

R E C E N Z J A

Rozprawy doktorskiej mgr. inż. Tomasza KLEMBY

p.t. „Badania dynamiki układu bomba-fluger”

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą niniejszej recenzji jest uchwała Nr 11/2022 Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Federacji Akademii Wojskowych z dnia 21 kwietnia 2022 r. o powołaniu mnie w skład Komisji przewodu doktorskiego w charakterze recenzenta w postępowaniu o nadanie mgr. inż. Tomaszowi KLEMBE doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

2. Uwagi ogólne

Przedstawiona do recenzji, przez mgr. inż. Tomasza KLEMBE, rozprawa doktorska ma charakter teoretyczno-projektowy i dotyczy bardzo aktualnej, z punktu widzenia potrzeb Wojska Polskiego, problematyki modernizacji lotniczych środków bojowych.

Podstawowym celem rozważań Doktoranta było opracowanie i przebadanie metodą teoretyczną i częściowo doświadczalną demonstratora technologii ćwiczebnej lotniczej bomby kierowanej w układzie bomba-fluger oraz ocena funkcjonowania tego układu na podstawie wyników badań symulacyjnych.

Z uwagi na niejawność tematyki rozpatrywanej w ramach pracy, w dostępnej literaturze brak jest wyczerpujących informacji z zakresu konstrukcji, funkcjonowania oraz użycia bojowego tego typu układów. Stąd też wynikła potrzeba prowadzenia własnych prac badawczych w tym zakresie.

Podstawowymi metodami stosowanymi w warunkach krajowych, których wyniki znajdowały zastosowanie do oceny przyjętych w procesie projektowania środków

bojowych (w tym lotniczych środków bojowych) oraz do modyfikacji tego typu konstrukcji na drodze doboru odpowiednich wartości parametrów konstrukcyjnych, są bardzo kosztowne i wymagające dużych nakładów czasu pracy metody doświadczalne. Alternatywę metod eksperymentalnych mogą stanowić metody modelowania numerycznego oparte na modelach fizyczno-matematycznych, pozwalające na symulacje działania dużych zbiorów wariantów konstrukcyjnych rozpatrywanych obiektów technicznych. Istotną zaletą takiego podejścia jest możliwość zmian w trakcie badań, nawet w szerokim zakresie zarówno struktury badanego modelu, jak również warunków zewnętrznych wpływających na jego działanie. Z uwagi na stosunkowo krótki czas w jakim obecnie realizowane są projekty z obszaru techniki uzbrojenia można przyjąć, że komputerowe metody numeryczne będą istotnym czynnikiem, decydującym w wielu przypadkach o sukcesie prowadzonych rozwojowych prac badawczych.

Przedstawione uwarunkowania oraz potrzeby wynikające z realizacji niniejszej pracy jak i dotychczasowego doświadczenia zawodowego Doktoranta, stanowiły podstawę opracowania, przedstawionej w rozprawie, metodyki prowadzenia pracy badawczej rozwojowej o charakterze teoretycznym, której wyniki komputerowych badań symulacyjnych zostały potwierdzone wynikami przeprowadzonych w tym celu poligonowych badań doświadczalnych w locie.

3. Charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do recenzji notatka z wykonanej rozprawy doktorskiej (zwana w treści Recenzji rozprawą) zawarta jest w czterech rozdziałach z wyodrębnieniem: Spisu treści, Wykazu ważniejszych skrótów i oznaczeń, Wstępu, Podsumowania oraz Wykazu literatury zawierającej 24 pozycji. Poszczególne części pracy stanowią ciąg logiczny. I tak w poszczególnych rozdziałach rozprawy przedstawiono:

- 1) We Wstępie, który Autor traktuje jako rozdział pierwszy przedstawiono, na tle przeglądu aktualnej literatury z obszaru rozpatrywanej problematyki, genezę, tezę, cel naukowy z rozbiciem na cele cząstkowe oraz zakres pracy.

Teza pracy jest przedstawiona następująco:



„Znajomość cech dynamicznych układu bomba-fluger jest warunkiem koniecznym do zaprojektowania skutecznego, biernego laserowego układu korekcji”.

Z tezy pracy wynika bezpośrednio podstawowy cel pracy, który Autor rozprawy przedstawił w postaci”:

„Naukowym celem pracy wynikającym ze stawianej tezy jest identyfikacja czynników wpływających na dynamikę ruchu rozpatrywanego układu bomba-fluger”.

Realizacja głównego celu pracy wymagała wykonania następujących celów cząstkowych:

- a) analiza i walidacja modelu matematycznego układu bomba-fluger,
 - b) opracowanie różnych wariantów konstrukcyjnych rozpatrywanego układu dynamicznego,
 - c) wyznaczenie charakterystyk aerodynamicznych układu bomba-fluger,
 - d) przeprowadzenie symulacji zrzutów układu bomba-fluger w różnych wariantach konstrukcyjnych,
 - e) przeprowadzenie oceny dynamiki ruchu układu bomba-fluger i wybór rozwiązania posiadającego najlepszą stateczność dynamiczną;
- 2) W rozdziale drugim zawarte są wyniki przeglądu występujących w uzbrojeniu różnych armii rozwiązań konstrukcyjnych niekierowanych kierowanych oraz naprowadzanych bomb lotniczych, z podaniem zasad użycia bojowego przedstawianych bomb;
- 3) Rozdział trzeci zawiera rozważania, których wynikiem było opracowanie modelu fizycznego oraz sformułowanie na jego podstawie modelu matematycznego przestrzennego ruchu w atmosferze rozważanego układu dynamicznego bomba-fluger. Równania ruchu wyprowadzono dla każdego z elementów układu oraz dla całego układu dynamicznego. Podczas opracowania modelu matematycznego do symulacji ruchu przestrzennego w atmosferze ziemskiej układu bomba-fluger przyjęto, że układ jest ciałem nieodkształcalnym o sześciu stopniach swobody, osiowosymetrycznym z dwoma płaszczyznami symetrii pokrywającymi się z płaszczyznami usterzenia oraz stabilizacji aerodynamicznej. W opracowanym modelu ruchu pominięto ruch oraz krzywiznę Ziemi;

4) Rozdział czwarty poświęcony jest badaniom symulacyjnym z użyciem algorytmu i programu komputerowego opracowanego na podstawie modelu fizycznego układu oraz modeli matematycznych przedstawionych w rozdziale trzecim. Symulacje właściwości dynamicznych układu bomba-fluger na torze lotu przeprowadzono z uwzględnieniem zmian charakterystyk modelu fizycznego badanego układu odpowiednio dla lotu poziomego, wznoszącego i nurkowego. W szczególności symulowano wpływ na parametry ruchu harmonicznej wielkości fizycznych t.j.: położenia ogniska aerodynamicznego bomby, położenia środka masy flugera oraz długości ramienia zamocowania flugera.

4. Rozważania dotyczące rozprawy

Mgr inż. Tomasz KLEMBBA w przejrzysty sposób sformułował podstawowy cel rozprawy, który starał się konsekwentnie rozwiązywać w trakcie jej wykonywania.

Przedmiotem rozprawy było udowodnienie tezy, że znajomość cech dynamicznych układu bomba-fluger jest warunkiem koniecznym do zaprojektowania skutecznego, biernego laserowego układu korekcji. Zastosowanie układu korekcji lotu bomby lotniczej powinno w istotny sposób zwiększyć precyzję rażenia przez nią celu.

Komputerowe badania dynamiki demonstratora technologii bomby zostały zilustrowane obszernym zbiorem wykresów zawierających wyniki badań wpływu na właściwości dynamiczne badanego układu dynamicznego:

- a) Położenia ogniska aerodynamicznego flugera. Badania symulacyjne wykazały, że długość ramienia mocowania flugera w bombie winna być dobrana z uwzględnieniem warunku zapewnienia sztywności mocowania oraz wyeliminowania oddziaływania aerodynamicznego flugera na stery bomby. Przeprowadzone badania symulacyjne wykazały również, że ognisko aerodynamiczne powinno znajdować się za punktem mocowania flugera na bombie oraz że zwiększenie odległości ogniska aerodynamicznego od punktu jego mocowania na bombie powoduje wzrost skuteczności flugera.



- b) Odległości między środkiem masy flugera i jego punktem zamocowania do bomby (odległość istotna z tego względu, że bliskie położenie flugera w stosunku do korpusu bomby może być powodem mniejszej skuteczności sterów usytuowanych z przodu bomby, natomiast zbyt duże wysunięcie flugera do przodu może być przyczyną utraty sztywności mocowania).
- c) Położenia środka masy flugera. Na podstawie wyników badań symulacyjnych można stwierdzić, że środek masy flugera powinien znajdować się możliwie jak najbliżej punktu jego zamocowania, gdyż takie rozwiązanie zapobiega przenoszeniu się ruchu nutacyjnego z bomby na fluger.
- d) Wpływu prędkości zrzutu. W pracy wykazano, że prędkość zrzutu bomby wpływa w istotnym stopniu na stateczność flugera. Zwiększenie tej prędkości powoduje skrócenie czasu po jakim stabilizuje się fluger podczas lotu badanego układu.
- e) Wpływu początkowej wartości kąta pochylenia flugera względem bomby. Wyniki badań wykazały, że najkorzystniejszą sytuacją jest, kiedy początkowa wartość tego kąta wynosi zero lub niewiele różni się od zera.

Badania przeprowadzono dla zrzutu skutkującego odpowiednio lotem bomby: nurkowym, poziomym oraz wznoszącym.

Otrzymane w wyniku symulacji komputerowej wyniki, zgodnie z informacją zawartą w treści pracy, porównano z wynikami dostępnych poligonowych badań doświadczalnych przeprowadzonymi dla przedmiotowego układu dynamicznego. Autor nie zamieścił w treści pracy dokładniejszej analizy tych wyników, lecz ograniczył się do stwierdzenia: „Wyniki badań w locie demonstratora bomby LBĆw-10K potwierdziły poprawność zastosowanego rozwiązania konstrukcyjnego układu bomba-fluger”.

5. Uwagi ogólne i szczegółowe dotyczące rozprawy

Uwagi ogólne

- 1) W wielu przypadkach występują błędy stylistyczne, ograniczające czytelność danych fragmentów rozprawy. Ma to miejsce m.in. na stronach: 19, 27, 56, 57 (2 razy),
- 2) Objasnień wielu stosowanych w treści pracy oznaczeń nie uwzględniono w „Wykazie ważniejszych oznaczeń indeksów i skrótów”, co w określonym stopniu utrudnia czytelność pracy,
- 3) Str. 21 – brak odwołania do Wykazu literatury, np. na str. 21,
- 4) Str. 57. Błędne stwierdzenie, że współczynnik stateczności statycznej to odległość między i ogniskiem aerodynamicznym a środkiem masy pocisku – przeczy temu wzór (4.1),
- 5) Str. 69 (rys. 4-14), str. 75 (rys. 4-24) i str. 88 (rys. 4-44) – dane na tych rysunkach sugerują, że kąt zrzutu nie ma wpływu na prędkość demonstratora bomby na torze lotu? Autor podaje, że we wszystkich przypadkach prędkość uderzenia bomby wynosiła 215 [m/s]?,
- 6) Ponieważ rozpatrywany obiekt jakim jest model badawczy naprowadzanej ćwiczebnej bomby lotniczej LBĆw-10k jest dziełem zespołowym, to pewnym niedociągnięciem jest mało precyzyjne podkreślenie w treści rozprawy, co w tym urządzeniu jest autorskim osiągnięciem Doktoranta. Czy należy sądzić, że są to tylko wyniki badań symulacyjnych?

Uwagi szczegółowe:

1. Błędy redakcyjne: str. str. 17 (2 razy), 18, 19, 20, 29, 57, 127,
2. Str. 12 i str. 13 – mało czytelne rysunki – rys. 2-1 (str. 12), rys. 2-2 (str. 13), rys. 2-11 (str. 18), rys. 2-12 (str. 19), rys. 2-14 (str. 21), rys. 2-21 i rys. 2-22 (str. 31),
3. Str. 34 – co oznacza r we wzorze (3.1)?,
4. Niewłaściwe użycie określenia, np. ilość str. 15 i str. 57 powinno być liczba, przy pomocy str. 18 (2 razy) – powinno być za pomocą, moment – strony: 28, 29, 30, 32, 57 – powinno być chwila;
5. Niepoprawny styl – np. 17 (2 razy) i inne,

6. Autor stosuje neologizmy bez podania objaśnień co oznaczają, np.: str. 18 – niestabilność aerodynamiczna, str. 25 – urządzenie aerodynamiczne, str. 27 i str. 28 – bombardowanie balistyczne, str. 188 – najbardziej optymalne,

Przedstawione wyżej uwagi w określony sposób wpływają na wartość rozprawy mgr. inż. Tomasza KLEMBY.

6. Ocena końcowa rozprawy

Rozprawę można potraktować jako ważne autorskie osiągnięcie przedstawiające wyniki badań przeprowadzonych w celu określenia wpływu parametrów konstrukcyjnych oryginalnego układu dynamicznego w postaci bomba-fluger na skuteczność bojowego wykorzystania jednego z podstawowych rodzajów lotniczych środków bojowych jakim są bomby kierowane. Za nowe podejście, w skali kraju, do rozważanej problematyki można uznać opracowanie symulacyjnego modelu komputerowego oraz przebadanie metodą teoretyczną oryginalnego układu dynamicznego bomba-fluger.

Podsumowując rozprawę stwierdzam, że jej temat jest aktualny i rozwojowy. Postawione cele pracy zostały osiągnięte. Uzyskane wyniki badań symulacyjnych zostały częściowo zweryfikowane na podstawie badań doświadczalnych w locie odpowiedniego układu bomba fluger. Analizy wyników badań symulacyjnych zostały w przeważającej części przeprowadzone poprawnie, a ich interpretacje są prawidłowe. Stwierdzam, że problematyka rozprawy mieści się w dyscyplinie **inżynieria mechaniczna**.

Przedstawioną do recenzji przez mgra inż. Tomasza KLEMBĘ rozprawę doktorską oceniam pozytywnie, gdyż zawiera elementy nowatorskie oraz posiada elementy poznawcze. Poza tym praca świadczy o dobrym przygotowaniu merytorycznym Autora. Doktorant wykazał się nie tylko obszerną wiedzą z zakresu modelowania dynamiki układów, metod symulacyjnych oraz programowania, ale również umiejętnością formułowania i badania złożonych zagadnień naukowych.

Reasumując stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim przez obowiązującą Ustawę o tytule

i stopniach naukowych. Poziom naukowy rozprawy potwierdza, że może być dopuszczona do publicznej obrony.



Pytania do Autora rozprawy:

1. Z jakich grup równań składa się pełny model matematyczny ruchu przestrzennego bomby kierowanej w atmosferze ziemskiej?
2. Stateczność stateczna bomby. Czynniki wpływające na stateczność statyczną.
3. Rodzaje stabilizacji stosowane w niekierowanych obiektach latających.
4. Jakie podstawowe kryteria podobieństwa należy uwzględnić w przypadku badania modeli obiektów latających w tunelu aerodynamicznym?



