

**Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr. inż. Macieja CICHOCKIEGO pod tytułem
„Badania nad identyfikacją parametrów lotu rakiety
poprzez pomiary pola ciśnienia na
korpusie w czasie rzeczywistym”**

1 UWAGI OGÓLNE NA TEMAT ROZPRAWY

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. inż. Macieja Cichockiego pod tytułem „Badania nad identyfikacją parametrów lotu rakiety poprzez pomiary pola ciśnienia na korpusie w czasie rzeczywistym” została wykonana na podstawie pisma RND.IM.521.5.2025 Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Warszawskiej, z dnia 20.10.2025.

Przedstawiona mi do recenzji rozprawa zawiera sześć rozdziałów, bibliografię (jako rozdział siódmy), streszczenia w językach polskim i angielskim oraz spis treści. Rozprawa została przygotowana łącznie na 132 stronach numerowanych, zaś wykaz zacytowanej literatury liczy 96 pozycji.

W pracy autor poruszył zagadnienie pomiaru wybranych parametrów lotu rakiety wykorzystywanych w automatycznym sterowaniu jej lotem tj. wartości kątów natarcia i ślizgu oraz liczby Macha. Przeprowadził badania, czy można w tym celu efektywnie wykorzystać pomiar pola ciśnień na korpusie rakiety. Analizowana w rozprawie metoda Flush Air Data System (FADS) nie jest nowym rozwiązaniem. Jest stosowana do pomiaru kątów natarcia i ślizgu w samolotach wysokomanewrowych od lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku. Z przeprowadzonej przez Autora analizy literatury wynika, że tego typu rozwiązania, nawet jeśli są stosowane w raketach, nie są opisywane, a wszelkie informacje o ich szczegółach są utajniane. Biorąc pod uwagę rozwój techniki raketowej w Polsce, który przyspieszył w ostatnich latach uważam, że badania przeprowadzone przez Doktoranta wpisują się w obecne trendy rozwijanych w kraju rakiet i pocisków raketowych. Otrzymane w efekcie przygotowania recenzowanej rozprawy rezultaty mają potencjał wdrożeniowy w polskim przemyśle zbrojeniowym.

Dlatego uważam temat pracy za aktualny, ważny odpowiadający potrzebom polskiego przemysłu w tym przemysłu zbrojeniowego.

Podjęte w pracy badania nie dają odpowiedzi na wszystkie pytania związane z działaniem opracowanej metody oraz funkcjonowaniem wykonanego układu pomiaru wartości kątów natarcia i ślizgu oraz liczby Macha, jednak zaproponowane przez doktoranta rozwiązanie może być korzystną i ciekawą propozycją dla konstruktorów takich systemów.

2 CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY

W pierwszym rozdziale zatytułowanym „Motywacja i kontekst pracy” przedstawiona została geneza badanego problemu. Doktorant przywołując dynamikę ruchu rakiety, wskazuje na potrzebę znajomości wymienianych wcześniej wartości parametrów aerodynamicznych, do wykorzystania w fuzji danych z informacją podawaną przez inercjalne układy odniesienia, w celu zwiększenia precyzji określania stanu lotu oraz ich wykorzystania w algorytmach automatycznego sterowania lotem rakiety.

Rozdział drugi recenzowanej rozprawy przybliży ogólnie jej tematykę. Autor na podstawie analizy literatury przedstawia historię i teraźniejszość techniki raketowej w Polsce, ze szczególnym uwzględnieniem badań z ostatnich kilku lat. Jako interesujący fragment pracy uznaję zawartą w tym rozdziale prezentację zasad sterowania lotem rakiet w atmosferze oraz związków między zdolnością manewrową rakiet a kątami natarcia i ślizgu, których pomiar jest jednym z głównych tematów rozprawy. Stopniowo przybliżając czytelnikowi obszar badań, Doktorant prezentuje metodę pomiaru wartości wymienionych wcześniej kątów aerodynamicznych za pomocą pomiaru pola ciśnień na korpusie rakiety.

W końcowej części rozdziału przedstawiono potencjalne możliwości zastosowania opracowywanego rozwiązania. Jako przykłady, Doktorant podaje projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju pt. „Opracowanie trójstopniowego suborbitalnego systemu raketowego do wynoszenia ładunków badawczych” oraz zastosowania militarne (jako efektora dla obrony przeciwlotniczej czy pocisku dla systemu poddźwiękowego do walki z dronami).

Odwołując się do potencjalnych zastosowań wyników swoich badań Autor stwierdza:

„... Jeżeli dane te będą dostatecznej jakości i dostarczane będą z minimalnym opóźnieniem to zmniejszone mogą zostać wymogi na układ inercjalny, dzięki potencjalnej fuzji sensorów. (...) Istotne jest syntezywanie danych z innych czujników, celem redukcji błędów IMU i korekcji ...”

Niestety, w rozprawie nie znalazłem wyjaśnień, w jaki konkretny sposób, w odniesieniu do zawartości pracy, chce osiągnąć wymienione w powyższym stwierdzeniu cele.

W rozdziale trzecim Autor stawia tezę pracy:

„Dla wysokomanewrowego pocisku raketowego poruszającego się z pewną naddźwiękową liczbą Macha M_0 , możliwe jest wyznaczenie kąta natarcia lotu α w oparciu o pomiary ciśnienia statycznego w kilku punktach na zewnętrznym korpusie pocisku”,

oraz definiuje podstawowe cele badań numerycznych i eksperymentalnych którymi są:

- opracowanie modelu symulacyjnego i numerycznego badanego zjawiska,
- opracowanie układu pomiarowego dostarczającego dane do wyznaczenia wartości kątów natarcia i ślizgu,
- badanie, czy zaproponowana konstrukcja sensora i logika jego działania są odpowiednie do pomiaru wskazanych wartości paramentów lotu raket przeciwlotniczych.

W postawionej tezie Autor przywołuje tylko pomiary wartości kąta natarcia. Nie wyjaśnia, dlaczego, skoro opisane badania w jednakowym stopniu dotyczą wyznaczania wartości kątów natarcia i ślizgu oraz dodatkowo liczby Macha.

W rozdziale czwartym Doktorant przedstawia zrealizowane przez siebie prace eksperymentalne. W zamieszczonych opisach zauważam ich dwie główne części składowe.

Rozdział 4.1 przedstawia przygotowanie i przeprowadzenie eksperymentu numerycznego CFD (Computational Fluid Dynamics). Doktorant wyjaśnia w jaki sposób przygotował siatkę obliczeniową, jaki model turbulencji dostępny w systemie symulacyjnym został wykorzystany, w jaki sposób skonfigurował i uruchamiał środowisko symulacyjne. Mimo, że opisane w tej części rozprawy prace mają charakter inżynierski, odnoszą się do jednego szczególnego przypadku, nie są uogólniane do szerszego zakresu przypadków to wszystkie podane w niej informacje są ważne. Przedstawiają ogólne podejście Doktoranta do prowadzonych badań, charakteryzują wykorzystane środowisko, pozwalają ocenić wiarygodność uzyskanych wyników i pozwalają na odtworzenie przeprowadzonych eksperymentów numerycznych.

W rozdziale 4.2 zawarto opis rzeczywistego eksperymentu tj. badań w tunelu aerodynamicznym, opracowanego przez Doktoranta układu pomiarowego zainstalowanego w testowym modelu rakiety. W mojej ocenie jest to jeden z najciekawszych fragmentów rozprawy. Zawarte w tej części szczegółowe opisy przygotowanego i uruchomionego modelu testowego z układem pomiarowym, czynności związanych z instalacją, uruchomieniem modelu i przeprowadzeniem badań pokazują wysoki rzeczywisty poziom wiedzy i umiejętności Doktoranta

Zainicjowana zawartością podrozdziałów 4.1 i 4.2 struktura rozdziału czwartego jest zaburzona przez jego dwa ostatnie podrozdziały 4.3 i 4.4. Znajdują się w nich opisy konstrukcji układu pomiarowego, sposobów doboru, wykonania i instalacji jego komponentów mechanicznych, elektrycznych i elektronicznych, zastosowanych metod

pobierania surowych danych pomiarowych oraz zaimplementowanego w programowaniu algorytmu przetwarzania danych wyznaczającego wartości kątów natarcia i ślizgu oraz liczby Macha. Są to bezpośrednie, kluczowe wyniki badań mgr. inż. Macieja Cichockiego. We wspomnianych dwóch rozdziałach, zgodnie z wymaganiami stawianymi rozprawom doktorskim zawarte zostały elementy nowości wprowadzone przez Doktoranta w obszarze jego badań. Dlatego, uważam, że zawarte w nich zagadnienia powinny zostać bardziej uwidocznione (na przykład jako oddzielne rozdziały najwyższego poziomu) podkreślając wagę i zakres osiągnięć Autora.

W rozdziale piątym zostały zawarte i przeanalizowane wyniki badań symulacyjnych CFD, specjalistycznym środowisku symulacyjnym dynamiki lotu dla rakiet projektowanych w Instytucie Technicznym Uzbrojenia, pomiarów w tunelu aerodynamicznym w Instytucie Lotnictwa oraz wyniki zebrane w trakcie prób w locie rzeczywistej rakiety wyposażonej w opracowany przez Doktoranta układ pomiarowy. Na podkreślenie zasługuje ilość i rodzaj przeprowadzonych przez Autora rozprawy testów oraz analiz zebranych danych. W mojej opinii udowadniają one bardzo dobrą znajomość przez mgr. inż. Macieja Cichockiego tematu podjętego w rozprawie oraz opanowanie warsztatu naukowca.

W podrozdziale 5.1 Doktorant wyznacza za pomocą symulacji CFD wartości bezwymiarowego współczynnika ciśnienia C_p (zdefiniowanego na stronie nr 59) dla wybranych wartości kątów natarcia, ślizgu i liczby Macha, odległości od noska rakiety i kąta południkowego.

W podrozdziale 5.2 wartości bezwymiarowego współczynnika ciśnienia wyznaczone w symulacjach CFD ciśnienia zostały zestawione z wartościami otrzymanymi na podstawie pomiarów zrealizowanych w tunelu aerodynamicznym. Wykresy biegunowe na rysunkach numer 38 i 39 w połączeniu z porównaniem danych tunelowych z wynikami symulacyjnymi na rysunku numer 40, pokazują poziom zgodności wyników otrzymanych w dwóch niezależnych eksperymentach. Przeprowadzona przez Doktoranta krytyczna analiza otrzymanych wyników uzasadnia, dlaczego w dalszych analizach jako wartości referencyjne traktowane są wyniki otrzymane w symulacjach CFD, a nie uzyskane w trakcie pomiarów w tunelu aerodynamicznym.

Kolejnym krokiem w badaniu działania układu FADS było wykorzystanie środowiska symulacyjnego opracowanego w Wojskowym Instytucie Technicznym Uzbrojenia do symulacji dynamiki lotu rakiet do sprawdzenia działania opracowanego algorytmu pomiarowego. W przeprowadzonych symulacjach typu Software in the Loop (SIL) Doktorant porównuje wartości kątów natarcia i ślizgu, liczby Macha oraz ciśnienia wyznaczone w środowisku symulacyjnym i obliczeniami CFD, z tymi uzyskanymi z opracowanego modelu czujnika ciśnienia oraz wartościami kątów i liczby Macha wyznaczonymi na podstawie opracowanego algorytmu pomiarowego. Symulacje pokazujące działanie modelu sensorów ciśnień oraz działanie układu FADS w locie poddźwiękowym i naddźwiękowym znajdują się w kolejnych częściach podrozdziału 5.3.

W tej części pracy Doktorant dokonuje kontrowersyjnego, wymagającego szczegółowych uzasadnień uproszczenia. Do wyznaczenia wartości ciśnienia na korpusie rakiety jako odpowiedniki rzeczywistych kątów natarcia i ślizgu przyjmuje wartości odpowiednich kątów orientacji przestrzennej rakiety otrzymane z Inertial Measurement Unit (IMU), w trakcie rzeczywistych pomiarów w locie. Z treści pracy nie wynika, dlaczego takie uproszczenie zostało przyjęte, w jakich warunkach lotów może być stosowane i czy analizowane przypadki obliczeniowe mieszczą się w obszarze przyjętych założeń upraszczających.

Ostatni podrozdział rozdziału piątego jest zwięźczeniem serii testów opracowanego w ramach przygotowanej rozprawy doktorskiej układu FADS. Mimo, iż przeprowadzono „jedynie” badania w locie rakiety w zakresie lotu z prędkościami poddźwiękowymi to zdobyty materiał badawczy jest bardzo ważny. Pan Maciej Cichocki działając metodycznie i konsekwentnie doprowadził badany układ do poziomu technologicznego umożliwiającego wykonanie testów na obiekcie rzeczywistym (to jest TRL 6 - 7). Opisy przeprowadzonych eksperymentów oraz analizy zawarte w rozdziale 5.4 wskazują, że Doktorant bardzo dobrze rozumie fizykę badanego zjawiska, problemy techniczne i technologiczne napotkane w trakcie budowy i eksploatacji rzeczywistego urządzenia. W efekcie, był w stanie wypracować poprawnie działające rozwiązania skutecznie minimalizujące błędy pochodzące od użytego algorytmu pomiarowego oraz zastosowanej technologii wykonania rakiety i badanego układu FADS.

W tej części eksperymentu Doktorant jako wartości referencyjne wybranych parametrów lotu wykorzystuje dane dostarczane przez IMU. Jest to związane z chęcią weryfikacji działania opracowanego układu w rzeczywistym locie, wynika z możliwości technicznych dostępnej w eksperymencie aparatury pomiarowej. Jednak prawidłowa interpretacja otrzymanych w ten sposób wyników wymaga ścisłego przestrzegania przyjętymi założeniami upraszczających. Jak wspomniałem wcześniej w rozprawie nie podano jakie przyjęto uproszczenia pozwalające na wykorzystanie wskazań IMU do wyznaczenia liczby Macha oraz wartości ciśnień w punktach pomiarowych.

Na uwagę zasługuje podejście Doktoranta do analizy otrzymanych w badaniach opisanych w rozdziałach czwartym i piątym. Poszukiwanie przyczyn zauważonych nieprawidłowości, analiza wpływu zidentyfikowanych niedokładności wykonania, pomiaru, metody na otrzymane wyniki, przyjęte założenia upraszczające oraz ich konsekwencje, proponowane metody przyszłych udoskonaleń opracowanego układu wskazują, że potrafi on łączyć wiedzę teoretyczną z umiejętnościami praktycznymi. W przeprowadzonych analizach wykazał, że rozumie i „czuje” zagadnienia i technologie związane z pomiarem parametrów lotu rakiet.

Ostatni, szósty rozdział zatytułowany „Wnioski i podsumowanie” zawiera skrótowe przedstawienie przeprowadzonych badań, uogólnione wnioski dotyczące osiągnięcia zakładanych szczegółowych celów naukowych oraz planowane dalsze badania zmierzające do poprawy właściwości metrologicznych i operacyjnych zaprojektowanego układu FADS.

3 PRZYJĘTA METODYKA BADAŃ

Zastosowana przez doktoranta metodyka badań jest typową dla prac wdrożeniowych z jednej strony, związanych z projektowaniem i analizą elementów lotniczych systemów sterowania z drugiej strony. Obejmuje etapy modelowania obiektu sterowania, projektowania i modelowania opracowanego podsystemu oraz weryfikację otrzymanych wyników za pomocą badań symulacyjnych, badań modelu fizycznego, kończąc na badaniach w locie.

Przygotowując się do badań eksperymentalnych Doktorant przedstawił (w rozdziale 4.5) podstawy teoretyczne badanego zagadnienia. Wykazał w nich, jaki sposób chce osiągnąć zamierzony cel oraz jak i dlaczego jego autorskie pomysły poprawią efekty dotychczas stosowanych rozwiązań. 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. Pokazują one poziom gotowości technologicznej produktu oraz pozwalają na najbardziej wiarygodną weryfikację zaproponowanych rozwiązań.

W analizach danych, otrzymanych w kolejnych fazach realizacji pracy doktorskiej Doktorant często 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 w rozdziale trzecim pracy tezy.

4 OTRZYMANE WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Macieja Cichockiego dotyka coraz bardziej aktualnego, ale niszowego w Polsce tematu pomiaru wybranych parametrów aerodynamicznych lotu rakiety.

Pod względem merytorycznym praca jest opracowana prawidłowo. Obejmuje szeroki zakres tematyki badawczej. Ma charakter interdyscyplinarny. Wyniki badań przedstawione w rozprawie zawierają istotne elementy nowości w dziedzinie pomiaru parametrów aerodynamicznych lotu rakiety. Dodatkowo mają znaczny potencjał wdrożeniowy. Do najważniejszych osiągnięć doktoranta zaliczam:

1. Opracowanie metody pozyskiwania informacji o rozkładzie ciśnienia statycznego na obwodzie rakiety za pomocą czujników o nie najwyższych właściwościach metrologicznych.
2. Połączenie algorytmu „trójek” oraz kalibrowanego za pomocą symulacji CFD modelu aerodynamicznego rakiety.
3. Modyfikacja rozmieszczenia czujników poboru ciśnienia w algorytmie „trójek”.
4. Opracowanie algorytmu wyznaczającego kąty natarcia i ślizgu oraz liczbę Macha

5. Opracowanie modelu błędów numerycznych pojawiających się w symulacjach CFD dla czujników umieszczonych na nosku rakiety w symulacjach lotu poddźwiękowego.
6. Opracowanie metody wyznaczania współczynnika korekcyjnego w równaniach estymatora wykorzystywanego do wyznaczania liczby Macha.
7. Opracowanie procedury inicjacji czujników realizowaną przed startem rzeczywistej rakiety.
8. Przygotowanie i przeprowadzenie eksperymentu na rzeczywistym obiekcie, w którym został zweryfikowany wykonany układ pomiarowy z zaimplementowanym autorskim algorytmem obliczeniowym.

Ponadto przy okazji badań naukowych Doktorant otrzymał szereg wyników o charakterze inżynierskim, które mogą być wskazówką dla innych osób korzystających z podobnych narzędzi lub rozwiązujących podobne problemy naukowe i inżynierskie:

1. W ramach współpracy z doktorantem z Narodowego Centrum Badań Jądrowych opracował sposób prowadzenia symulacji dla rakiet. Zbadany został wpływ samej infrastruktury na czas obliczeń – w tym przypadku symulacji CFD i opracowany został "najbardziej energooszczędny" sposób na budowanie baz aerodynamicznych. Uzyskane wnioski zostały wykorzystane do przyspieszenia uruchamiania zadań obliczeniowych innym klientom.
2. Opracował specyficzny podział obiektu do pobierania danych. W ten sposób uprościł metodę wizualizacji wyników z wybranych punktów i ich interpolację, gdzie wymagały tego obliczenia, bez nadmiernego obciążania modelu wsadem z całej powierzchni 3D.
3. Zaprojektował, wykonał i zintegrował z wyposażeniem tunelu model fizyczny do badań tunelowych.

Wyniki otrzymane w badaniach potwierdzają sformułowaną tezę pracy. Zaproponowana metoda wyznaczania wartości kąta natarcia, wartości kąta ślizgu i liczby Macha oparta na znanej teorii wyznaczania w/w parametrów lotu na podstawie rozkładu ciśnień statycznych na korpusie statku powietrznego, połączona z opracowanymi przez Doktoranta algorytmami obliczeniowymi, metodami kalibracji układu pomiarowego została ostatecznie pozytywnie zweryfikowana w trakcie prób w locie. W ramach swoich badań doktorant potwierdził poprawność metod zastosowanych w celu budowy modeli, wirtualnego do symulacji CFD ruchu rakiety oraz rzeczywistego do badań w tunelu aerodynamicznym. W krytycznej analizie wyników przeprowadzonych eksperymentów (wirtualnego i rzeczywistego) sprawdził zależności między pozyskanymi w nich wartościami wybranych parametrów lotu rakiety. Na tej podstawie wskazał, które dane i dlaczego wybrał za referencyjne w kolejnych etapach badań. Zaprezentowana metoda pomiaru parametrów aerodynamicznych lotu rakiety, pozwala na skuteczne pozyskanie ich wartości i późniejsze wykorzystanie do monitorowania i sterowania jej lotem. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzam, że opracowana metoda pomiaru może być zastosowana też dla innych typów statków powietrznych.

W tym miejscu należy stwierdzić, że autor zrealizował w pełni założone badania osiągając planowane cele naukowe.

5 UWAGI KRYTYCZNE

Na podstawie lektury rozprawy doktorskiej pana mgr. inż. Macieja Cichockiego nie znajduję znaczących słabych stron dotyczących jej strony merytorycznej. Najważniejsze w mojej opinii uwagi krytyczne dotyczą trzech następujących zagadnień:

1. Wspomniane we wcześniejszych częściach pracy uproszczenie polegające na bezpośrednim wykorzystaniu informacji o kącie pochylenia i odchylenia podawanej przez IMU jako kątów natarcia i ślizgu. Mimo, że w pewnych szczególnych stanach może być uważane za wystarczająco dokładne to trzeba pamiętać, że wprowadza błędy metodyczne. W pracy zawarto wyjaśnienia jakich wartości w/w błędy mogą osiągać, jednak uważam, że przy tak kluczowym punkcie badań należało jednoznacznie przedstawić w jakich stanach lotu, manewrach przyjęte uproszczenie może być stosowane.
2. Wartości referencyjne ciśnienia na kadłubie wyznaczono w symulacjach CFD opierając się na modelu kształtu konkretnej rakiety. W mojej opinii ciekawym rozwiązaniem mógłby być bardziej uniwersalny model matematyczny pozwalający wyznaczać wartości ciśnień.
3. Doktorant planował weryfikację otrzymanych wyników w trakcie rzeczywistych lotów rakiety. Ze zrozumiałych (wskazanych przyczyn) nie zostały one w części zrealizowane. Brak testów systemu w locie z pełnym zakresem prędkości stanowi słabszą stronę rozprawy.

Druga grupa zastrzeżeń dotyczy aspektów technicznych, edycyjnych i językowych rozprawy doktorskiej. Przedstawione niżej uwagi nie będą odnosiły się do poszczególnych przypadków, lecz dotyczą rozprawy jako całości. Doktorant opisując przeprowadzone badania i analizę otrzymanych wyników posługuje się skrótami myślowymi, uproszczonymi sformułowaniami oraz zwrotami żargonowymi. To w połączeniu ze stylem obfitującym w długie i wielokrotnie złożone zdania utrudnia czytelnikowi, lekturę, podążanie za tokiem myślenia autora i zrozumienie tekstu. Po lekturze rozprawy mam wrażenie, że wspomniane skróty i sformułowania żargonowe w pojawiają się głównie w opisach zagadnień w których doktorant ma największą wiedzę, doświadczenia i czuje się najswobodniej. To właśnie doskonała znajomość tych tematów powoduje, że są one dla mgr. inż. Macieja Cichockiego banalne, oczywiste i nie warte precyzyjnego omówienia. Niestety nie każdy czytelnik posiada podobne doświadczenie i wiedzę w tych obszarach w efekcie praca jest fragmentami trudna do czytania.

Pan mgr inż. Maciej Cichocki jest pracownikiem instytutu badawczego, do jego podstawowych obowiązków nie należy przygotowywanie i prowadzenie zajęć

dydaktycznych. Należy natomiast należy prowadzenie badań o charakterze praktycznym z ukierunkowaniem na wdrożenie ich wyników. Rozprawa doktorska odzwierciedla powyższy charakter pracy zawodowej Doktoranta. W efekcie „doktorant dydaktyk” jest przyćmiewany przez dominującego „doktoranta praktyka”.

W pracy brak jest numeracji wzorów oraz odwołań do nich w tekście. W związku z tym, konieczne jest poszukiwanie wyjaśnień znaczenia symboli, oznaczeń często kilkanaście lub kilkadziesiąt stron wcześniej.

W przypadku części rysunków, umieszczone na nich opisy, podpisy i opisy w tekście nie zawierają informacji, co rzeczywiście rysunek przedstawia.

Zdarzają się też ewidentne pomyłki edycyjne w składzie pracy – na przykład niewłaściwe opisanie sond do pomiaru prędkości lotu.

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 pomiaru analizowanych w pracy parametrów aerodynamicznych lotu rakiety. 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 Macieja Cichockiego pt. „Badania nad identyfikacją parametrów lotu rakiety poprzez pomiary pola ciśnienia na korpusie w czasie rzeczywistym” 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