

prof. dr hab. inż. Tomasz Rogalski
Politechnika Rzeszowska
Al. powstańców Warszawy 12
35-029 Rzeszów.

Rzeszów, dn. 10.03.2026

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. inż. Rafała OŻOGA pod tytułem „Opracowanie i konstrukcja bezzałogowego samolotu solarnego AZ-5 klasy LALE”

1 UWAGI OGÓLNE NA TEMAT ROZPRAWY

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. inż. Rafała Ożoga pod tytułem „Opracowanie i konstrukcja bezzałogowego samolotu solarnego AZ-5 klasy LALE” została wykonana na podstawie pisma RND.IM.521.1.2026 Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Warszawskiej, z dnia 08.03.2026.

Przedstawiona mi do recenzji rozprawa zawiera siedem rozdziałów i bibliografię poprzedzone przez spis oznaczeń, wykaz skrótów użytych w tekście, streszczenia w językach polskim i angielskim oraz spis treści. Rozprawa została przygotowana łącznie na 257 numerowanych stronach, zaś wykaz zacytowanej literatury liczy 75 pozycji.

W pracy Autor poruszył, moim zdaniem ciekawe, zagadnienie skuteczności wykorzystania, w polskich warunkach klimatycznych, paneli fotowoltaicznych zainstalowanych na pokładzie małego samolotu jako źródła energii do jego napędu. W przeprowadzonych badaniach wykorzystał opracowany model działania pokładowej instalacji fotowoltaicznej uwzględniający między innymi wpływ współrzędnych geograficznych, pory roku, pory dnia wykonywania lotów, orientację przestrzenną samolotu na moc generowanej energii. Analizowane w rozprawie doktorskiej rozwiązanie jest jedną z możliwości zwiększenia długotrwałości lotu samolotu klasy LALE.

Biorąc pod uwagę rosnące na całym świecie zainteresowanie długotrwałymi lotami samolotów bezzałogowych oraz dynamicznie rozwijające się badania prowadzone w w/w temacie w wielu ośrodkach naukowych i przemysłowych uważam, że badania przeprowadzone przez Doktoranta wpisują się w obecne światowe trendy rozwoju tej branży.

Zagadnienia poruszane w pracy uważam za aktualne, ważne odpowiadające potrzebom przemysłu samolotów bezzałogowych i załogowych. Otrzymane w efekcie przygotowania recenzowanej rozprawy rezultaty mają potencjał wdrożeniowy nie tylko w polskim przemyśle.

Podjęte w pracy badania nie dają odpowiedzi na wszystkie pytania związane ze skutecznością pozyskiwania energii z pokładowej instalacji fotowoltaicznej oraz zarządzania dostępną całkowitą energią do wykonania lotu, jednak zaproponowane przez Doktoranta rozwiązanie może być korzystną i ciekawą propozycją wartą dalszych badań mogącą zaowocować przyszłymi wdrożeniami.

2 CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY

Autor rozprawy we Wstępie zapoznaje czytelnika z tematyką swoich badań. Tłumaczy, dlaczego zainteresował się zagadnieniem zwiększenia długotrwałości lotu samolotów bezzałogowych, ze szczególnym zwróceniem uwagi na małe samoloty o maksymalnej masie startowej do około 10 kg. W ciekawy, zwięzły, profesjonalny sposób przedstawia stosowane obecnie metody wydłużenia czasu trwania ich lotu, przytacza szereg konkretnych rozwiązań z całego świata.

Zbudowany w tej części pracy obraz obecnego stanu wiedzy, oczekiwań i możliwości technicznych jest uzasadnieniem dla podjętych przez Doktoranta badań naukowych. W mojej opinii całkowicie uzasadnia postawioną tezę, że:

rozwój technologii niewielkich (o masie startowej do 10 kg) bezzałogowych samolotów solarnych ma uzasadnienie w warunkach klimatycznych panujących w Polsce.

Tezę Doktorant chce udowodnić uzyskując odpowiedzi na trzy zasadnicze pytania postawione na stronie siedemnastej rozprawy. W ten sposób zarysowuje zakres tematyczny badań oraz definiuje ich mierzalne efekty.

Istotną cechą każdej rozprawy doktorskiej jest jej umiejscowienie względem panujących trendów oraz odniesienie do aktualnego poziomu wiedzy i techniki w obszarze podejmowanych badań. W rozdziale drugim rozprawy, zostały przedstawione wybrane informacje wskazujące postęp prac nad samolotami wyposażonymi w napęd wykorzystujący ogniwa fotowoltaiczne. Wszystkie one są przekazane spójnie, fachowo z właściwym balansem między ilością szczegółów technicznych, odwołań do materiałów źródłowych i komentarzy Autora. Wyselekcjonowane przykłady dają czytelnikowi możliwość wyrobienia opinii na temat zaawansowania prac prowadzonych przez inne ośrodki. Biorąc pod uwagę mocne i słabe strony konkurencyjnych rozwiązań w analizie przeprowadzonej w rozdziale 2.3 Doktorant wskazuje kierunek swoich prac badawczych.

Przeprowadzenie badań zaproponowanych w pierwszej części pracy wymagało przygotowania modeli symulacyjnych badanego obiektu i oddziałujących na niego czynników zewnętrznych. W rozdziale trzecim rozprawy Doktorant przedstawia model matematyczny samolotu wykorzystany w późniejszych symulacjach. Opisany w rozdziałach od 3.1 do 3.4 model jest klasycznym opisem dynamiki samolotu dostępnym

w literaturze. Nie został on w żaden sposób zmodyfikowany na potrzeby pracy, dlatego moim zdaniem zastosowany poziom szczegółowości jego opisu jest zbędny.

W rozdziale 3.5 na podstawie charakterystyk zastosowanych profili aerodynamicznych, kształtu samolotu i jego poszczególnych komponentów wyznacza wartości wszystkich współczynników aerodynamicznych modelu symulacyjnego eksperymentalnego samolotu AZ-5B. Zastosowane narzędzie – oprogramowanie XFLR5 - oraz zaprezentowane w pracy podejście pozwoliły na uzyskanie dokładności obliczeń, moim zdaniem, w zupełności wystarczającej do właściwego przygotowania modelu i przeprowadzenia symulacji komputerowych. W tej części pracy do pełnego opisu zastosowanego modelu matematycznego brakuje informacji o momentach bezwładności i momentach dewiacji bryły samolotu.

Moim zdaniem najciekawszą częścią rozdziału trzeciego jest podrozdział 3.6 poświęcony modelowi promieniowania słonecznego. Doktorant bazując na zależnościach astronomicznych, geograficznych, kalendarzowych, orientacji przestrzennej samolotu i kształcie samolotu wyprowadza zależność pozwalającą wyznaczyć natężenie promieniowania słonecznego docierającego do paneli fotowoltaicznych zamontowanych na skrzydłach samolotu. Autor pracy wykorzystuje znane i dostępne zależności pomiędzy poszczególnymi elementami modelu, jednak wykonana przez niego praca nad ich integracją, w jedną końcową formułę, uwzględniającą przyjęte założenia zasługuje na uwagę. Ostatecznie rozdział 3.6 ma formę podręcznika pokazującego krok po kroku budowę modelu promieniowania słonecznego, opracowanego przez Doktoranta.

Biorąc pod uwagę cel prowadzonych badań uważam, że model matematyczny działania instalacji fotowoltaicznej (rozdział 3.7) jest jednym z kluczowych komponentów symulowanego systemu. Ten, opracowany przez Doktoranta jest w zupełności prawidłowo przygotowany i adekwatny do sposobu i zakresu wykorzystania.

System sterowania wykorzystany do utrzymywania zadanych parametrów lotu nie jest przedmiotem prowadzonych badań. Jest narzędziem do przeprowadzenia właściwego eksperymentu. Dlatego, rozdział 3.8 powinien skupić się na charakterystykach działania poszczególnych kanałów sterowania autopilota takich jak na przykład: czasy regulacji, współczynniki tłumienia, uchyby w stanach ustalonych, wrażliwość na zakłócenia, a nie nad strukturą autopilota i prawami sterowania. Przedstawione struktury i użyte – bardzo podstawowe prawa sterowania - nie wymagają tak wysokiego poziomu szczegółowości opisu, jak zastosowany w rozprawie.

W rozdziale czwartym Doktorant przedstawia opracowany przez siebie eksperyment symulacyjny, w którym wykorzystuje przygotowane wcześniej modele. Należy podkreślić, że parametry symulacji zostały dobrane w przemyślany, nieprzypadkowy sposób odpowiadając konkretnej lokalizacji dacie i godzinie wykonania symulowanego lotu.

Struktura i treść rozdziału wskazują na staranne, metodyczne przygotowanie oraz przeprowadzenie tej części badań. Autor zaczyna symulacje od nieskomplikowanych przypadków lotu, stopniowo zwiększając liczbę parametrów mających wpływ na otrzymywane wyniki. Niestety, logiczne, konsekwentne podejście do realizacji badań nie znajduje odzwierciedlenia w tytułach podrozdziałów. Po rozdziałach 4.1 (Misja referencyjna #1: instalacja solarna nieaktywna), 4.2. (Misja referencyjna

#2: konfiguracja bez instalacji solarnej oraz z dodatkowym akumulatorem) czytelnik może spodziewać się tytułu rozdziału sugerującego przeprowadzenie symulacji lotu z w pełni funkcjonującym systemem fotowoltaicznym. Rzeczywiście, opis takiej misji występuje w kolejnym rozdziale 4.3, ale zatytułowanym - „Analiza parametryczna lotów solarnych”.

Właśnie ten rozdział (rozdział 4.3) jest w mojej opinii najważniejszy w całej rozprawie. Jest efektem rzetelnie przygotowanego i przeprowadzonego eksperymentu. Zawiera skrupulatnie zebrane i profesjonalnie przedstawione wyniki symulacji. Przyjęta przez mgr. inż. Rafała Ożoga metoda prezentacji wyników, w której zaczyna od pokazania szeregu rezultatów cząstkowych dla wielu przypadków, a następnie pokazuje skonsolidowane najważniejsze wyniki końcowe jest logiczna, czytelna i spełnia swoje zadanie.

Liczba zamieszczonych danych pokazujących działanie symulowanego modelu samolotu i pokładowej instalacji fotowoltaicznej w połączeniu z liczbą scenariuszy testowych budują kompletny obraz możliwości przedłużenia w ten sposób czasu trwania lotu samolotu klasy LALE. Zawartość rozdziału oraz sposób prezentacji wyników po raz kolejny potwierdzają metodyczne podejście Doktoranta do prowadzonych badań, jego skrupulatność przy przygotowaniu i przeprowadzeniu eksperymentu. Ponadto w w/w rozdziale zauważam ponadprzeciętną dbałość Autora o szczegóły. Mgr inż. Rafał Ożóg zamieścił w opisach eksperymentu oraz analizie otrzymanych wyników komplet danych i wszystkie niezbędne informacje. Dodatkowo na uwagę zasługuje forma w jakiej przedstawione zostały otrzymane wyniki. Wykonane porównania, zestawienia i ich wariantowość wymagały znacznego wysiłku i pomysłowości.

Pragnę zwrócić szczególną uwagę na rozdział 4.3.4. Nie jest on niezbędny do przeprowadzenia badań symulacyjnych potwierdzających lub zaprzeczających postawionej w pracy tezie. Jest to rozdział ciekawostka. Doktorant pośrednio zadaje pytanie, czy można zwiększyć długotrwałość lotu wykonując dedykowane manewry. Przeprowadza eksperymenty mające na celu sprawdzenie wpływu zmiany kąta pochylenia samolotu na warunki pracy instalacji fotowoltaicznej oraz zużycia energii przez silnik. Moim zdaniem ciekawy, oryginalny pomysł, podsumowany interesującymi rezultatami i wnioskami.

W efekcie, ta część pracy jest interesująca oraz zawiera ogromną ilość konkretnych i szczegółowych informacji. Ponadto użyty język i styl w jakim została napisana sprawiają, że jest zrozumiała oraz łatwa w odbiorze.

W rozdziale piątym przedstawione zostały konstrukcje trzech samolotów (w tym dwie wersje samolotu AZ-5) wykorzystanych w trakcie przygotowania i prowadzenia badań. Dwa z nich zostały wykorzystane do badania elementów instalacji fotowoltaicznej, trzeci do badania kompletnej instalacji zasilającej silnik samolotu.

Samolot Multiplex FunCub NG (rozdział 5.1) został wykorzystany do weryfikacji przygotowanego w rozdziale czwartym modelu promieniowania słonecznego. Opis zainstalowanego wyposażenia pokładowego i jego przygotowania do przeprowadzenia w/w eksperymentu uważam za potrzebny i właściwie wykonany. Natomiast, szczegółowy opis parametrów samolotu (np. Tabela 5.1) uznaję za ciekawostkę techniczną, bez związku z prowadzonym eksperymentem.

Samolot Multiplex Lentus (rozdział 5.2) został wykorzystany do pomiaru natężenia promieniowania słonecznego. Podobnie jak w poprzednim przypadku zamieszczony w pracy tak szczegółowy opis samego samolotu i wyposażenia, które nie miało bezpośredniego wpływu na otrzymane wyniki nie jest niezbędny.

Opis samolotu AZ-5 został umieszczony w rozdziale 5.3. Na pokładzie tego samolotu została zamontowana testowana instalacja elektryczna z ogniwami fotowoltaicznymi zasilająca silnik. W poszczególnych podrozdziałach szczegółowo zostały przedstawione poszczególne komponenty instalacji, ich parametry, sposób umieszczenia w samolocie i parametry działania. W w/w opisie Doktorant zamieścił szereg informacji pozwalających czytelnikowi uzyskać kompletną wiedzę o samolocie jako narzędziu do wykonania zaplanowanych badań.

Rozdziały od 5.3.1.1 do 5.3.1.4 zawierają szczegółowe opisy konstrukcji i technologii wykonania samolotu. Są to informacje nie mające bezpośredniego wpływu na osiągnięte rezultaty. Ich opis mógłby zostać skrócony bez szkody jakości rozprawy.

Rozdział szósty pracy jest zwięźczeniem badań teoretycznych i testów symulacyjnych wykonanej, w ramach przygotowanej rozprawy doktorskiej, pokładowej instalacji fotowoltaicznej. Badana instalacja została doprowadzona do poziomu technologicznego demonstratora technologii umożliwiającego wykonanie prób w locie tj. około TRL 6.

Rozdział jest podzielony na dwie logiczne części. Pierwsza część jest praktyczną weryfikacją modelu promieniowania słonecznego. Doktorant wybrał pięć scenariuszy testowych, które zostały wcześniej zrealizowane w symulacjach. Przedstawione opisy przeprowadzonych eksperymentów są szczegółowe i precyzyjne. Otrzymane wyniki zostały przedstawione najczęściej w formie wykresów i tabel. Według mnie, wśród nich najważniejsze są, te pokazujące zależności pomiędzy wynikami symulacji modeli, a rzeczywistymi pomiarami uzyskanymi w trakcie lotów. Jako parametry do oceny zgodności wyników eksperymentów, dla lotów samolotami Multiplex FunCub NG i Multiplex Lentus, Autor wybrał natężenie oświetlenia słonecznego, irradancję oraz energię możliwą do zmagazynowania. W opisach wykresów pokazujących przebiegi w/w parametrów, dla pierwszego i drugiego samolotu Doktorant stosuje nieznacznie różniące się nazwy porównywanych wielkości. Może to dezorientować czytelnika i utrudniać analizę wyników.

Druga część rozdziału szóstego została poświęcona badaniom działania rzeczywistej instalacji fotowoltaicznej zainstalowanej na samolocie. Przeprowadzone zostały dwa eksperymenty. Wśród przedstawionych wyników, moim zdaniem najciekawsze są zestawienia pokazujące moc generowaną przez panele w zależności od orientacji przestrzennej samolotu. Biorąc pod uwagę strukturę pracy oraz zakres każdej z poprzednich części zauważam tutaj, brak porównania wyników otrzymanych w symulacjach z rzeczywistymi danymi.

Opisy przeprowadzonych eksperymentów oraz analizy zawarte w rozdziale wskazują, że Doktorant bardzo dobrze rozumie fizykę badanego zjawiska, problemy techniczne i technologiczne napotkane w trakcie przygotowywania obiektów badań. W rezultacie, zaprojektował i wykonał poprawnie działające rozwiązania skutecznie wykorzystane do weryfikacji przeprowadzonych analiz teoretycznych.

Rozdział siódmy rozprawy, nienumerowany, zatytułowany „Podsumowanie” zawiera skrócone zestawienie przeprowadzonych badań, uogólnione wnioski dotyczące osiągnięcia zakładanych szczegółowych celów naukowych. Podsumowując

stwierdzam, że wszystkie wyciągane wnioski są dobrze umotywowane, trafne i zasadne. Dodatkowo w tej części rozprawy pan mgr inż. Rafał Ożóg przedstawił i uzasadnił swoje planowane dalsze badania, zmierzające do poprawy właściwości użytkowych instalacji fotowoltaicznych wykorzystywanych do napędu małych samolotów klasy LALE.

3 PRZYJĘTA METODYKA BADAŃ

Zastosowana przez Doktoranta metodyka badań jest typową dla prac badawczych, związanych z projektowaniem i analizą elementów lotniczych systemów pokładowych. Obejmuje etapy modelowania badanego obiektu, projektowania i modelowania opracowanego systemu oraz weryfikację otrzymanych wyników za pomocą badań symulacyjnych, badań modelu, kończąc na badaniach w locie.

Przygotowując się do badań eksperymentalnych, początkowo symulacyjnych, a następnie rzeczywistych lotów testowych Doktorant przedstawił (w rozdziale 3) podstawy teoretyczne badanego zagadnienia. Przygotowane i przeprowadzone eksperymenty symulacyjne, w których wykorzystał swoje, posiadane, zaadaptowane do potrzeb eksperymentu modele symulacyjne dostarczyły danych będących wkładem do badań eksperymentalnych na rzeczywistych modelach i docelowych obiektach. Zwieńczeniem badań są testy w locie opracowanego układu. Potwierdzają one osiągnięty poziom gotowości technologicznej instalacji jako demonstratora technologii oraz pozwalają na najbardziej wiarygodną weryfikację zaproponowanych rozwiązań.

Analizując dane, otrzymane w kolejnych fazach realizacji pracy doktorskiej Doktorant stosował założenia upraszczające i przybliżenia. Wszystkie one miały swoje uzasadnienie. Mimo iż otrzymane w ten sposób wyniki były obarczone błędami, to na etapie dyskusji, po uwzględnieniu wpływu zastosowanych uproszczeń wyciągane wnioski były prawidłowe.

Zastosowana metodyka jest według mnie wystarczająca dla prawidłowego przeprowadzenia opisanych w pracy badań i pozwala na wykonanie wszystkich niezbędnych działań zmierzających do realizacji celu pracy i udowodnienia postawionej tezy.

4 OTRZYMANE WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Rozprawa doktorska pana mgr. inż. Rafała Ożoga dotyczy aktualnej tematyki związanej z operacjami małych samolotów bezzałogowych. Jednym z jej ważniejszych podtematów cieszącym się coraz większym zainteresowaniem, jest wydłużenie czasu lotu samolotów klasy LALE. Postęp technologicznych ostatnich lat w dziedzinie ogniw fotowoltaicznych i akumulatorów spowodował, że zastosowanie ich jako elementów napędu w samolotach przestało być tylko naukowo-technologiczną ciekawostką. Stało się rzeczywistą alternatywą. Badania przeprowadzone przez Doktoranta wpisują się powyższe trendy, a otrzymane wyniki dostarczają nowej wiedzy o możliwościach i sposobach skuteczniejszego wykorzystania energii słonecznej do wydłużenia lotu małego samolotu.

W tym miejscu pragnę zaznaczyć, że na chwilę obecną otrzymane wyniki stanowią wstęp do dalszych badań. Dodatkowo mają znaczny potencjał praktyczny, mogą być

podstawą do dalszego rozwoju tej technologii, a przyszłości do wdrożeń przemysłowych.

Praca obejmuje stosunkowo wąski, ale precyzyjnie zdefiniowany zakres tematyki badawczej, rzutuje to na formę, treść otrzymanych wyników i najważniejszych osiągnięć naukowych Doktoranta, do których zaliczam:

- Opracowanie modelu symulacyjnego samolotu zawierającego modele działania zespołu napędowego i elementów instalacji fotowoltaicznej. Opracowany model posłużył do wyznaczania bilansu mocy dostępnej do napędu samolotu testowego.
- Przygotowanie i przeprowadzenie eksperymentu weryfikującego w/w model w trakcie prób w locie. Otrzymane wyniki wykazały zgodność zachowania się parametrów działania modelowanej i rzeczywistej instalacji fotowoltaicznej.
- Opracowanie modelu promieniowania słonecznego z uwzględnieniem współrzędnych geograficznych pory roku i pory dnia wykonywanych lotów oraz sposobu ekspozycji paneli na promieniowanie słoneczne. Posłużył on do symulacji mocy uzyskiwanej z paneli oraz badania wpływu wybranych parametrów lotu samolotu na wartość produkcji energii z instalacji fotowoltaicznej.
- Opracowanie scenariuszy testowych, uwzględniających nie tylko rzut poziomy trajektorii, lecz biorące pod uwagę zmiany wysokości, prędkości lotu oraz orientacji przestrzennej samolotu. Przeprowadzone z godnie z nimi loty testowe pozwoliły na analizę bilansu energetycznego w różnych stanach lotu samolotu.

Ponadto, przy okazji przygotowania eksperymentu Doktorant rozwiązał szereg problemów o charakterze inżynierskim, które mogą być wskazówką do działania dla innych osób korzystających z podobnych narzędzi lub pracujących w podobnym obszarze tematycznym. Do najważniejszych osiągnięć w tym punkcie zaliczam:

- Projekt konstrukcji, wykonanie małego samolotu dedykowanego do instalacji paneli fotowoltaicznych.
- Integracja elementów systemu sterowania oraz implementacja praw sterowania do rzeczywistego autopilota.
- Integracja wyposażenia pokładowego.

Wyniki otrzymane w zaprezentowanych w rozprawie badaniach naukowych potwierdzają sformułowaną tezę pracy. Wskazują, że już na obecnym etapie rozwoju technologii pokładowa instalacja fotowoltaiczna może być sensownym sposobem na wydłużenie czasu trwania misji małego samolotu typu LALE w warunkach nasłonecznienia panujących w Polsce.

Podsumowując otrzymane przez pana mgr. inż. Rafała Ożoga w pracy doktorskiej wyniki stwierdzam, że zrealizował on w pełni założone badania osiągając planowane cele naukowe.

5 UWAGI KRYTYCZNE

Podczas lektury rozprawy doktorskiej pana mgr. inż. Rafała Ożoga nie zauważyłem znacząco słabych stron jej części merytorycznej. Rozprawa doktorska prezentuje wartościowe i dobrze przeprowadzone badania, które generalnie nie budzą zastrzeżeń. Wyniki są jasno określone i wnoszą istotny wkład w rozwój dziedziny zasilania napędów elektrycznych małych samolotów.

Pierwsza i najważniejsza moja uwaga krytyczna dotyczy tytułu pracy. Tytuł rozprawy nie odpowiada jej zawartości. Praca dotyczy badania możliwości wykorzystania instalacji fotowoltaicznej do napędu małych samolotów. Zaprojektowany i wykonany samolot jest tylko narzędziem do przeprowadzenia właściwych badań. Tytuł rozprawy powinien odzwierciedlać zakres przeprowadzonych badań, a nie omawiać przygotowanie narzędzia ich wykonania.

Druga uwaga, krytyczna dotyczy braku szczegółowej oceny zgodności opracowanego modelu działania instalacji fotowoltaicznej z wynikami otrzymanymi w trakcie lotów umożliwiającej ocenę ilościową jakości modelu.

Inne moje drobne uwagi odnoszą się do struktury rozprawy, edycji i zagadnień technicznych w szczególności:

- Nielogiczna, moim zdaniem, wspomniana we wcześniejszej części niniejszej recenzji kolejność podrozdziałów w rozdziale trzecim.
- Zbędne lub zbyt rozbudowane fragmenty w rozdziałach trzecim i piątym omawiające zagadnienia powszechnie dostępne w literaturze, prace wykonane przed przystąpieniem do właściwych badań. Zwiększa to niepotrzebnie i tak znaczną objętość rozprawy.
- Drobna niekonsekwencja w opisie wykresów prezentujących wyniki eksperymentu w locie dla różnych samolotów.

W przypadku każdej pracy badawczej można wskazać tematy i obszary, które mogłyby być szerzej lub dokładniej omówione. Należy jednak znaleźć właściwy balans pomiędzy zakresem badań, szczegółowością opisów, czasem realizacji i objętością rozprawy. Według mnie, Doktorant prawidłowo wyważył wszystkie powyższe czynniki, co w połączeniu z jego skrupulatnością, wiedzą i ogólnym przygotowaniem zaowocowało rozprawą doktorską, która jest pełnym opracowaniem, zawierającym wszystkie niezbędne komponenty bez wyraźnie widocznych słabych stron.

6 WNIOSKI KOŃCOWE

Poziom merytoryczny przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej oceniam jako bardzo dobry i spełniający w całym zakresie wymagania stawiane przed rozprawami doktorskimi. Autor w pełni wykazał się umiejętnością formułowania celu naukowego badań, znajomością metodyki prowadzenia badań naukowych oraz zdolnością do wyciągania wniosków, popartą znajomością wiedzy w obszarach objętych przedstawioną rozprawą.

Stwierdzam, że Doktorant osiągnął założone cele pracy, a uzyskane wyniki mogą być podstawą dalszych prac badawczych prowadzących zmierzających do wykorzystania pokładowych instalacji fotowoltaicznych do wydłużenia czasu lotu

małego samolotu. Zrealizowane badania mają znaczenie poznawcze i aplikacyjne oraz spełniają kryteria prac w ramach dyscypliny „inżynieria mechaniczna”.

Występujące w pracy błędy techniczne, edycyjne i językowe nie wpływają na moją ocenę poziomu merytorycznego przeprowadzonych badań i otrzymanych wyników.

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska magistra inżyniera Rafała Ożoga pt. ”Opracowanie i konstrukcja bezzałogowego samolotu solarnego AZ-5 klasy LALE” spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r., poz. 1668, z późn. zm.) i wnioskuję o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

Tomasz Rogalski