

## RECENZJA

### Rozprawy doktorskiej mgr inż. Jakuba MICHALSKIEGO

#### pt. „BADANIA PIROSTATYCZNE MATERIAŁÓW MIOTAJĄCYCH Z WYKORZYSTANIEM PLAZMOWEGO UKŁADU ZAPŁONOWEGO”

Od kilkunastu lat w armiach wielu państw stosowaną dotychczas amunicję klasyczną sukcesywnie zastępuje amunicja o zmniejszonej wrażliwości na bodźce mechaniczne i termiczne. Dotyczy to zarówno amunicji w artylerii jak i innych rodzajach wojsk. Ma to niewątpliwy wpływ na zwiększenie bezpieczeństwa transportu i magazynowania tej amunicji. Materiały miotające użyte w tego typu amunicji są mniej wrażliwe na pobudzenie, stąd prowadzenie prac nad opracowaniem nowych układów zapłonowych. Dlatego tematyka rozprawy doktorskiej mgr inż. Jakuba Michalskiego jest ważna, wpisuje się w bardzo aktualny nurt badań, dotyka zagadnień szczególnie istotnych dla rozwoju amunicji małowrażliwej. Tematyka pracy mieści się w zakresie dyscypliny naukowej, w której otwarty został przewód doktorski.

Rozprawa doktorska została przedstawiona na 117 stronach, w 4 rozdziałach, związanym podsumowaniem końcowym i wnioskami oraz spisem literatury, tabel i rysunków. Prezentowany w rozprawie przegląd literatury obejmuje 51 pozycje, w tym 6 współautorskich prac własnych, z których 1 opublikowana w materiałach raportowanych na liście JCR. Jest to: Comparative analysis of the effects of Gunpowder and plasma ignition in closed vessel tests, by: R. Trębiński, Z. Leciejewski, Z. Surma and J. Michalski: Defence Technology, Vol. 15, 5, pp.668-673, 2019. Treść rozprawy poprzedza spis oznaczeń i wykaz skrótów. Szkoda tylko, że przy wielkościach nie znalazły się również jednostki. Na początku rozprawy jest krótkie wprowadzenie do jej problematyki oraz przedstawiony cel główny i cele cząstkowe.

W rozdziale I.

Doktorant na podstawie analizy literatury związanej z tematyką pracy przedstawia wykorzystanie plazmy w balistyce zewnętrznej w istniejących

rozwiązaniach konstrukcyjnych. Podaje przykłady zastosowania generatorów plazmy w pirodynamice. Doktorant dokonał również przeglądu opatentowanych rozwiązań dotyczących zarówno generatorów plazmy jak i amunicji. Dzięki czemu mógł uzyskać więcej informacji dotyczących poruszanej w rozprawie problematyce.

## Rozdział II.

Poświęcony jest opracowaniu stanowiska badawczo-pomiarowego do badań pirostatycznych z wykorzystaniem generatora plazmy typu CPG. Przedstawiona jest koncepcja generatora, następnie szczegółowy opis opracowanego układu. Dokonano wyboru materiału inicjującego powstawanie plazmy w generatorze, określono warunki pracy układu generatora plazmy. Przedstawiono stanowisko badawczo-pomiarowe do przeprowadzenia badań pirostatycznych, którego celem był pomiar ciśnienia gazów powstałych ze spalania prochu. Dokonano również oceny dokładności układu pomiarowego oraz statystycznej oceny rozrzutu wyników pomiaru ciśnienia.

## Rozdział III.

Obejmuje eksperymentalne badania wstępne układów zapłonowych wykorzystujących proch czarny i plazmę jako medium zapłonowe. Na podstawie rejestracji kamerą zdjęć szybkich porównano czas generacji impulsu zapłonowego czarnoprochowego i plazmowego. Dokonano pomiaru ciśnienia generowanego przez układ plazmowy na opracowanym stanowisku do badań pirostatycznych. Przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych efektu rozchodzenia się plazmy, uzyskanych na stanowisku, z symulacją komory spalania. Stanowisko do tych badań mogło być rozbudowane o rejestrację efektu rozchodzenia się plazmy za pomocą kamery termowizyjnej. Nowoczesne kamery termowizyjne mają możliwość zapisu sekwencji termograficznych z częstotliwością 30 kHz przy czułości termicznej poniżej 20 mK. Co pozwala na obrazowanie bardzo subtelných zmian temperatury. Kamery termowizyjną można była również użyć do bezkontaktowego pomiaru temperatury par między pokrywających ziarna prochu w trakcie eksperymentu. Byłoby to możliwe przy innym rozwiązaniu konstrukcyjnym symulującym komorę spalania.

## Rozdział IV.

Stanowi najistotniejszą i najobszerniejszą część dysertacji (ok. 40 stron). Przedstawiono w nim badania eksperymentalne przeprowadzone na stanowisku badawczo-pomiarowym opisanym w rozdziale II. W badaniach tych zastosowano w

celach porównawczych zapłon czarnoprochowy i plazmowy. Jako materiał badawczy użyto trzech rodzajów prochu (jednobazowego, dwubazowego i małowrażliwego kompozytowego). Zaprezentowano szeroki zakres przeprowadzonych badań oraz ich analizę. W analizie wyników skupiono się głównie na fazie zapłonu. Dokonano analizy 10 różnych parametrów. Przebiegi zmian wartości rejestrowanych parametrów przedstawionych na wykresach są szczegółowo analizowane oraz określone i interpretowane przyczyny takich reakcji. Zaobserwowano różnice w wynikach przedstawionych w danych literaturowych w porównaniu z uzyskanymi wynikami z badań eksperymentalnych. Własne badania eksperymentalne przeprowadzone przez Doktoranta były zrealizowane przy znacznie niższej energii wyładowania. Wyniki badań własnych zawierają interesujące informacje dotyczące między innymi: funkcji kształtu dla różnych gęstości ładowania, czasu osiągnięcia ciśnienia maksymalnego dla obu zapłonów, oszacowania warstwy przegrzanej prochu w funkcji gęstości załadowania, oddziaływania promieniowania UV na powierzchnię prochu, dynamicznej żywotności prochu zarówno w fazie rozpalania się ziarna jak i w całym procesie. Wskazane zostały istotne różnice występujące zarówno dla przebadanych prochów jak i rodzaju zapłonu.

Na zakończenie dysertacji Doktorant dokonał końcowego podsumowania, przedstawił ogólne wnioski wynikające z przeprowadzonych badań eksperymentalnych. Przedstawił zakres i kierunki prac badawczych, jakie zamierza podjąć w celu kontynuacji tej problematyki. Szczególnie interesujące z punktu widzenia praktycznego zastosowania wyników pracy wydaje się przebadanie wpływu rodzaju zapłonu na zjawisko strzału.

Z przedstawionej rozprawy wynika, że podjęty temat ma zarówno znaczenie poznawcze jak i praktyczne. Przyjęty w pracy sposób postępowania należy uznać za właściwy, a zastosowane narzędzia i metody są adekwatne do zakresu rozprawy.

Za osiągnięcia doktoranta należy uznać:

1. Opracowanie generatora plazmy CPG.
2. Opracowanie stanowiska do badań pirostatycznych materiałów miotających.
3. Wyznaczenie wykresów dynamicznej żywości prochów.
4. Analizę wpływu rodzaju zapłonu na początkowy etap procesu spalania prochów.
5. Wnikliwą analizę wyników badań eksperymentalnych.

Rozprawa jest napisana starannie, szata graficzna jest przejrzysta, a język pracy jest poprawny, ale zdarzają się nieliczne błędy językowe np.:

- str. 26, wiersz 9 – jest „2 gramy” a powinno być „2 gramów” ponieważ rzeczownik „gram” w dopełniaczu liczby mnogiej przyjmuje zawsze formę „gramów”.

**Przedstawione uwagi dyskusyjne i krytyczne mają znaczenie drugorzędne i nie wpływają na pozytywną ocenę przedstawionej rozprawy doktorskiej.** Sądzę, że postawione problemy mogą być wykorzystane w kolejnych etapach badań.

**Reasumując.**

Przedstawiona rozprawa stanowi raport z przeprowadzonych badań i pozwala na stwierdzenie, że mgr inż. Jakub Michalski wykazał, że cel główny rozprawy, jakim było zbadanie wpływu zapłonu plazmowego wytwarzanego przez układ o niskiej energii wyładowania na dynamikę procesu spalania materiałów miotających został w pełni zrealizowany. Doktorant wykazał się przy tym szeroką wiedzą z balistyki wewnętrznej, materiałów miotających, umiejętnościami analizy wyników badań oraz w prowadzeniu badań eksperymentalnych.

**Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że przedstawiona do recenzji dysertacja spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim w Ustawie o Stopniach i Tytułach Naukowych i wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

Wnoszę również o wyróżnienie pracy doktorskiej Pana mgr inż. Jakuba Michalskiego z uwagi na kompleksowość przeprowadzonych badań eksperymentalnych i analiz, oryginalność zastosowanych technik eksperymentu oraz duże znaczenie aplikacyjne uzyskanych wyników.

  
prof. dr hab. inż. Waldemar ŚWIDERSKI