

Rzeszów, 26 czerwca 2014 r.

Andrzej Tomczyk, prof. dr hab. inż.  
Katedra Awioniki i Sterowania  
Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa  
Politechnika Rzeszowska  
Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów  
tel. 17 8651485, e-mail: A.Tomczyk@prz.edu.pl

**RECENZJA**  
**dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego**  
**dr inż. Mariusza KRAWCZYKA w postępowaniu habilitacyjnym**  
**prowadzonym przez Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa**  
**Politechniki Rzeszowskiej**

Podstawa: pismo Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej Nr RM-531-07-04/2013-14 z dnia 12 maja 2014 r.

## **Wprowadzenie**

Niniejszą recenzję wykonałem w oparciu o przesłane mi przez Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej dokumenty:

- rozszerzony autoreferat Habilitanta zatytułowany: „**Technika modelowania i sterowania w lotnictwie lekkim i bezzałogowym**“,
- opracowanie sumujące wyniki działalności naukowej Habilitanta zawierające wybrane publikacje, wystąpienia konferencyjne oraz raporty powiązane tekstem porządkującym osiągnięte rezultaty badawcze,
- wykaz dorobku naukowego oraz publikacji naukowych po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych i przed jego uzyskaniem,
- kopie wybranych publikacji,
- oświadczenia współautorów potwierdzające procentowy udział Habilitanta w opracowaniu wspólnych publikacji,
- wykazy zrealizowanych projektów naukowo-badawczych, współpracujących z Habilitantem jednostek przemysłowych i badawczych oraz wykazy nagród, dyplomów i certyfikatów wraz z kopiami tych dokumentów.

Przewód habilitacyjny dr inż. Mariusza Krawczyka wszczęty został przed Radą Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej w dyscyplinie „*Budowa i eksploatacja maszyn*”. Postępowanie prowadzone jest zgodnie z procedurą nadawania stopnia naukowego doktora habilitowanego określoną w *Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. Nr 65, poz. 595), w zakresie właściwym dla nauk technicznych.

Habilitant nie przygotował zwartej publikacji sumującej dorobek naukowy, lecz przedstawił dokumentację w postaci rozszerzonego autoreferatu oraz kopii opracowań i artykułów dotyczących osiągnięć w obszarze techniki lotniczej, w szczególności problematyki modelowania i sterowania obiektami latającymi. W niniejszej recenzji będzie uwzględniona specyfika obszaru wiedzy, jaką reprezentuje Habilitant.

## **1. Dane charakteryzujące Habilitanta**

Dr inż. Mariusz Krawczyk ukończył studia na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej uzyskując w 1983 roku dyplom magistra inżyniera w specjalności „*mechanika stosowana*”. Od 1983 roku zatrudniony jest w Instytucie Lotnictwa w Warszawie, początkowo na etacie asystenta. Rada Wydziału Mechanicznego Politechniki Rzeszowskiej nadała mu w 1988 roku stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie "*budowa i eksploatacja maszyn*" na podstawie przedłożonej rozprawy pt. „*Sterowanie ruchem kabiny symulatora lotu w świetle analizy percepcji bodźców ruchowych przez człowieka*”, przygotowanej pod opieką prof. dra hab. inż. Janusza Morawskiego. Od 1987 roku dr inż. M. Krawczyk zatrudniony jest w Instytucie Lotnictwa na etacie adiunkta, pełniąc od 1989 roku funkcję kierownika Pracowni Awioniki, a od 2012 roku funkcję Lidera ds. Awioniki Instytutu Lotnictwa.

## **2. Ocena dorobku naukowego**

### **2.1. Autoreferat i opracowanie porządkujące dorobek naukowy**

Dr inż. Mariusz Krawczyk nie przedstawił typowej rozprawy habilitacyjnej, lecz opracował rozszerzony autoreferat (41 stron) uzupełniony opisem swojej działalności naukowej, składający się z wyboru artykułów, wystąpień konferencyjnych oraz fragmentów raportów z prac badawczych. Całość powiązana jest opisem wprowadzającym do prezentowanej tematyki badawczej i porządkującym dorobek naukowy Habilitanta (jest to łącznie ponad 450 stron tekstu). Można zatem traktować ten materiał jako podstawowy dokument prezentujący dorobek naukowy dra inż. Mariusza Krawczyka.

W omawianym opracowaniu wyróżniono cztery grupy zagadnień będących przedmiotem zainteresowań naukowych Habilitanta:

- A. Modelowanie dynamiczne obiektów;
- B. Bezpieczne użytkowanie przestrzeni powietrznej;
- C. Systemy sterowania;
- D. Inne systemy.

Pierwsze trzy grupy tematyczne są ze sobą ściśle związane i należy je traktować jako logiczny ciąg zadań badawczych. W czwartej grupie Habilitant zamieścił opisy innych projektów (w większości dotyczących techniki lotniczej) realizowanych w ramach statutowej działalności Instytutu Lotnictwa i nie należących do głównego obszaru aktywności naukowej Habilitanta.

#### A. Modelowanie dynamiczne obiektów

Budowa modeli matematycznych obiektów latających jest pierwszym etapem prac nad syntezą systemów sterowania i planowania trajektorii lotu. Habilitant rozpoczął działalność na tym polu od udziału w opracowaniu modeli stosowanych do budowy symulatora lotu samolotu I-22 Iryda, oraz uproszczonego modelu bezpilotowego samolotu „Sowa”. Bardziej rozbudowane modele obiektów latających powstały z wykorzystaniem formalizmu Boltzmann-Hamela preferowanego w zespołach prof. Jerzego Maryniaka i prof. Wojciecha Blajera, z którymi współpracował dr inż. Mariusz Krawczyk. Pełny nieliniowy model dynamiki bezpilotowego samolotu obserwacyjnego „Ćma” posłużył do numerycznej symulacji lotu i analizy właściwości tego obiektu. Osiągnięte wyniki opublikowane zostały w trzech współautorskich artykułach w czasopiśmie *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*. W kolejnych pracach badawczych dr inż. M. Krawczyk korzysta z umiejętności budowy modeli matematycznych odpowiednich dla realizacji postawionych zadań.

#### B. Bezpieczne użytkowanie przestrzeni powietrznej

Bezpieczeństwo ruchu lotniczego jest problemem nadrzędnym i podejmowanych jest wiele działań zmierzających do zmniejszenia prawdopodobieństwa katastrofy w ruchu lotniczym. Habilitant podjął w tym zakresie dwa tematy: planowanie misji bezpilotowych statków powietrznych połączone z procedurami unikania kolizji oraz system ochrony antyterrorystycznej samolotów transportowych.

W ostatniej dekadzie nastąpił gwałtowny rozwój bezpilotowych systemów powietrznych, głównie w zakresie zastosowań militarnych, ale coraz częściej rozważa się możliwość powszechnego stosowania bezpilotowych statków powietrznych w przestrzeni cywilnej, w której wykonują loty również pilotowane komercyjne samoloty transportowe. Natężenie ruchu lotniczego ciągle wzrasta, coraz bardziej istotne jest zastosowanie rozwiązań zapewniających akceptowalny poziom bezpieczeństwa w ruchu lotniczym. Tym problemom poświęcone są prace Habilitanta dotyczące planowania bezpiecznej trajektorii BSP oraz wykrywania potencjalnych zagrożeń zderzenia się BSP z innym statkiem powietrznym lub z przeszkodą terenową. W kilku opracowaniach zaproponowano optymalizację planowanej trajektorii lotu BSP oraz techniki i procedury omijania przeszkód bazujące na kombinacji lotu ustalonego oraz programowych manewrów w płaszczyźnie pionowej i poziomej. Uzupełnieniem tej tematyki jest analiza niezawodności bezpilotowych statków powietrznych oraz poziomu zagrożenia dla ludzi i obiektów naziemnych w przypadku katastrofy BSP.

Oryginalnym i merytorycznie interesującym problemem jest synteza autonomicznego systemu sterowania samolotem transportowym (pasażerskim) w przypadku próby wrogiego przejścia przez osoby znajdujące się na pokładzie. Habilitant uczestniczył w realizacji europejskiego projektu o akronimie SOFIA dotyczącego budowy demonstratora systemu ochrony antyterrorystycznej samolotu. Korzystając z doświadczeń wynikających z prac nad

systemami planowania misji bezpilotowych statków powietrznych dr inż. M. Krawczyk współprojektował funkcje dynamicznie generujące akceptowalne trajektorie lotu przejętego samolotu oraz prawa sterowania samolotem i procedury nadzorujące realizację lotu po zaplanowanej bezpiecznej trajektorii. Habilitant koordynował pracę polskiego zespołu badawczego i w szczególności kierował przygotowaniem i realizacją prób w locie eksperymentalnego systemu antyterrorystycznego sterowania samolotem, który zabudowany został w samolocie I-23 Manager.

### C. Systemy sterowania

Dr inż. Mariusz Krawczyk w swoich pracach podejmował tematykę projektowania oraz integracji pokładowych systemów sterowania samolotami bezpilotowymi oraz samolotami ogólnego przeznaczenia. Pierwszymi zaprojektowanymi urządzeniami były autopiloty dla BSP Sowa oraz latającego celu CHR-CP, zintegrowane z układami pomiarowymi. Nietypowym natomiast rozwiązaniem był autopilot sterujący spadochronem szybującym przy pomocy zmiany długości linek sterujących.

Ważnym doświadczeniem Habilitanta było opracowanie eksperymentalnego systemu sterowania samolotem I-23 Manager w ramach projektu SOFIA. Dla wykonania prób w locie antyterrorystycznego systemu generowania trajektorii konieczne było wyposażenie samolotu testowego w system sterowania umożliwiający ręczne pilotowanie samolotu oraz przejęcie sterowania automatycznego w chwili symulowanej aktywacji systemu antyterrorystycznego. Dr inż. M. Krawczyk opracował strukturę systemu sterowania oraz zasady integracji modułów sprzętowych, przygotowanych przez zespoły Instytutu Lotnictwa i Politechniki Rzeszowskiej. Próby w locie odbywały się pod nadzorem Urzędu Lotnictwa Cywilnego, co świadczy o profesjonalnym przygotowaniu i wykonaniu urządzeń pokładowych oraz właściwej metodyce i technice realizacji badań w locie. Wyniki testów opracowane przez Habilitanta zostały w pełni zaakceptowane przez koordynatora europejskiego projektu SOFIA.

Kolejnym prezentowanym w opracowaniu praktycznym rozwiązaniem jest automatyzacja sterowania samolotem Orlik w kanale odchylenia. Oddziaływanie strumienia zaśmigłowego powoduje znaczące odchylenia samolotu powodowane zmianą mocy zespołu napędowego, co powoduje konieczność reakcji ze strony pilota (czyli wychylenia steru kierunku) i ręczne sterowanie aerodynamicznym trymerem steru kierunku. Poprawę jakości sterowania uzyskano poprzez zastosowanie systemu poprawiającego sterowność w kanale odchylenia (CAS – *Control Augmentation System*), który powoduje automatyczne wychylenia trymera steru kierunku. Dr inż. M. Krawczyk zastosował znaną zasadę sterowania programowego zależnego od parametrów lotu (prędkość, chwilowa moc zespołu napędowego) korygowaną regulatorem proporcjonalno-całkującym dla zminimalizowania bocznego ślizgu (inaczej przyspieszenia bocznego). Próby w locie potwierdziły poprawność rozwiązania oraz trafność wyboru parametrów systemu sterowania.

W wielu publikacjach oraz projektach badawczych dr inż. M. Krawczyk korzysta z metodyki zaczerpniętej z klasycznej mechaniki ruchu programowego oraz dynamiki odwrotnej. Takie podejście pozwala na wyznaczenie wartości sił i momentów koniecznych dla realizacji ruchu po trajektorii zdefiniowanej jako więzy programowe. W praktyce lotów akrobacyjnych oznacza to możliwość programowego sterowania samolotem bezpilotowym

dla wykonania figur akrobacyjnych typu „beczka” lub „pętla”, których elementy mogą być traktowane jako manewry antykolizyjne lub obronne. Jest to przykład zastosowania klasycznej teorii do rozwiązywania aktualnych zadań w obszarze techniki lotniczej.

#### D. Inne systemy

Wymienione w tej części tematy dotyczą techniki lotniczej (są to: system sterowania ruchem kabiny symulatora lotu, system wizyjny dla śmigłowca, stanowisko badawcze podwozia przedniego) oraz techniki medycznej (system do badania bezdechu sennego) i nie są związane bezpośrednio z głównym tematem opracowania. Można zatem ograniczyć się do stwierdzenia, że dr inż. M. Krawczyk podejmował również pokrewne tematy wymagające znajomości układów pomiarowych, systemów sterowania, elementów wykonawczych oraz oprogramowania komputerów.

#### Uwagi ogólne

Omawiane opracowanie nie jest spójnym zestawem monotematycznych publikacji. Materiał pozwala zapoznać się z całością działalności badawczej dra inż. Mariusza Krawczyka. Jak rozumiem, tematyka prac często była narzucona potrzebami pracodawcy (Instytutu Lotnictwa) i nie zawsze dokładnie odpowiadała obszarowi zainteresowań Habilitanta. W dostępnych dokumentach nie zawsze zachowano merytoryczną spójność, co wynika z przyjętej metody „sklejania” fragmentów publikacji, wystąpień konferencyjnych i raportów z realizacji projektów badawczych. Publikacje często są zbyt ogólne, nie pozwalają na ilościową analizę właściwości prezentowanych rozwiązań oraz ocenę metodyki badawczej. Występuje szereg uchybień o charakterze redakcyjnym (np. błędne odwołania do źródeł), które czasem utrudniają śledzenie toku rozumowania Autora.

Biorąc pod uwagę specyfikę pracy w przemysłowym instytucie badawczym, dr inż. Mariusz Krawczyk wykazał, że skutecznie stosuje warsztat naukowy do rozwiązywania praktycznych zadań z obszaru techniki lotniczej, w szczególności z zakresu techniki modelowania i sterowania samolotami lekkimi i bezzałogowymi. Dorobek naukowy Habilitanta ma charakter badań stosowanych, co potwierdzają przykłady praktycznego wykorzystania wyników kilku projektów badawczych.

## **2.2. Publikacje**

Prezentując w dokumentacji wniosku dorobek naukowy po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, Habilitant wymienia 35 publikacji w czasopismach naukowych (w tym 3 samodzielne), 42 referaty publikowane w wydawnictwach pokonferencyjnych (w tym 3 samodzielne) oraz 58 niepublikowanych opracowań zbiorowych i raportów z prac badawczych. Zdecydowana większość publikacji jest efektem realizacji zespołowych projektów badawczych, stąd w naturalny sposób są to publikacje wieloautorskie. Przed doktoratem Habilitant opublikował dwa artykuły w krajowych czasopismach oraz prezentował dwa referaty na krajowych konferencjach naukowych.

Za najbardziej wartościowe uznaje się powszechnie publikacje w czasopismach wyróżnionych w *Journal Citation Reports* (tzw. Lista Filadelfijska). W tej grupie dr inż. Mariusz Krawczyk jest autorem jednej i współautorem trzech prac (udział Habilitanta odpowiednio: 30%, 40% i 30%) opublikowanych w krajowych czasopismach *Eksploatacja*



i *Niezawodność - Maintenance and Reliability* oraz *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*.

Habilitant przytacza w autoreferacie liczby cytowań: 3 cytowania wg bazy *Web of Science* i 9 wg bazy *Google Scholar* oraz tzw. indeks Hirsch'a: 1 wg bazy *Web of Science* i 2 wg bazy *Google Scholar*. Sumaryczny współczynnik wpływu publikacji (*Impact Factor*) wynosi  $IF=0.33$ . Tak więc wskaźniki bibliometryczne nie są znaczące, jednak należy uwzględnić fakt, że działalność badawcza dra inż. M. Krawczyka koncentrowała się w większości na zagadnieniach praktycznych, mniej chętnie publikowanych przez redakcje wysoko punktowanych czasopism.

### **2.3. Projekty badawcze**

Dr inż. Mariusz Krawczyk brał udział w realizacji 23 krajowych projektów naukowych, badawczych i wdrożeniowych oraz dwóch projektów międzynarodowych. Kierował 13 pracami badawczymi finansowanymi przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz pełnił funkcję koordynatora polskiego zespołu realizującego europejski projekt badawczy SOFIA. W przypadku realizacji pięciu projektów był liderem zespołu Instytutu Lotnictwa w konsorcjach badawczych. Habilitant podkreśla, że wyniki 8 projektów badawczych wykorzystane są efektywnie w przemyśle lub w ośrodkach naukowych. W trakcie realizacji badań dr inż. M. Krawczyk współpracował z wieloma instytucjami krajowymi (m.in. Instytutem Technicznym Wojsk Lotniczych, PZL EADS Warszawa, PZL Mielec, Wojskowymi Zakładami Lotniczymi) oraz zagranicznymi (m.in. Alenia SIA Włochy, Galileo Avionica Włochy, Thales Avionics Francja, Airbus Military, European Defence Agency).

W latach 1992-2013 Habilitant otrzymał 9 nagród Rady Naukowej i Dyrektora Instytutu Lotnictwa za osiągnięcia naukowo-badawcze.

### **2.4. Podsumowanie**

Dorobek publikacyjny dra inż. Mariusza Krawczyka wg aktualnie stosowanej krajowej metodyki oceny jest stosunkowo skromny (cztery pozycje na tzw. liście Filadelfijskiej, niewielka liczba cytowań). Jednak należy zauważyć, że Habilitant prezentował swoje osiągnięcia także na znaczących konferencjach krajowych i międzynarodowych, m.in. na Kongresie ICAS (*International Council of Aeronautical Sciences*). Publikacje w krajowych periodykach i udział w konferencjach naukowych wskazują na znaczącą pozycję Habilitanta w kraju w obszarze modelowania i sterowania obiektami latającymi. Kierowanie pracą zespołów badawczych oraz aktywny udział w realizacji projektów międzynarodowych pozwala na stwierdzenie, że dr inż. M. Krawczyk prezentuje wysoki poziom merytoryczny oraz posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Zaprezentowane w przedłożonych materiałach analizy i wyniki obliczeń, a także ich interpretacja pozwalają ocenić pozytywnie wyniki badań Autora nad problematyką sterowania samolotami ogólnego przeznaczenia oraz bezzałogowych statków powietrznych. W tej ostatniej klasie zagadnień mieści się również zadanie autonomicznego prowadzenia samolotu transportowego w przypadku próby wrogiego przejęcia przez osoby znajdujące się na pokładzie. Kompleksowy udział dr inż. M. Krawczyka w realizacji projektu SOFIA uważam za najbardziej wartościowe osiągnięcie Habilitanta o charakterze naukowo-badawczym.

Dr inż. Mariusz Krawczyk swoją działalnością badawczą i publikacyjną wzbogaca stan wiedzy o problematyce modelowania i sposobach sterowania obiektami latającymi, proponuje również rozwiązania mające znaczenie praktyczne. Istotną zaletą naukowej działalności Habilitanta jest możliwość jej dalszej twórczej kontynuacji poprzez doskonalenie algorytmów sterowania oraz rozwinięcie metodyki syntezy bezpiecznych trajektorii bezpilotowych statków powietrznych. Jest to tematyka bardzo aktualna ze względu na obecny stan i prognozowany rozwój zastosowań bezzałogowych obiektów latających.

### **3. Ocena działalności dydaktycznej**

Dr inż. Mariusz Krawczyk jest pracownikiem Instytutu Lotnictwa, a więc instytucji, która nie prowadzi działalności dydaktycznej; z tego powodu Habilitant wykazuje skromny zakres działalności dydaktycznej. W latach 2008-2012 był opiekunem praktyk zawodowych 13 studentów Politechniki Warszawskiej i Wojskowej Akademii Technicznej, którą odbywali w Instytucie Lotnictwa. W 2013 roku dwóch studentów Politechniki Rzeszowskiej odbywało praktykę dyplomową w Instytucie Lotnictwa pod opieką dr inż. M. Krawczyka, który zaproponował temat, a następnie był współpromotorem ich wspólnej pracy dyplomowej, wysoko ocenionej przez recenzenta. Obserwując wystąpienia Habilitanta na konferencjach naukowych odnoszę wrażenie, że będzie mógł z powodzeniem prowadzić zajęcia dydaktyczne, jeśli zajdzie taka potrzeba.

### **4. Ocena działalności organizacyjnej**

Jako znaczące osiągnięcia organizacyjne dr inż. Mariusza Krawczyka należy uznać efektywne kierowanie zespołami realizującymi projekty badawcze, a także pełnienie funkcji kierownika Pracowni Awioniki oraz Lidera ds. Awioniki Instytutu Lotnictwa. Ponadto należy podkreślić merytoryczną i organizacyjną aktywność Habilitanta w realizacji europejskiego projektu SOFIA, włącznie z organizacją badań w locie. W latach 1999-2003 był członkiem Rady Naukowej Instytutu Lotnictwa w Warszawie. Odbył stosowne szkolenia i otrzymał certyfikat potwierdzający kwalifikacje w zakresie kierowania realizacją złożonych projektów badawczo-rozwojowych.

Powierzenie dr inż. M. Krawczykowi kierowania pracą wielu zespołów badawczych świadczy o wysokiej ocenie kwalifikacji naukowych i organizacyjnych Habilitanta przez władze Instytutu Lotnictwa w Warszawie.

## 5. Ocena końcowa

- Dorobek naukowy i publikacyjny

Liczba publikacji Habilitanta po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych jest znacząca (ponad 70 pozycji), chociaż tylko bardzo niewielka część opublikowana była w uznanych czasopismach międzynarodowych. Większa część publikacji dr inż. Mariusza Krawczyka jest współautorska, co świadczy o zaangażowaniu Habilitanta w działalność zespołów naukowych, a zatem publikacje reprezentują również pewną szkołę naukową. Uwzględniając ponadto zaangażowanie Habilitanta w kierowanie i realizację projektów badawczych uważam, że dorobek naukowy dr inż. Mariusza Krawczyka jest wystarczający dla ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego nauk technicznych.


- Predyspozycje do pracy naukowej

Na podstawie przedłożonej dokumentacji oraz zawartości publikacji i raportów, a także oceny znaczenia kierowanych oraz realizowanych przez Habilitanta projektów badawczych stwierdzam, że dr inż. Mariusz Krawczyk wykazuje predyspozycje do pracy naukowej.

- Wniosek końcowy

Uwzględniając przytoczone wcześniej uwagi (krytyczne i pozytywne) stwierdzam, że dr inż. Mariusz Krawczyk w dostatecznym stopniu spełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego określone w *Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. Nr 65, poz. 595), w zakresie właściwym dla nauk technicznych.

**Wnioskuje o dopuszczenie dr inż. Mariusza Krawczyka do kolokwium habilitacyjnego i wykładu habilitacyjnego, w celu rozważenia decyzji o nadaniu mu stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn.**



Andrzej Tomczyk