano, że nie będą dokonywane zmiany w konstrukcji stanowiska. Proszę o wyjaśnienie w jakim celu była wykonywana ta analiza skoro w rozprawie doktorskiej nie rozpatrywano momentu obrotowego?
3. Dobór reprezentatywnego punktu pomiarowego w którym wykonano badania na stanowisku hamulcowym wyznaczono na podstawie prac symulacyjnych dotyczących wyznaczenia zapotrzebowania na moc wirnika pod wpływem bocznego wiatru. Doktorant nie opisuje natomiast doboru prędkości obrotowej wału korbowego silnika. Dlaczego wybrano prędkość 2000 obr/min oraz dlaczego pomiary wykonano wyłącznie w jednym punkcie? Zasadnym wydaje się wykonanie badań w kilku punktach pomiarowych tak aby odwzorować większy zakres warunków eksploatacyjnych.
4. We wnioskach wskazano, że opracowanie i testowanie algorytmów adaptacyjnych umożliwiło uzyskanie wyników wskazujących na znaczną poprawę jakości sterowania prędkością obrotową wału korbowego silnika, co w dalszej mierze może przełożyć się na efektywność i poprawę bezpieczeństwa operacyjnego śmigłowców. Co Autor rozumie pod pojęciem efektywności operacyjnej śmigłowców? W rozprawie doktorskiej nie przeprowadzono tego typu analiz.
5. Głównym kryterium optymalizacji pracy tłokowych silników spalinowych jest obecnie ograniczenie zużycia paliwa oraz emisji zanieczyszczeń. W dysertacji doktorskiej nie zajęto się wskazanymi parametrami. Określenie wpływu strategii sterowania prędkością obrotową wału korbowego silnika na zużycie paliwa i emisję zanieczyszczeń stanowiłoby uzupełnienie wykonanych analiz. Proszę wyjaśnić dlaczego nie zajęto się tą tematyką w rozprawie doktorskiej i nie ujęto w perspektywie dalszych badań.

## 2.4. Uwagi szczegółowe

Rozprawa jest starannie opracowana pod względem redakcyjnym i edytorskim oraz wyróżnia się dużą czytelnością zamieszczonych rysunków. Zwraca uwagę łatwość poruszania się Autora w zagadnieniach teoretycznych i eksperymentalnych procesu opracowywania algorytmów sterowania prędkością obrotową wału korbowego silnika. Terminologia stosowana w pracy jest poprawna i konsekwentnie przestrzegana. Poniżej przedstawiono wybrane uwagi szczegółowe:

1. W pracy doktorskiej Autor używa określenia silnik Diesela na silnik o zapłonie samoczynnym oraz bardzo często zamiennie silnik śmigłowiec Diesla oraz silnika wykorzystany do badań. Należałoby by to uporządkować, ponieważ Doktorant nie wykonał pomiarów dla śmigłowiec silnika o zapłonie samoczynnym tylko na silniku Andoria ADCR, który nie był przystosowany do montażu w śmigłowcu, a stanowił wyposażenie stanowiska badawczego. W pracach naukowych unika się także stosowania terminu silnik Diesla, a nazywa się silnik o zapłonie samoczynnym.
2. Autor w rozdziale cel i zakres pracy definiuje myśl przewodnią brzmiącą: *myślą przewodnią niniejszej pracy jest przekonanie autora, że wybór algorytmu sterowania śmigłowiec silnikiem Diesla ma istotny wpływ na jakość sterowania prędkością obrotową w zmiennych warunkach obciążenia wału korbowego. Duże nadzieje na ograniczenie błędu sterowania związane są z algorytmem adaptacji konkurencyjnej.* Stosowanie w pracach naukowych określeń „przekonanie autora” i „duże nadzieje” jest niefortunne i należy ich unikać, a szczególnie w rozdziale cel i zakres pracy.
3. W tabeli 4.1 zaprezentowano parametr prędkość obrotowa przy maksymalnym momencie i jego wartość 1800 2200 obr/min. Czy nie powinna to być wartość w zakresie 1800-2200 obr/min?
4. Doktorant w podrozdziale 4.2 używa oznaczenia momentu obrotowego jak T, prędkości obrotowej jako RPM oraz mocy jak P. Są skróty od oznaczeń angielskich. Dlaczego nie używa się zapisów  $n$ ,  $M_o$ , czy  $N_e$ ? Natomiast temperaturę pracy oznaczono jako  $T_p$  i wyrażono w °C, a powinno być w kelwinach, bądź oznaczone jako  $t_p$ .
5. Podrozdziały 5.1, 5.3, 6.1, 6.3 mają bardzo małą objętość, która jest zawarta w jednym akapicie. Rozbudowuje to niepotrzebnie strukturę pracy. Należałoby je dołączyć do innych podrozdziałów.



6. Na stronach o orientacji poziomej w rozprawie doktorskiej nie występują numery stron.
7. W pracy zastosowane dwie wielkości marginesu dolnego: do strony 98 jedna wartość, a powyżej inna. Należy to ujedynolnić.
8. Doktorant przy opisie zamieszczonych wyników badań w rozdziale 6 zastosował zapis: na rysunkach 6.20-6.25 zaprezentowano wyniki.... Jest to niepotrzebne, ponieważ w dalszej analizie opisuje każdy z wykresów osobno odwołując się poprawnie w tekście.
9. W rozdziale podsumowanie i wnioski Doktorant napisał: „pozytywnie zweryfikowano tezy badawcze”, a w pracy była postawiona tylko jedna teza badawcza.
10. W rozdziale podsumowanie i wniosku Doktorant wprowadza termin „sposprzeżenia” gdzie powinny to być wnioski główne oraz dalej wnioski szczegółowe.
11. Doktorant zapisuje cytowania zbiorowe zapisuje w formie [1], [2], [3], a powinno być w jednym nawiasie kwadratowym [1, 2, 3].
12. W rozdziale 6 na wykresach dotyczących przebiegu prędkości obrotowej wału korbowego jest błąd w legendzie: jest pedkość obrotowa, a powinno być prędkość obrotowa.

### 3. PODSUMOWANIE

Na podstawie analizy treści stwierdzam, że oceniana praca mieści się w dyscyplinie naukowej **Inżynieria Mechaniczna**.

Temat dysertacji jest ważny w projektowaniu i eksploatacji silników spalinowych, szczególnie w zakresie sterowania adaptacyjnego, a uzyskane wyniki mogą być już obecnie wykorzystane w praktyce eksploatacyjnej statków powietrznych. Równocześnie temat rozprawy jest niedostatecznie opisany w takiej postaci w literaturze, a sam sposób opisu dostosowania tłokowych silników spalinowych o zapłonie samoczynnym do napędów statków powietrznych w zakresie sterowania prędkością obrotową jest oryginalnym rozwiązaniem Autora i stanowi o dużej wartości pracy. Zadanie, którego podjął się Doktorant należy do trudnych, bowiem jego realizacja wymagała wykorzystania obszernego zakresu wiedzy teoretycznej i wykonania rzetelnych badań symulacyjnych i eksperymentalnych z jednoczesnym uwzględnieniem ich wyników do modelowania matematycznego. Z tego powodu podjęcie się tak trudnego zadania przez Autora uważam za wartość dodaną pracy.

W przedstawionym zadaniu naukowym Autor wykazał się samodzielnością w formułowaniu oryginalnych problemów i ich rozwiązywaniu oraz umiejętnością prowadzenia unikalnych badań eksperymentalnych. Przeprowadzone rozważania teoretyczne i uzyskane wyniki badań eksperymentalnych są przekonujące i potwierdzają postawioną w pracy tezę.

Pod względem metodologicznym pracę uznaję za prawidłową. Autor potwierdził umiejętność formułowania tez oraz syntezy prowadzonych badań w sposób uporządkowany i metodyczny, a także prawidłowe podejście do interpretacji wyników.

Zawarte w opinii uwagi krytyczne nie wpływają na moją ogólną pozytywną ocenę pracy. Należy zaznaczyć równocześnie, że niektóre z uwag mają charakter dyskusyjny lub wyjaśniający albo stanowią alternatywne podejście do zagadnienia.

W podsumowaniu stwierdzam, że rozprawa **mgr inż. Pawła Magryty pt.: „Adaptacyjne sterowanie śmigłowcowym Diesla”** spełnia wymagania stawiane pracom na stopień doktora nauk technicznych, w rozumieniu art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (tj. Dz. U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.). Stawiam zatem wniosek o dopuszczenie mgr inż. Pawła Magryty do publicznej obrony ocenianej dysertacji.

