

Kielce, dnia 29.12.2025 r.

prof. dr hab. inż. Zbigniew Koruba
Politechnika Świętokrzyska
Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn
Katedra Mechatroniki i Uzbrojenia

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Mateusza MORAWSKIEGO

pt „**Opracowanie i walidacja modelu działania układu automatyki broni z odrzutem zamka półswobodnego opóźnianego gazodynamicznie**”

Podstawa wykonania recenzji: pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna dr. hab. inż. Stanisława Kachela, prof. uczelni przesłane z informacją o podjęciu Uchwały nr 36/WAT/2025 r. z dnia 29 maja 2025 r, w sprawie wyznaczenia mnie na recenzenta rozprawy Pana mgr, inż. Mateusza Morawskiego.

1. Sylwetka Doktoranta

Kpt. mgr inż. Mateusz Morawski urodził się 01.11.1993 r. w Sanoku. W 2012 r. ukończył I Liceum Ogólnokształcącego im. Komisji Edukacji Narodowej w Sanoku, gdzie uczęszczał do klasy matematyczno-fizycznej. W tym samym roku rozpoczął studia I stopnia na Wydziale Mechatroniki i Lotnictwa (aktualnie Wydział Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa) Wojskowej Akademii Technicznej na kierunku *mechatronika*, w specjalności *uzbrojenie i elektronika*. Studia te ukończył w 2016 r., uzyskując tytuł zawodowy inżyniera oraz otrzymując Dyplom Uznania Szefa Szefostwa Służby Uzbrojenia i Elektroniki Inspektoratu Wsparcia Sił Zbrojnych. Bezpośrednio po tych studiach, kontynuował kształcenie na studiach II stopnia na tym samym kierunku i specjalności. Studia te ukończył w 2017 r. z wynikiem bardzo dobrym, uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera oraz stopień podporucznika Wojska Polskiego. Podczas studiów, w 2015 r. uczestniczył w międzynarodowym szkoleniu „Summer Campus 2015”, realizowanym w Military Academy „General Mihailo Apostolski” w Skopje w Macedonii Północnej. W 2017 r. ukończył studia podyplomowe pn. *Międzynarodowe stosunki wojskowe* w Akademii Sztuki Wojennej.

Po ukończeniu studiów w WAT, w 2017 r. rozpoczął służbę w Batalionie Szkolnym Wojskowej Akademii Technicznej na stanowisku dowódcy plutonu, a w 2020 r. został wyznaczony na stanowisko inżyniera w Zakładzie Konstrukcji Specjalnych (obecnym Zakładzie Broni i Amunicji) w Instytucie Techniki Uzbrojenia WML WAT oraz rozpoczął kształcenie w Szkole

Doktorskiej WAT. W 2022 r. został wyznaczony na stanowisko starszego inżyniera oraz awansowany na stopień kapitana.

W zakresie działalności naukowej Doktorant brał udział w realizacji 15 prac naukowo-badawczych, w tym w czterech uczelnianych grantach badawczych, w których był jednym z głównych wykonawców.

Jest współautorem 2 artykułów naukowych (będących efektami realizacji części rozprawy doktorskiej) opublikowanych w punktowanych czasopismach z listy MNiSW.

Wspomniane artykuły były zacytowane 4 razy (bez autocytowań), a Jego h-indeks wynosi 2 – dla RG. Ponadto jest współautorem 11 referatów zaprezentowanych na międzynarodowych kongresach i konferencjach naukowych:

Należy podkreślić, że jest również współautorem następującego patentu: D. Goździk, M. Zahor, R. Woźniak, M. Morawski (udział 5%), Stanowisko do badania odrzutu zamka, Polska, Patent PL 247883, 2025.

Obecnie jest członkiem trzech komisji nadzorujących realizację badań eksploatacyjno-wojskowych nowego sprzętu wojskowego wprowadzanego do uzbrojenia Sił Zbrojnych RP.

W zakresie działalności dydaktycznej Doktorant dotychczas przeprowadził około 700 godzin zajęć z kandydatami na oficerów na studiach wyższych oraz kursantami na kursach doskonalących MON z przedmiotów: *Bezpieczeństwo eksploatacji środków bojowych; Budowa i eksploatacja sprzętu wojskowego; Eksploatacja i logistyka środków bojowych, Ewidencja środków bojowych; Konstrukcja, eksploatacja i przechowywanie środków bojowych; Konstrukcja i eksploatacja broni artyleryjskiej i uzbrojenia raketowego; Konstrukcja i eksploatacja broni i amunicji; Podstawy projektowania amunicji; Projektowanie amunicji; Projektowanie systemów uzbrojenia II; Realizacja zadań z zakresu gospodarki środków bojowych; Systemy zabezpieczenia materiałowego; Techniczne środki materiałowe; Technologia uzbrojenia i rakiet; Wprowadzenie do zagadnień gospodarki środków bojowych.*

Doktorant pełnił obowiązki sekretarza Komisji Obron Prac Dyplomowych dla 41 studentów. Był opiekunem 9 inżynierskich prac dyplomowych. Od 2024 r. pełni funkcję kierownika dydaktycznego kursu doskonalącego pt. „Gospodarka i eksploatacja środków bojowych”, a od 2025 r. pełni również funkcję Opiekuna Koła Naukowego Studentów Techniki Uzbrojenia (KNSTU).

Natomiast w zakresie działalności organizacyjnej Doktorant w roku akademickim 2022/2023 pełnił funkcję przewodniczącego Koła Naukowego Studentów Techniki Uzbrojenia. Z kolei od 2023 r. pełni funkcję kierownika Pracowni Środków Bojowych w Zakładzie Broni i Amunicji ITU WML WAT. Był członkiem Komitetu Organizacyjnego I Międzynarodowego

Kongresu Uzbrojeniowego (Kraków 2024) oraz jest członkiem Komitetu Organizacyjnego II Międzynarodowego Kongresu Uzbrojeniowego, który odbędzie się w 2026 r.

Ukończył 13 kursów i szkoleń specjalistycznych, w tym obecnie jest słuchaczem studiów podyplomowych pn. „*Kompetencje informatyczne nauczyciela akademickiego*”.

Kpt. mgr inż. Mateusz MORAWSKI za działalność naukową, dydaktyczną i organizacyjną był wielokrotnie wyróżniany, w tym nagrodą za zajęcie VII miejsca w „VII edycji konkursu o nagrodę im. Kazimierza Siemienowicza” za publikację konferencyjną z dziedziny techniki uzbrojenia i bezpieczeństwa dla młodych naukowców w 2020 r.

2. Krótka charakterystyka i rozważania dotyczące rozprawy

Rozprawa doktorska pt. „*Opracowanie i walidacja modelu działania układu automatyki broni z odrzutem zamka półswobodnego opóźnianego gazodynamicznie*” została napisana na 184 stronach wraz ze spisem 141 pozycji literatury (z czego 6 są współautorskimi pracami Doktora) uporządkowanych w kolejności odwołań; Spisu treści; Wykazu oznaczeń i skrótów; Wstępu; 7 Rozdziałów, Podsumowania (wniosków z otrzymanych wyników badań); Bibliografii i dwóch Załączników. Brak jest streszczeń w języku polskim i angielskim; a także wykazu rysunków i tabel.

Przedmiotem niniejszej recenzji jest część teoretyczno-obliczeniowa, ukierunkowana na opracowanie i walidację modelu matematycznego działania układu automatyki broni z odrzutem zamka półswobodnego opóźnianego gazodynamicznie

Rozprawa stanowi jedną z dwóch prac doktorskich powstałych w wyniku rozdzielenia uprzednio złożonego, zespołowego dzieła „Badania teoretyczne i doświadczalne broni działającej na zasadzie odrzutu zamka”, przygotowanego wspólnie z kpt. mgr. inż. Dawidem Goździkiem. W wyniku decyzji Rady dzieło to zostało rozdzielone na dwie odrębne dysertacje: pracę teoretyczno-modelową, której autorem jest kpt. mgr inż. M. Morawski, oraz pracę doświadczalną, której autorem jest kpt. D. Goździk.

Rozdział pierwszy (Wprowadzenie i analiza stanu wiedzy) zawiera uzasadnienie podjęcia tematyki badań oraz analizę aktualnego stanu wiedzy w zakresie automatycznej broni strzeleckiej, ze szczególnym uwzględnieniem układów opóźniania odrzutu. Przedstawiono klasyczne rozwiązania konstrukcyjne (odrzut swobodny, opóźniony mechanicznie i gazodynamicznie) oraz ich ograniczenia eksploatacyjne i konstrukcyjne. Wskazano, że układ odrzutu zamka półswobodnego opóźnianego gazodynamicznie (OZPOG) stanowi interesującą alternatywę dla powszechnie stosowanych rozwiązań, jednak jego opis matematyczny i analiza dynamiczna są

w literaturze przedmiotu niepełne. Zidentyfikowano lukę badawczą, polegającą na braku zwerifikowanych modeli matematycznych tego typu układów.

Rozdział drugi (Charakterystyka układu automatyki z OZPOG) W rozdziale drugim przedstawiono szczegółową charakterystykę konstrukcyjną i funkcjonalną układu automatyki broni działającej na zasadzie OZPOG. Omówiono zasadę działania układu, role poszczególnych zespołów oraz sekwencję zjawisk zachodzących podczas strzału. Szczególną uwagę poświęcono oddziaływaniu gazów prochowych w komorze gazowej oraz mechanizmowi opóźnienia ruchu zespołu odrzucanego. Rozdział ten stanowi podstawę do dalszego modelowania matematycznego, precyzując założenia fizyczne i konstrukcyjne analizowanego układu.

Rozdział trzeci (Założenia i sformułowanie modelu matematycznego) poświęcono sformułowaniu matematycznego modelu pracy układu OZPOG. Zdefiniowano zmienne stanu, parametry wejściowe oraz przyjęte uproszczenia modelowe. Opracowano równania ruchu zespołu odrzucanego, uwzględniając siły wynikające z ciśnienia gazów, sprężystości układu powrotnego oraz oporów ruchu. Opisano również model przepływu gazów prochowych w komorze gazowej oraz sposób ich oddziaływania na elementy układu. Rozdział ten ma charakter fundamentalny i stanowi rdzeń teoretyczny całej rozprawy.

Rozdział czwarty (Implementacja numeryczna modelu) zaprezentowano sposób implementacji opracowanego modelu matematycznego w środowisku obliczeniowym. Przedstawiono zastosowane metody numeryczne oraz algorytmy rozwiązywania równań różniczkowych opisujących dynamikę układu. Omówiono strukturę programu symulacyjnego oraz sposób wprowadzania danych wejściowych. Rozdział ten dowodzi, że opracowany model nadaje się do praktycznego wykorzystania jako narzędzie inżynierskie wspomagające proces projektowania broni.

Rozdział piąty (Badania symulacyjne układu OZPOG) zawiera wyniki badań symulacyjnych przeprowadzonych z wykorzystaniem opracowanego modelu. Przeanalizowano wpływ kluczowych parametrów konstrukcyjnych, takich jak masa zespołu odrzucanego, geometria otworu gazowego, charakterystyki sprężyny powrotnej oraz parametry balistyczne amunicji. Badania pozwoliły na określenie wrażliwości układu na zmiany poszczególnych parametrów oraz identyfikację tych, które w największym stopniu wpływają na stabilność i poprawność działania automatyki broni.

Rozdział szósty (Analiza wyników i ich omówienie) dokonano pogłębionej analizy wyników badań symulacyjnych. Przedyskutowano zależności pomiędzy parametrami wejściowymi a odpowiedzią układu, wskazując mechanizmy fizyczne odpowiedzialne za obserwowane zjawiska. Rozdział ten stanowi pomost pomiędzy częścią stricte modelową a późniejszą

weryfikacją eksperymentalną, umożliwiając interpretację wyników w kontekście rzeczywistych rozwiązań konstrukcyjnych.

Rozdział siódmy (Wnioski i kierunki dalszych badań) sformułowano wnioski wynikające z przeprowadzonych analiz teoretycznych i symulacyjnych. Potwierdzono możliwość skutecznego opisu pracy układu OZPOG za pomocą zaproponowanego modelu matematycznego. Wskazano również kierunki dalszych badań, w szczególności konieczność przeprowadzenia eksperymentalnej walidacji modelu, która została zrealizowana w kolejnej rozprawie doktorskiej Dawida Goździka. Podkreślono potencjał aplikacyjny opracowanego modelu w procesie projektowania nowoczesnej broni strzeleckiej.

Doktorant osadza tematykę rozprawy w kontekście współczesnych potrzeb Sił Zbrojnych RP, służb mundurowych oraz polskiego przemysłu zbrojeniowego. Wskazuje na rosnące wymagania dotyczące niezawodności, ergonomii i skuteczności broni strzeleckiej, szczególnie w odniesieniu do konstrukcji o wysokiej intensywności ognia, gdzie obciążenia cieplne i dynamiczne układu automatyki są szczególnie duże.

Na tym tle Autor precyzyjnie formułuje główny cel naukowy rozprawy, którym *jest opracowanie modelu matematycznego pracy układu z odrzutem zamka półswobodnego opóźnianego gazodynamicznie oraz jego walidacja z wykorzystaniem wyników badań eksperymentalnych*. Celowi temu podporządkowana jest cała struktura rozprawy, obejmująca siedem etapów badawczych odpowiadających kolejnym, opisanym powyżej, rozdziałom pracy.

We wprowadzeniu Autor wskazuje także na bardziej ogólny cel aplikacyjny: rozwinięcie i implementację metod numerycznych oraz narzędzi planowania eksperymentu (DoE – Design of Experiments) w procesach projektowania i badań uzbrojenia, co w zamyśle ma przyczynić się do wzrostu innowacyjności krajowych rozwiązań konstrukcyjnych.

W ocenie recenzenta cel pracy został sformułowany jasno, w sposób poprawny metodologicznie i osadzony w aktualnych wyzwaniach dyscypliny *Inżynieria mechaniczna* w obszarze techniki uzbrojenia.

Rozprawa jest przygotowana starannie pod względem edytorskim. Tekst napisany jest poprawną polszczyzną techniczną, z zachowaniem wymogów stylu naukowego. Użyta terminologia jest spójna i zgodna z obowiązującymi normami oraz literaturą fachową. W nielicznych miejscach pojawiają się drobne niekonsekwencje redakcyjne (np. miejscami różny sposób zapisu skrótów czy symboli), które jednak nie wpływają na zrozumiałość wywodu i mogą zostać bez trudu usunięte na etapie ewentualnej korekty wydawniczej.

Bibliografia jest obszerna i obejmuje zarówno podstawowe pozycje z zakresu budowy i eksploatacji broni strzeleckiej, jak i nowsze publikacje dotyczące metod analizy eksperymentalnej, planowania eksperymentu oraz modelowania procesów balistycznych. Autor uwzględnia również prace własne oraz współautorskie, związane z tematyką dysertacji. Układ rysunków, tabel i wzorów jest czytelny, a ich opisy – wystarczająco szczegółowe.

Nie stwierdziłem w rozprawie istotnych błędów formalnych, redakcyjnych ani merytorycznych. Tematyka pracy jest ambitna i ma wybitnie praktyczny charakter. Doktorant nie skupia się wyłącznie na zagadnieniach teoretycznych, lecz stawia czoła realnemu problemowi inżynierskiemu. Warto zaznaczyć, że zarówno opracowane metody jak i uzyskane wyniki cechują się oryginalnością, a opiniowaną rozprawę doktorską można umieścić w dyscyplinie *Inżynieria mechaniczna*.

3. Charakterystyka merytoryczna i ocena wartości naukowej pracy

Najistotniejszym elementem pracy jest opracowanie oryginalnego modelu matematycznego układu automatyki broni z odrzutem zamka półswobodnego opóźnianego gazodynamicznie. Autor wychodzi od szczegółowego modelu fizycznego, w którym:

- uwzględnia przepływ gazów prochowych z lufy do komory gazowej i z powrotem, – opisuje zmiany ciśnienia, temperatury i masy gazów w komorze z użyciem bilansów energii oraz bilansu masy,
- formułuje równania ruchu zespołu odrzucanego, w którym siły pochodzące od ciśnienia gazów, sprężyny powrotnej oraz oporów ruchu są powiązane z kinematyką zamka.

Model ten stanowi rozwinięcie wcześniejszych prac w dziedzinie automatyki broni z zamkiem swobodnym (OZS) i półswobodnym, lecz wprowadza dodatkowo element gazodynamicznego opóźnienia ruchu zespołu odrzucanego, co wymagało uzupełnienia opisu o sprzężony przepływ gazów między lufą a komorą gazową.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że Autor nie ogranicza się jedynie do formalnego sformułowania układu równań, lecz:

- jasno formułuje założenia upraszczające (m.in. jednowymiarowy przepływ gazów, pominięcie wybranych strat cieplnych itp.),
- konsekwentnie rozróżnia poszczególne fazy cyklu strzału,
- dba o spójność i jednoznaczność symboliki.

W opinii recenzenta, część modelowa jest merytorycznie poprawna, spójna i stanowi znaczący krok w kierunku ilościowego opisu układu OZPOG.



Cennym elementem dysertacji jest implementacja modelu w postaci oryginalnego programu komputerowego w środowisku MATLAB, służącego do rozwiązywania układu 41 równań różniczkowych i algebraicznych dla zadanego zestawu parametrów konstrukcyjnych i amunicyjnych.

Na tle typowych prac z obszaru techniki uzbrojenia wyróżnia się świadome i systematyczne zastosowanie metod planowania eksperymentu DoE. Doktorant w rozprawie:

- omawia podstawowe typy planów (dwuwartościowe, trójwartościowe, frakcyjne, kompozycyjne),
- wskazuje na korzyści ekonomiczne związane z redukcją liczby niezbędnych doświadczeń przy zachowaniu adekwatności funkcji aproksymującej,
- zwraca uwagę na fakt, że w literaturze przedmiotu praktycznie brak było aplikacji metod DoE do projektowania i badań broni strzeleckiej, co stanowi element nowości pracy.

Na tej podstawie konstruowane są funkcje aproksymujące wiążące wybrane wielkości wejściowe (np. parametry geometryczne otworu gazowego, masę zespołu odrzucanego, parametry ładunku miotającego) z wielkościami wyjściowymi (ciśnienie maksymalne, prędkość zespołu odrzucanego, itp.). Autor stosuje metody statystyczne (m.in. testy istotności współczynników, ocenę błędu średniokwadratowego, współczynnik korelacji wielokrotnej), wykazując dobre zrozumienie aparatu narzędziowego.

W recenzowanej pracy połączenie modelu fizycznego z DoE oraz analizą regresji nieliniowej należy uznać za nowoczesne i w pełni uzasadnione z punktu widzenia złożoności problemu badawczego.

Szczególnie mocną stroną dysertacji jest konsekwentne powiązanie modelu matematycznego z rzeczywistym układem doświadczalnym. Autor wykorzystuje wyniki badań przeprowadzonych na unikatowym, opatentowanym stanowisku laboratoryjnym do badania automatyki broni z OZPOG, zaprojektowanym i zrealizowanym w ramach równoległej pracy doktorskiej Dawida Goździka.

W trakcie walidacji modelu:

- porównywane są m.in. przebiegi ciśnienia w lufie i w komorze gazowej;
- analizowane są charakterystyki prędkości zespołu odrzucanego przy zmiennych parametrach konstrukcyjnych i ładunku miotającego;
- wykorzystuje się wyniki badań amunicji oraz zarejestrowane sygnały z przetworników ciśnienia i przemieszczenia.



Doktorant świadomie podchodzi do problemu obróbki sygnałów pomiarowych – zastosowanie zmodyfikowanego algorytmu Loess do wygładzania przebiegów ciśnienia i jednoczesnego wyznaczania ich pochodnej należy ocenić jako przykład odpowiedzialnego zastosowania współczesnych metod analizy danych.

Porównanie wyników modelu z danymi eksperymentalnymi wykazuje dobrą zgodność co do wartości maksymalnych i kształtu przebiegów, przy rozsądnych różnicach wynikających z przyjętych uproszczeń modelu i niepewności pomiarów. W ocenie recenzenta walidacja jest przekonująca i rzetelnie udokumentowana, co znacząco wzmacnia wiarygodność zaproponowanego modelu.

4. Oryginalność i wkład w rozwój dyscypliny

Za najważniejsze osiągnięcia naukowe i aplikacyjne recenzowanej rozprawy można, w przekonaniu recenzenta, uznać:

- 1) Opracowanie oryginalnego modelu fizyczno-matematycznego układu automatyki broni z OZPOG, zawierającego sprzężony opis przepływu gazów i ruchu zespołu odrzucanego, sformułowanego w postaci układu równań różniczkowych i algebraicznych.
- 2) Implementację modelu w środowisku MATLAB i przygotowanie narzędzia symulacyjnego mogącego służyć w procesie projektowania broni strzeleckiej korzystającej z omawianej zasady działania.
- 3) Zastosowanie metod planowania eksperymentu (DoE) w obszarze badań nad automatyką broni, co – jak podkreśla sam autor – dotychczas nie było szeroko reprezentowane w literaturze przedmiotu i stanowi istotny element nowości.
- 4) Rzetelną walidację modelu na podstawie wyników badań eksperymentalnych, co zwiększa jego potencjalną przydatność w praktyce inżynierskiej.

Z punktu widzenia praktycznego, opracowany model może zostać wykorzystany do następujących zagadnień:

- na etapie projektowania nowych konstrukcji broni z OZPOG,
- do analizy wpływu parametrów konstrukcyjnych na charakterystyki dynamiczne układu,
- do ograniczenia liczby eksperymentów koniecznych do wstępnej oceny koncepcji konstrukcyjnych, a tym samym do redukcji kosztów i czasu badań.

W połączeniu z eksperymentalnym stanowiskiem laboratoryjnym opisanym w pracach równoległych, całość dorobku w obszarze OZPOG stanowi zestaw narzędzi o znaczącym potencjale dla krajowego przemysłu obronnego.

5. Uwagi ogólne i krytyczne dotyczące rozprawy

Każda wartościowa praca naukowa rodzi również nowe pytania i otwiera pola do dyskusji. Rozprawa mgr. inż. Mateusza Morawskiego jest pracą bardzo dobrą, jednak chciałbym wskazać kilka obszarów, które mogłyby zostać potraktowane jako punkty wyjścia do dalszych badań lub które stanowią pewne uproszczenia w przyjętej metodologii. Nie umniejszają one wartości pracy, lecz stanowią naturalny element krytycznej dyskusji naukowej.

Do uwag i zastrzeżeń szczegółowych chciałbym zaliczyć:

- 1) W modelu matematycznym przyjęto szereg założeń (m.in. jednowymiarowy przepływ gazów, pominięcie części zjawisk cieplno-przepływowych). Warto byłoby nieco szerzej, w jednym miejscu, przedyskutować konsekwencje tych uproszczeń dla zakresu stosowalności modelu, wskazując bardziej wyraźnie sytuacje, w których jego wyniki mogą odbiegać od rzeczywistości.
- 2) Doktorant przeprowadza analizę wpływu wybranych parametrów na charakterystyki układu, korzystając z funkcji aproksymujących i wyników DoE. Z punktu widzenia zastosowań inżynierskich przydatne byłoby jeszcze bardziej wyeksponowanie, które z parametrów w największym stopniu determinują działanie układu – w formie podsumowującej tabeli lub rankingu.
- 3) W pracy bardzo starannie omówiono niepewność wyników pomiarowych oraz konieczność ich odpowiedniego przetworzenia. W przyszłości warto byłoby rozszerzyć analizę o formalne powiązanie niepewności pomiarów z niepewnością prognoz modelu (np. poprzez propagację niepewności wejściowych w modelu numerycznym).
- 4) W podsumowaniu modelu można by bardziej jednoznacznie zasygnalizować kierunki jego rozbudowy – np. uwzględnienie 3D rozkładu ciśnienia w komorze gazowej, bardziej zaawansowanych modeli spalania prochu czy nieliniowych właściwości sprężyny powrotnej.

Podkreślam, że są to uwagi drugorzędne, możliwe do uwzględnienia przy przygotowaniu ewentualnej publikacji książkowej lub artykułów rozszerzających prezentowane wyniki. Doktorant wykazał się także świadomością większości uproszczeń, co dodatkowo potwierdza jego dojrzałość naukową.

Ocenę dorobku naukowego Doktoranta w kontekście niniejszej rozprawy należy ocenić wysoko, bowiem w dysertacji oraz w bibliografii wyszczególniono szereg publikacji, których współautorem jest kpt. mgr inż. Mateusz Morawski. Obejmują one m.in.: artykuły dotyczące klasyfikacji broni działającej na zasadzie odrzutu zamka półswobodnego i opóźnianego gazodynamicznie, publikacje poświęcone wstępnym wynikom badań stanowiska laboratoryjnego i układu OZPOG oraz opracowania konferencyjne prezentujące zarówno aspekty modelowe, jak i eksperymentalne badanego układu.

Świadczy to o aktywności naukowej Doktoranta oraz o stopniowym, systematycznym rozwijaniu tematyki, której zwieńczeniem jest recenzowana rozprawa. Z punktu widzenia wymagań stawianych rozprawom doktorskim w dyscyplinie *Inżynieria mechaniczna*, dorobek ten należy ocenić jako w pełni wystarczający.

6. Podsumowanie i ocena końcowa rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa kpt. mgr. inż. Mateusza Morawskiego pt. „*Opracowanie i walidacja modelu działania układu automatyki broni z odrzutem zamka półswobodnego opóźnianego gazodynamicznie*” jest wartościowym i dojrzałym dziełem naukowo-technicznym. Podsumowując:

- Tematyka pracy jest aktualna i ważna dla rozwoju techniki uzbrojenia oraz krajowego przemysłu obronnego.
- Rozprawa zawiera oryginalne i kompletne rozwiązanie problemu badawczego, polegające na sformułowaniu i walidacji modelu matematycznego układu automatyki broni z odrzutem zamka półswobodnego opóźnianego gazodynamicznie.
- Zastosowane metody badawcze (modelowanie fizyczno-matematyczne, symulacje numeryczne, planowanie eksperymentu DoE, walidacja na podstawie badań eksperymentalnych) są odpowiednie i nowoczesne.
- Uzyskane wyniki cechuje spójność merytoryczna, wysoki poziom uogólnienia oraz znaczący potencjał aplikacyjny.
- Praca spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim w ustawie i odpowiednich aktach wykonawczych, a także wymogi środowiska naukowego dyscypliny *Inżynieria mechaniczna*.

Stwierdzam ponadto, że recenzowana rozprawa spełnia kryteria stawiane pracom doktorskim, wnosi istotny wkład w rozwój wiedzy w obszarze modelowania i badań automatycznej broni strzeleckiej, a jej Autora cechuje dojrzałość naukowa oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy badawczej.



Biorąc pod uwagę powyższe, uznaję, że rozprawa doktorska kpt. mgr. inż. Mateusza Morawskiego w pełni spełnia wymogi określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r. poz. 1668 z późn. zm.) stawiane pracom doktorskimi. Zatem wnoszę o dopuszczenie mgr. inż. Mateusza Morawskiego do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

Jednocześnie, ze względu na wysoki poziom merytoryczny, innowacyjność metodologiczną oraz kluczowe znaczenie aplikacyjne uzyskanych wyników dla rozwoju polskiej techniki uzbrojenia, wnoszę aby Rada Naukowa Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Wojskowej Akademii Technicznej rozważyła możliwość **wyróżnienia** niniejszej dysertacji.

Zoruba

