



dr hab. inż. Andrzej Kubit, prof. PRz

Rzeszów, 16.01.2023.

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa

al. Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów

**Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Tomasza Wojnara  
pt.: „Budowa systemu bezpieczeństwa związanego z procesem holowania szybowca”**

**1. Podstawa formalna opracowania recenzji oraz ogólna charakterystyka rozprawy**

Recenzję wykonano w oparciu o zlecenie Rady Dyscypliny Inżynierii Lądowej, Geodezji i Transportu Politechniki Śląskiej, wyrażone w piśmie RDILG.512.19.2022 Przewodniczącego ww. Rady Dyscypliny Pana dr hab. inż. Marcina Stańka, prof. PŚ. W piśmie tym z dnia 28 listopada 2022 roku powołano moją osobę na recenzenta rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Tomasza Wojnara pt.: „Budowa systemu bezpieczeństwa związanego z procesem holowania szybowca”. Promotorem pracy jest dr hab. inż. Jarosław Kozuba, prof. PŚ.

Analizowana rozprawa doktorska napisana została na 148 stronach maszynopisu zawierających stronę tytułową, podziękowania, streszczenie w językach polskim oraz angielskim, spis treści, wykaz skrótów i akronimów, wprowadzenie oraz część zasadniczą, podsumowanie zawierające także wnioski końcowe, a także bibliografię.

**2. Ocena wartości naukowej i aktualności podjętej tematyki**

Kwestie bezpieczeństwa w transporcie lotniczym są niezwykle istotnym zagadnieniem i każde inicjatywy mające na celu poprawę bezpieczeństwa zawsze powinny być postrzegane jako ważne. W rozważanej rozprawie doktorskiej podjęto zagadnienie odnoszące się do systemu wspomagającego pilota szybowca. W szybownictwie zazwyczaj nie stosuje się zaawansowanych systemów wspomagania pilota i automatycznego sterowania jak to ma miejsce przy większości



dzisiejszych statków powietrznych z napędem silnikowym. Dodatkowo poszczególne fazy lotu szybowcowego są ściśle determinowane warunkami atmosferycznymi. Sprawia to, że lot szybowcem jest wyjątkowo wrażliwy na czynnik ludzki. Potwierdzają to statystyki, z których wynika, że większość wypadków jest skutkiem ludzkich błędów. Podjęte w pracy zagadnienie dotyczące wskazywania pilotowi szybowca dwóch istotnych parametrów lotu podczas startu, co bez wątpienia może efektywnie poprawić bezpieczeństwo tego etapu lotu, jest ważne. Z kolei przeprowadzone badania oparte o odpowiednio dobraną metodykę niosą w sobie wartość naukową. Uważam, że tematyka pracy jest aktualna, a uzyskane wyniki przeprowadzonych badań w oparciu o autorski, samodzielnie zaprojektowany i wytworzony system pomiarowy, cechują się dużym znaczeniem użytkowym. Badania eksperymentalne zostały przeprowadzone w warunkach rzeczywistych, co potwierdza efekt aplikacyjny uzyskanych rezultatów.

### **3. Ocena doboru źródeł literatury i ich analizy**

Doktorant przeanalizował literaturę obejmującą 84 pozycje. Bibliografia jest przede wszystkim anglojęzyczna i w przeważającej większości są to źródła opublikowane w ostatnich 10 latach, co świadczy o ich aktualności. Jedynie 13% pozycji bibliografii to pozycje wydane przed 2000 rokiem, jednak ich przytoczenie jest uzasadnione. Istotną część cytowanych źródeł literatury stanowią strony internetowe. Należy zwrócić uwagę, że w przypadku tych ostatnich koniecznym jest wskazanie daty korzystania ze źródeł zawartych na stronach internetowych, czego Doktorant nie uczynił. Oczywistym jest, że treści umieszczane w mediach elektronicznych są dynamiczne i mogą być nieaktualne po pewnym czasie.

W mojej opinii cytowana w pracy literatura jest poprawnie dobrana i w wystarczającym stopniu naświetla stan wiedzy związany z problematyką podjętą w rozprawie, odpowiada także standardom przyjętym dla rozpraw doktorskich.

### **4. Charakterystyka treści rozprawy i jej ocena merytoryczna**

Rozdział pierwszy stanowi wprowadzenie do zaproponowanej w pracy tematyki badawczej. W rozdziale tym przedstawiono wyniki analizy literatury związanej z podjętą tematyką. W sposób wystarczający opisano tu wybrane zagadnienia teoretyczne z zakresu aerodynamiki i mechaniki lotu szybowca, a także zwrócono uwagę na aspekty związane z bezpieczeństwem w szybownictwie.

W drugim rozdziale dokonano uzasadnienia podjętej w pracy tematyki badań argumentując, że jest ona istotna i aktualna. Zdefiniowano przy tym podstawowy problem badawczy, postawiono również cel pracy. W sposób ogólnikowy spisano w tym rozdziale przyjęte metody i techniki badań.



Kolejny rozdział zawiera podsumowanie, w którym m.in. nakreślono możliwości, w tym warunki jakie należy spełnić aby dokonać wdrożenia u producentów szybowców oraz w ośrodkach szkoleniowych omawianego systemu.

Na końcu pracy zamieszczono bibliografię, spis rysunków, spis tabel, a także spis załączników.

## **5. Uwagi merytoryczne**

W treści rozprawy pojawiają się pewne niejasności nasuwające uwagi, o których skomentowanie proszę Doktoranta w odpowiedzi na recenzję. Wymieniam najistotniejsze zagadnienia wymagające wyjaśnienia, które zwróciły moją uwagę:

1. W poszczególnych modułach systemu zastosowano tanie, a tym samym proste sensory pomiarowe, jednak rodzi to obawę o ich niską dokładność. Istnieje ryzyko, że w zależności od warunków eksploatacji, dokładność zastosowanych układów elektronicznych może ulec zmianie. Czy nie rozważano zastosowania dokładniejszych sensorów, co mogłoby zapewnić bardziej precyzyjną pracę systemu?
2. Czy użycie ogniw LiPo nie wydaje się zbyt niebezpieczne, ze względu na ich właściwości (podatność na zapłon w wyniku uszkodzenia, zwarcia itp.)?
3. W przypadku pomiarów kalibracyjnych nie podano warunków, przy których zostały one zrealizowane. Opisuując metodykę pomiaru sił podano jedynie producenta maszyny (Zwick), natomiast nieznanym jest zakres pomiarowy głowicy, od czego zależy dokładność pomiarów, nie podano także prędkości badania.
4. W ramach przedstawionych badań funkcjonowanie systemu zostało zweryfikowane w konkretnym szybowcu - PZL KR-03. W jakim stopniu rozważany system jest uniwersalny pod względem technicznym, czy możliwa jest jego instalacja na dowolnym szybowcu?
5. W opracowanym systemie zastosowano przekaz sygnału drogą radiową. Czy wybrane pasmo częstotliwości jest dozwolone w lotnictwie, czy nie ma zagrożenia, że sygnał spowoduje zakłócenia innych sygnałów oraz czy inne sygnały nie zaburzają poprawności funkcjonowania systemu?
6. Układy elektroniczne współtworzące przedstawiony w pracy system bezpieczeństwa mogą być narażone na uszkodzenia mechaniczne np. podczas lądowania w trudnych warunkach. Generalnie mogą one ulec rozkalibrowaniu w trakcie eksploatacji. W związku z tym, czy Doktorant przewidział możliwość łatwego i szybkiego weryfikowania poprawności funkcjonowania systemu przed startem?



W rozdziale trzecim opisano różne metody startu szybowców, scharakteryzowano poszczególne fazy lotu szybowcem, a także zjawiska im towarzyszące. Dokonano opisu niebezpiecznych przypadków mogących wystąpić podczas startu szybowca. Zrealizowano w stopniu podstawowym opis rozkładu sił oddziaływujących na szybowiec podczas jego startu zarówno podczas holowania za samolotem, jak i podczas holowania przez wyciągarkę. Rozdział ten zawiera również ważną dyskusję dotyczącą czynników mogących mieć wpływ na bezpieczeństwo, zwrócono tu szczególną uwagę na czynnik ludzki.

Rozdział czwarty, to zasadnicza część pracy, w której przedstawiono badania własne. Zaprezentowano w nim budowę systemu bezpieczeństwa będącego istotą pracy, opisano zasadę jego funkcjonowania, a także przedstawiono szczegółowy opis budowy i zasadę działania poszczególnych modułów wchodzących w skład systemu. Rozdział ten zawiera także opis metodyki badań. W mojej opinii przyjęta metodyka prowadzenia badań nie budzi zastrzeżeń. Jednak sam jej opis jest nieprecyzyjny, brakuje tu istotnych informacji, o czym piszę w uwagach merytorycznych. Należy zwrócić uwagę na autorski program badań. Wartym podkreślenia jest fakt, że system pomiaru sił oraz kąta natarcia szybowca podczas jego startu przy zastosowaniu wyciągarki został w pełni zaprojektowany i wykonany przez Autora pracy. Świadczy to o nabyciu umiejętności samodzielnego analizowania badanych zjawisk, projektowania przyrządów dedykowanych do ich badań oraz realizacji przy ich użyciu prac eksperymentalnych.

Przedstawiono opis badań eksperymentalnych podczas lotu, w których zastosowano szybowiec PZL KR-03 Puchatek, startujący przy użyciu wyciągarki lotniczej WSK 02 JK. Przed zasadniczymi badaniami zrealizowano trzy loty wstępne w ramach których dokonano weryfikacji poprawności funkcjonowania poszczególnych modułów systemu oraz zaznajomiono zaangażowany personel z metodologią badań. Właściwe pomiary przeprowadzono na podstawie piętnastu lotów testowych rejestrując przy tym poszczególne parametry lotu. W kolejnym etapie dokonano analizy zebranych wyników pomiarów.

W moim przekonaniu Doktorant przeprowadził prawidłowo zaplanowane badania eksperymentalne. Na uznanie zasługuje fakt, że przeprowadzenie opisanych badań wiązało się z koniecznością działań interdyscyplinarnych, gdyż wymagało wiedzy i doświadczenia m.in. z zakresu elektroniki, mechaniki. Natomiast efektywność prowadzenia prac musiała opierać się o efektywną wymianę informacji z pilotami o różnym stopniu doświadczenia.

W końcowej części tego rozdziału nakreślono wnioski płynące z przeprowadzonych badań oraz analiz, a także walidacji autorskiego systemu pomiaru wybranych parametrów lotu podczas startu szybowca. Wnioski te dowodzą o słuszności postawionej tezy oraz o osiągnięciu celów rozprawy.



7. Badania eksperymentalne zrealizowano jedynie dla lin holowniczych syntetycznych, czy Doktorant rozważał możliwość zastosowania systemu dla przypadku holowania przy użyciu lin stalowych?
8. Jakie wymogi formalne ze strony instytucji takich jak EASA, ULC należałoby spełnić, aby móc zastosować system w dowolnym szybowcu?

## 6. Uwagi dotyczące edycji rozprawy

Dokonując oceny rozprawy pod względem edycji, należy zwrócić uwagę Autorowi na pewne błędy językowe, których jest w pracy dość dużo, ograniczę się tu jedynie do wybranych, mając przy tym nadzieję, że Doktorant je uwzględni w swojej przyszłej pracy naukowej. Wiele spośród błędów wynika ze stosowania pewnych sformułowań potocznych stosowanych w branży, inne wynikają zapewne ze stosowania skrótów myślowych przez Autora. Język inżyniera powinien być precyzyjny, jednoznaczny i poprawnie określający zjawiska. Poniżej wymieniam tylko przykłady błędnych sformułowań:

„wartość siły naprężenia” (str. 112), „siły naprężenia” (str. 103), „kął siły naprężenia” (str. 103).

W rozprawie pojawia się szereg błędów stylistycznych:

„możliwość instalacji na możliwie blisko końca liny holowniczej” (str. 109), „przy wykorzystaniu aktualnych możliwościach technicznych” (str. 109), „wraz z wszystkimi peryferiami gotowych do wlotowania” (str. 91), „schemat modułu zasiania” (str. 91), „powoduję zwieszenie momentu skrętnego” (str. 75), „pomiar kątów liny umożliwiający budowę wektora siły naciągu liny” (str. 103), „wraz z wszystkimi peryferiami gotowych do wlotowania” (str. 91).

Przykłady innych błędów: str. 97, jest „MZH”, powinno być „MHz”, str. 95 „Masa brutto: 2.404 g” – separatory dziesiętne w opracowaniach polskojęzycznych należy zapisywać przy użyciu przecinka, a nie kropki.

Jestem świadomy, że w lotnictwie, a także w elektronice, o której sporo informacji zamieszczono w pracy, jest szereg pojęć wywodzących się z języka angielskiego, dla wybranych trudno znaleźć bezpośredni odpowiednik w języku polskim. Jednakże w edycji pracy można dopuścić jedynie uzasadnione wyjątki pojęć w języku angielskim. Zasadniczo praca napisana jest w języku polskim i nie powinno być stosowane słownictwo jak np.: „hardware” (str. 102).

Rozprawa doktorska powinna być napisana w formie bezosobowej, jednak pojawiają się zwroty takie jak „zajmiemy się” (str. 109), „stwierdzam” (str. 124), „posłużymy się” (str. 32).



## 7. Podsumowanie i wniosek końcowy

Po wnikliwej lekturze rozprawy doktorskiej stwierdzam, że wnosi ona istotny wkład w poszerzenie wiedzy w zakresie aspektów bezpieczeństwa w szybownictwie.

Należy zaznaczyć, że recenzowana rozprawa doktorska zrealizowana została w ramach programu „Doktorat wdrożeniowy”, którego celem jest tworzenie warunków współpracy ośrodków akademickich z otoczeniem gospodarczym. Efekt działalności naukowej Doktoranta znalazł już zastosowanie praktyczne i ma perspektywy dalszego rozwoju dzięki współpracy Doktoranta z producentami szybowców oraz samolotów klasy LSA. Uważam, że pomimo pewnych błędów edycyjnych, niedociągnięć, niedbałego języka, praca doktorska bez wątpienia stanowi wartość dodaną w swojej dyscyplinie naukowej i co niezwykle ważne wynik prac jest użyteczny, a jego wdrożenie faktycznie może efektywnie przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa w lotnictwie szybowcowym.

Mając na uwadze wymagania ustawowe i dokonując oceny rozprawy w kontekście spełnienia wymagań *Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*, w moim przekonaniu Doktorant spełnił te wymagania poprzez:

1. Oryginalne rozwiązanie problemu naukowego dotyczącego poprawy bezpieczeństwa podczas startu szybowca przy użyciu wyciągarki. Oryginalność tego rozwiązania polega przede wszystkim na identyfikacji problemu, zaprojektowaniu i wykonaniu systemu do pomiaru oraz wskazywania newralgicznych parametrów podczas startu szybowca. Co ważne system ten poddano walidacji i badaniom w warunkach rzeczywistych potwierdzając jego skuteczność.
2. Doktorant wykazał się ogólną oraz szczegółową wiedzą adekwatną do standardów przewodu doktorskiego. Udokumentowana w rozprawie doktorskiej wiedza Autora jest zgodna z dyscypliną naukową, w której Doktorant ubiega się o stopień naukowy.
3. Autor rozprawy wykazał, że potrafi samodzielnie prowadzić badania naukowe, potrafi też samodzielnie zaprojektować i wytworzyć odpowiednie narzędzia do realizacji prac badawczych.

W związku z powyższym w mojej ocenie przedłożona do recenzji rozprawa doktorska spełnia ustawowe wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora określone w *Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.)*. Na tej podstawie wnioskuję o dopuszczenie Pana mgr inż. Tomasza Wojnara do publicznej dyskusji nad jego rozprawą doktorską w dyscyplinie *inżynieria lądowa, geodezja i transport*.