

prof. dr hab. inż. Mariusz Magier  
Wydział Mechaniczny Technologiczny  
Politechnika Warszawska  
ul. Narbutta 85  
02-524 Warszawa

Warszawa, 18.03.2024r.

## **RECENZJA**

rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Damiana SZUPIEŃKO  
**p.t. „Teoretyczne i doświadczalne badania automatycznej broni palnej działającej na  
zasadzie odrzutu lufy”**

wykonanej w Wojskowej Akademii Technicznej  
pod kierownictwem dr. hab. inż. Ryszarda WOŹNIAKA, prof. WAT

### **1. Wprowadzenie**

Problematyka badań automatycznej broni palnej w zakresie m.in. parametrów balistyki wewnętrznej, kinematyki i dynamiki ruchomych części i zespołów broni czy wpływu jej konstrukcji na charakterystyki taktyczno-techniczne jest szczególnie ważna w aspekcie optymalizacji procesów projektowania nowych wzorów uzbrojenia. Optymalny dobór masy i kształtu elementów broni uzależniony jest przede wszystkim od przyjętej zasady jej działania, parametrów wytrzymałościowych materiałów konstrukcyjnych szczególnie w zakresie obciążeń zmęczeniowych, a przede wszystkim od poprawnie przyjętych modeli obliczeniowych konstrukcji (matematycznego i fizycznego) oraz przeprowadzeniu szerokich badań analitycznych, numerycznych i laboratoryjnych modeli i prototypów.

Omówione szczegółowo w niniejszej pracy badania teoretyczne i doświadczalne automatycznej broni strzeleckiej działającej na zasadzie krótkiego odrzutu lufy dotyczą szerokiego spectrum wzorów broni mała i średniokalibrowej, powszechnie stosowanej w uzbrojeniu wojska i innych służb mundurowych. Jednym z głównych elementów konstrukcyjnych tego typu broni automatycznej jest zespół lufa-zamek, którego działanie

podczas zjawiska bezpośrednio związane z tematem badawczym podejmowanym w niniejszej rozprawie. Chociaż zespół ten nie charakteryzuje się szczególnie skomplikowaną budową (oczywiście w zależności od przyjętego typu ryglowania), jego rola w procesie działania układu automatyki broni jest istotna, ponieważ jego głównym zadaniem jest zapewnienie niezawodnego działania broni podczas prowadzenia ognia z wymaganą celnością, przy zachowaniu odpowiedniej trwałości i bezpieczeństwa użytkowania broni przy założonym czasie jej eksploatacji. Znamionym jest fakt, iż tematyka przedmiotowej rozprawy odpowiada wymaganiom sformułowanym w dokumencie „Priorytetowe Kierunki Badań Naukowych w Resorcie Obrony Narodowej w latach 2021–2035”, w obszarze technologicznym 8 Technologie materiałowe i wytwarzania, podobszarze 8.2. Technologie materiałów balistycznych, technologii 8.2.2. Technologia produkcji broni strzeleckiej o dużej intensywności ognia. Stąd istotnym celem poznawczym rozprawy jest opracowanie i zwalidowanie modelu matematycznego pracy automatyki broni działającej na zasadzie krótkiego odrzutu lufy co umożliwia optymalizację procesu projektowania i konstruowania nowych wzorów uzbrojenia.

## **2. Omówienie treści rozprawy**

Praca składa się z 139 stron i z 8 zasadniczych rozdziałów oraz wykazu bibliografii zawierającej 81 pozycji w kolejności występowania odwołań w tekście rozprawy.

Przedstawiona rozprawa przedstawia oryginalne wyniki badań wraz z analizą ich warunków wykonywania umożliwiającą oszacowanie wpływu poszczególnych badanych czynników na wiarygodność uzyskiwanych wyników badań.

We wstępie autor dokonał identyfikacji celu podjętych w dysertacji badań naukowych w postaci przeprowadzenia teoretycznych i doświadczalnych badań automatycznej broni palnej działającej na zasadzie krótkiego odrzutu lufy z przyspieszaczem krzywkowo-dźwigniowym, pod kątem opracowania i zwalidowania modelu matematycznego pracy automatyki tego typu broni.

W rozdziale I autor zaprezentował analizę stanu techniki w dziedzinie automatycznej broni palnej działającej na zasadzie odrzutu lufy. Objęła ona nie tylko szczegółowy opis wybranych konstrukcji broni zawierających analizę rozwiązań w zakresie realizacji odrzutu lufy, ale także analizę istniejących publikacji dotyczących problemu modelowania pracy automatycznej broni palnej.

W rozdziale II autor przedstawił zasadę działania układu automatyki z krótkim odrzutem lufy z przyspieszaczem typu krzywkowo-dźwigniowego. Szczegółowo opisał model fizyczny i



matematyczny, wyprowadzając odpowiednie równania ruchu elementów układu zamek-lufa dla sześciu wyróżnionych etapów pojedynczego cyklu strzału. Nadmienić tu należy, że opracowany model matematyczny układu zamek-lufa z przyśpieszaczem typu krzywkwowodźwigniowego może być zastosowany do budowy modelu matematycznego broni z zamkiem półswobodnym.

W rozdziale III autor omówił model balistyki wewnętrznej badanego układu konstrukcyjnego broni, służący do wyznaczenia teoretycznych wartości prędkości pocisku w przewodzie oraz krzywych ciśnienia mieszaniny gazowo-prochowej w przestrzeni zapociskowej. Rozwiązanie Problemu Głównego Balistyki Wewnętrznej (PGBW) oparto na modelu termodynamicznym wg STANAG 4367. Zawarte w tym rozdziale równania wraz z równaniami modelu matematycznego działania układu automatyki broni z krótkim odrzutem lufy, posłużyły doktorantowi do opracowania programu obliczeniowego w środowisku MATLAB, służącego do rozwiązania PGBW oraz do wyznaczenia charakterystyk kinematycznych ruchu układu zamek-lufa.

W rozdziale IV autor przedstawił wyniki eksperymentalne dotyczące określenia charakterystyk energetyczno-balistycznych materiałów miotających zastosowanych w amunicji 12,7x99 mm, wytypowanej wraz z karabinem M2HB do badań doświadczalnych, a będących przedmiotem dysertacji.

W rozdziale V przedstawił on wyniki badań balistycznych materiałów inicjujących (spłonek) zastosowanych w amunicji 12,7x99 mm, do których wykorzystano autorską konstrukcję komory manometrycznej. Badania przeprowadzono w celu określenia wartości ciśnienia zapłonu.

W rozdziale VI autor opisał wyniki badań balistycznych kompletnej amunicji 12,7x99 mm dla wybranych dwóch partii produkcyjnych. Na ich podstawie wyznaczono prędkości pocisków na dystansie 5 m oraz eksperymentalne przebiegi ciśnienia mieszaniny gazowo-prochowej w lufie.

W rozdziale VII autor zaprezentował wyniki badań eksperymentalnych układu automatyki wybranej do badań broni – przebiegi przemieszczenia i prędkości ruchu zasadniczych elementów badanego układu.

Rozdział VIII zawiera wyniki walidacji przyjętego modelu teoretycznego PGBW oraz opracowanego modelu działania układu automatyki broni z krótkim odrzutem lufy. Dodatkowo doktorant wykonał numeryczną weryfikację poprawności działania modelu matematycznego

broni z krótkim odrzutem lufy z wykorzystaniem metody układów wieloczłonowych w środowisku MSC Adams.

W podsumowaniu autor zawarł m.in. syntetyczne podsumowanie wyników zrealizowanych badań, dowodzące spełnienia celu naukowego dysertacji, którym było opracowanie i zwalidowanie modelu matematycznego pracy automatyki broni palnej działającej na zasadzie krótkiego odrzutu lufy z przyspieszaczem krzywkowo-dźwigniowym. Ponadto szczegółowo omówił uzyskane wyniki potwierdzając poprawność przyjętej metodyki budowy modelu matematycznego działania broni oraz poprawność przyjętego zmodyfikowanego modelu rozwiązania PGBW wg STANAG 4367, co znalazło potwierdzenie w wiernym odwzorowaniu eksperymentalnie uzyskanych przebiegów prędkości ruchu elementów badanego układu broni automatycznej w stosunku do wyników modelowania.

Zakończenia pracy tworzą szerokie zestawienie literatury cytowanej w niniejszej rozprawie oraz wykaz podstawowych parametrów aparatury wykorzystanej w badaniach.

### **3. Ocena merytoryczna rozprawy**

Do najważniejszych wyników analiz i badań zawartych w rozprawie doktorskiej Pana mgr. inż. Damiana Szupieńko należy zaliczyć:

- a. Opracowanie autorskiego modelu matematycznego działania automatyki broni palnej z krótkim odrzutem lufy z przyspieszaczem dźwigniowo-krzywkowym, który może posłużyć do projektowania nowych wzorów uzbrojenia wykorzystujących przedmiotową zasadę działania broni, także w układach z zamkiem półswobodnym,
- b. Implementację zmodyfikowanego modelu rozwiązania PGBW wg STANAG 4367 wraz z opracowanym w/w modelem matematycznym działania broni w oprogramowaniu symulacyjnym, co umożliwiło uzyskanie poprawnego odwzorowania zachowania się układu automatyki broni w warunkach rzeczywistych,
- c. Wykonanie kompleksowych badań eksperymentalnych parametrów energetyczno-balistycznych wybuchowych materiałów inicjujących zaelaborowanych w spłonkach amunicji 12,7x99 mm za pomocą specjalnie zaprojektowanej i wykonanej do celu realizacji tych badań mikrokomory manometrycznej. Na podstawie wyników tych badań stwierdzono odmienną przebiegu procesu zapłonu ładunku prochowego w warunkach rzeczywistych w porównaniu do założeń w modelu termodynamicznym,
- d. Doświadczalne określenie funkcji kształtu ziarna prochowego dla badanego układu balistycznego,



- e. Zwaliowanie opracowanych i przyjętych modeli matematycznych i rozwiązania PGBW w formie badań laboratoryjnych strzelaniem, co potwierdziło słusność przyjętych przez doktoranta założeń matematycznych i fizycznych, dotyczących analizowanego układu mechanicznego broni z krótkim odrzutem lufy,
- f. Identyfikację zjawiska „wyprzedzania” przez cząstki stałe gazowych produktów spalania podczas badania materiału inicjującego spłonek naboju.

Uważam, że zakres analiz teoretycznych i badań eksperymentalnych wykonanych przez Autora, jest znaczny i wystarczający dla uzasadnienia postawionego celu pracy. Przyjęto odpowiednie metody badawcze.

Temat pracy precyzyjnie odpowiada zawartej w niej treści.

Układ pracy, proporcje treści zawartej w poszczególnych rozdziałach, a także styl i układ graficzny stanowią logiczną całość.

W zakresie merytorycznej oceny rozprawy, można uznać, że założony zakres pracy został zrealizowany.

Uwagi szczegółowe:

- na stronie 65 w tabeli 5 należy poprawić jednostkę siły prochu  $f$  na [kJ/kg];
- na stronie 65 pod tabelą 5 autor sformułował tezę, że wartość kowolumenu gazów prochowych  $\eta$  na niewielki wpływ na wartość uzyskiwanego ciśnienia maksymalnego oraz prędkość początkową. Proszę o uzasadnienie tego stwierdzenia;
- do rejestracji procesu pracy automatyki broni wykorzystano kamerę do zdjęć szybkich Phanom v1612 z szybkością rejestracji 4000 klatek na sekundę (tj. z krokiem czasowym 250  $\mu$ s), zaś podczas modelowania w środowisku Adams symulacje wykonano z krokiem czasowym 50  $\mu$ s. Czy te rozbieżności mogły mieć znaczący wpływ na różnice w uzyskanych eksperymentalnie i teoretycznie przebiegach prędkości badanych elementów broni? Pytanie dotyczy szczególnie fluktuacji na wykresach uzyskanych eksperymentalnie.

#### **4. Podsumowanie**

Recenzowana dysertacja stanowi oryginalne dzieło naukowe, którego wyniki można wykorzystać w pracach naukowo-badawczych związanych z badaniami i projektowaniem broni

automatycznej działającej na zasadzie krótkiego odrzutu lufy z przyspieszaczem dźwigniowo-krzywkowym.

Uzyskanie wyniku pracy wykonanej przez Pana mgr.inż. Damiana Szupieńko w sposób oczywisty potwierdzają założony cel pracy.

Aplikacyjny charakter uzyskanych wyników badań teoretycznych i eksperymentalnych zrealizowanych w przedmiotowym doktoracie pozwala na stwierdzenie, że mogą one znaleźć z powodzeniem praktyczne zastosowanie w procesie doskonalenia metod i metodyk badań broni strzeleckiej, jej procesów projektowania oraz stanowić istotny element wsparcia dydaktycznego na kierunkach studiów kształcących przyszłych inżynierów o specjalności uzbrojenie.

Doktorant podczas realizacji pracy wykazał się bardzo dobrą znajomością podstaw teoretycznych dotyczących metod modelowania i badań automatycznej broni palnej czy zjawisk termodynamicznych zachodzących podczas procesów spalania ładunków miotających naboju scalonych.

Uwzględniając podstawowe elementy recenzowanej rozprawy doktorskiej takiej jak:

- oryginalne wyniki badań eksperymentalnych;
- interdyscyplinarność przedmiotowego problemu;
- zastosowanie opracowanej metodyki, wyników badań i analiz teoretycznych w rozwoju technik projektowych i badawczych automatycznej broni palnej;

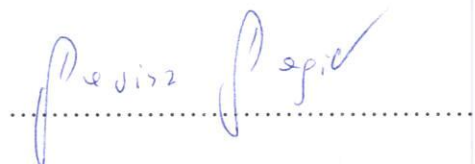
oceniam rozprawę doktorską Pana mgr. inż. Damiana Szupieńko pozytywnie.

## **5. Ocena końcowa rozprawy**

Rozprawę doktorską Pana mgr. inż. Damiana Szupieńko oceniam wysoko, ze względu na oryginalność własnego osiągnięcia naukowego. Praca charakteryzuje się wysokimi walorami poznawczymi i użytkowymi (możliwość wdrożenia jej wyników w projektowaniu systemów automatycznej broni palnej) oraz świadczy o bardzo dobrym przygotowaniu merytorycznym Autora, który wykazał się obszerną wiedzą ogólną z mechaniki, modelowania oraz szczegółową dotyczącą metod badań broni palnej, a także dowiódł swojej dojrzałości naukowej podczas formułowania zagadnień, realizacji rozwiązań i redagowania odpowiednich wniosków. Świadczy to o bardzo dobrym przygotowaniu Pana mgr. inż. Damiana Szupieńko do prowadzenia twórczych prac naukowo-badawczych.

Podsumowując stwierdzam, że opiniowana praca doktorska Pana mgr. inż. Damiana Szupieńko pod tytułem „Teoretyczne i doświadczalne badania automatycznej broni palnej działającej na zasadzie odrzutu lufy” spełnia wymogi stawiane pracom na stopień doktora nauk inżynieryjno-technicznych, w rozumieniu art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, Dz. U. nr 65, poz. 595 (z późniejszymi zmianami) oraz ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018, poz. 1668). Wnioskuje zatem do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynierii Mechanicznej Wojskowej Akademii Technicznej o dopuszczenie Pana mgr inż. Damiana Szupieńko do publicznej obrony jak również procedowanie kolejnych etapów w zakresie ubiegania się przez Doktoranta o stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna.

Doceniając jednocześnie wysoki poziom zaprezentowanej rozprawy, szeroki zakres prac oraz wykorzystanie nowoczesnych metod badawczych, a także aktualność podjętej tematyki i uzyskane perspektywiczne wyniki mogące mieć zastosowanie praktyczne, a także dorobek naukowy Doktoranta potwierdzający wysoką jakość warsztatu badawczego (10 publikacji powiązanych tematycznie z celem rozprawy, w tym 6 punktowanych - sumaryczny IF = 11,5) wnioskuje do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynierii Mechanicznej Wojskowej Akademii Technicznej o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Damiana Szupieńko.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Paweł Szupieńko', is written over a horizontal dotted line.