

prof. dr hab. inż. Tadeusz Bohdal  
Politechnika Koszalińska  
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Energetyki  
Katedra Energetyki  
ul. Raławicka 15-17  
75-620 Koszalin

Koszalin, 28.08.2025 r.

## **Recenzja**

**wniosku o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna dr inż. Zbigniewowi Surmie na podstawie monografii naukowej pt.:**

**„Uogólniony model termodynamiczny balistyki wewnętrznej  
układów miotających lufowej broni palnej”,**

**cyklu powiązanych tematycznie dwunastu artykułów i referatów naukowych pod wspólnym tytułem.:**

**„Modelowanie, symulacja i badania zjawisk balistyki  
nietypowych układów miotających”**

oraz opinia o dorobku naukowo-badawczym, dydaktycznym, organizacyjnym i popularyzującym naukę Kandydata, wykonana na podstawie zlecenia sekretarza Rady Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Mechaniczna” Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie dr inż. Adama Woźniaka z dnia 15 lipca 2025 roku (pismo DRKN.Z2.400.67.2025).

### **1. Wstęp**

Dr inż. Zbigniew Dariusz Surma urodził się 23 maja 1969 roku w Terespolu. W latach 1988 ÷ 1993 studiował na Wydziale Elektromechanicznym w Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego w Warszawie uzyskując w 1993 roku tytuł magistra inżyniera elektromechanika w specjalności uzbrojenie wojsk lądowych.

W 2001 roku uzyskał stopień doktora nauk technicznych nadany uchwałą Rady Wydziału Uzbrojenia i Lotnictwa Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie, na podstawie rozprawy zatytułowanej „*Doświadczalna weryfikacja i modyfikacja równań balistyki wewnętrznej*”. Praca doktorska została obroniona w dyscyplinie mechanika (specjalność balistyka wewnętrzna). Promotorem w tej rozprawie był prof. dr hab. inż. Stanisław Torecki, a recenzentami: prof. dr hab. inż. Janusz Terpiłowski i dr hab. inż. Bogdan Zygmunt.

Kandydat w latach 1994 ÷ 1996 pracował na stanowisku inżyniera, a od 1996 roku pracuje do dzisiaj kolejno jako asystent i adiunkt badawczo-dydaktyczny w Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie (do 2002 na Wydziale Uzbrojenia i Lotnictwa, później na Wydziale Mechatroniki). W latach 1998 ÷ 2017 pełnił funkcję kierownika Laboratorium Balistyki, w latach 2020 ÷ 2021 był kierownikiem Zakładu Artylerii i Balistyki a od 2021 roku jest kierownikiem Laboratorium Artylerii i Balistyki Wojskowej Akademii Technicznej.

## 2. Ocena osiągnięcia naukowego

Podstawą do ubiegania się dr inż. Zbigniewa Surmy o stopień doktora habilitowanego nauk inżyniersko-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna jest monografia naukowa oraz cykl powiązanych tematycznie dwunastu artykułów naukowych. Wszystkie prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego były zrealizowane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych.

Jest to zbiór Jego prac wykonanych w latach 2004 ÷ 2024:

1. Z. Surma, *Uogólniony model termodynamiczny balistyki wewnętrznej układów miotających lufowej broni palnej*, Wydawnictwo Wojskowej Akademii Technicznej, Warszawa 2024 (monografia);
2. Z. Surma, S. Torecki, R. Woźniak, *Model balistyczny układu miotającego z odprowadzeniem gazów prochowych*, Biuletyn Wojskowej Akademii Technicznej, vol. LIV, nr 11, 2005;
3. Z. Surma, S. Torecki, R. Woźniak, *The ballistic model of the gun propulsion system with outflow of propellant gases*, VIIth Symposium on Weapon System, Brno 2005;
4. S. Torecki, Z. Surma, R. Woźniak, *Napęd suwadła broni automatycznej w powylotowym okresie strzału*, Biuletyn Wojskowej Akademii Technicznej, vol. LV, nr 3, 2006;
5. G. Leśnik, Z. Surma, S. Torecki, R. Woźniak, *Termodynamiczny model działania broni z odprowadzeniem gazów prochowych w okresie napędzania suwadła*, Biuletyn Wojskowej Akademii Technicznej, vol. LVIII, nr 3, 2009;
6. Z. Surma, Ł. Szmit, S. Torecki, R. Woźniak, *Model matematyczny podrzutu broni działającej na zasadzie odprowadzenia gazów*, Problemy Mechatroniki. Uzbrojenie, Lotnictwo, Inżynieria bezpieczeństwa, vol. 1, zeszyt 2, 2010;
7. Z. Surma, Ł. Szmit, S. Torecki, R. Woźniak, *Simulations of weapon turn by example 5,56 mm automatic carbine*, VIth International Symposium on Defence Technology 2010, Budapest 2010;
8. Z. Surma, Ł. Szmit, S. Torecki, R. Woźniak, *Niektóre wyniki badań symulacyjnych wpływu charakterystyk konstrukcyjnych karabinka automatycznego na jego odrzut i podrzut*, Problemy Mechatroniki. Uzbrojenie, Lotnictwo, Inżynieria Bezpieczeństwa, vol. 2, zeszyt 2, 2011;
9. Z. Surma, *Termodynamiczny model balistyki wewnętrznej pneumatycznego układu miotającego*, Biuletyn Wojskowej Akademii Technicznej, vol. LXII, nr 3, 2013;
10. J. Janiszewski, Z. Surma, M. Grązka, *Helowy układ miotający*, Problemy Mechatroniki. Uzbrojenie, Lotnictwo, Inżynieria Bezpieczeństwa, vol. 2, zeszyt 3, 2011;
11. P. Płatek, M. Grązka, J. Janiszewski, Z. Surma, K. Sybilski, *Badania eksperymentalno-numeryczne zjawiska pęknięcia membrany aluminiowej*, Mechanik, nr 7, 2011;



12. B. Zygmunt, Z. Surma, Z. Leciejewski, K. Motyl, T. Rasztabiga, *Modelling and verification of solid propellant rocket motor operation*, Central European Journal of Energetic Materials, 13(4), 2016;
13. Z. Surma, Z. Leciejewski, *Ballistic analysis of missile propulsion in a perforated barrel of launcher*, Central European Journal of Energetic Materials, 17(4), 2020.

Przedstawiony do oceny dorobek Habilitanta dotyczy badania zjawisk balistyki układów miotających. Podjęta tematyka badań wynika z zapotrzebowania na nowe rodzaje broni i amunicji, co wymusza rozwijanie metod ich projektowania oraz prowadzenia badań w tym zakresie. Procesem poprzedzającym projektowanie broni palnej oraz stosowanej do niej amunicji jest tzw. analiza balistyczna, obejmująca badanie zjawiska strzału od chwili jego zainicjowania do chwili trafienia celu lub upadku pocisku. Badane przez Habilitanta zagadnienia dotyczą zjawisk balistyki wewnętrznej zachodzących podczas strzału w układach miotających lufowej broni palnej, w których źródłem energii jest stały materiał miotający, tzw. proch. Prowadzona analiza w zakresie balistyki wewnętrznej sprowadza się do wyznaczenia charakterystyk strzału, w szczególności ciśnienia gazów prochowych oraz prędkości i drogi napędzanego pocisku w przewodzie lufy broni, w funkcji czasu lub przebytej drogi. Wyniki rozwiązania problemu głównego balistyki wewnętrznej stanowią podstawę analizy i oceny: działania układu miotającego broni pod kątem spełnienia wymagań taktyczno-technicznych, dotyczących, m.in. ciśnienia maksymalnego, odrzutu, podrzutu i obrotu broni, wytrzymałości luf, zespołów ryglowych, elementów amunicji, działania urządzeń oporopowrotnych, zespołów przeładowania broni automatycznej, urządzeń wylotowych, stabilizacji pocisków.

**W swojej monografii Habilitant zaproponował metodę teoretyczną**, która w porównaniu z metodą doświadczalną jest tańsza i bardziej uniwersalna. Przedstawione zagadnienie teoretyczne polega na rozwiązaniu zamkniętego układu równań (modelu matematycznego) przy odpowiednim zbiorze danych wejściowych. Model matematyczny sformułował w oparciu o prawa fizyki, w tym bilans energii, bilans masy, równania mechaniki ruchu pocisku, równania termo- i gazodynamiczne opisujące zachowanie gazów prochowych oraz prawo prędkości spalania i zależności opisujących bieżące (chwilowe) pole powierzchni spalania ziaren prochowych ładunku miotającego. Danymi wejściowymi do obliczeń były charakterystyki konstrukcyjne przestrzeni wewnętrznej lufy (komory nabojoyej, części prowadzącej), pocisku oraz charakterystyki geometryczne (kształt, wymiary) i energetyczno-balistyczne prochu ładunku miotającego. Celem naukowym monografii było opracowanie, rozwiązanie i weryfikacja doświadczalna uogólnionego modelu termodynamicznego balistyki wewnętrznej układów miotających lufowej broni palnej. Zrealizowano go poprzez: przeprowadzenie analizy specyfiki budowy i działania różnych układów miotających stosowanych w lufowej broni palnej, opracowanie uogólnionego modelu balistyki wewnętrznej układów miotających powszechnie stosowanych w lufowej broni palnej, wyprowadzenie i omówienie modeli szczególnych przypadków układów miotających, wynikających z uproszczenia modelu uogólnionego, opracowanie programu komputerowego do rozwiązania numerycznego układu równań modelu uogólnionego oraz przeprowadzenie symulacji działania (strzału) szczególnych przypadków układów miotających oraz porównanie wyników obliczeń z danymi doświadczalnymi. W monografii zaprezentowano przykłady wykorzystania uogólnionego modelu termodynamicznego balistyki wewnętrznej układów miotających lufowej broni palnej. Wykorzystując specjalnie opracowany program komputerowy przeprowadzono obliczenia charakterystyk strzału dla czterech szczególnych przypadków układów miotających. Przedstawiono wpływ wybranych parametrów



konstrukcyjnych (konfiguracji) układów miotających na charakterystyki strzału. Porównanie głównych wyników symulacji numerycznych i wartości doświadczalnych wykazało zadowalającą zgodność, co świadczy o poprawności fizycznej i praktycznej przydatności opracowanej metody analizy balistycznej.

Należy podkreślić oryginalność opracowanego uogólnionego modelu termodynamicznego balistyki wewnętrznej. Jest to **duże osiągnięcie naukowe**, które wnosi znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna, w zakresie balistyki wewnętrznej. Do głównych osiągnięć należy zaliczyć:

- sformułowanie **uogólnionego modelu fizycznego** oraz modelu matematycznego podstawowego zadania balistyki wewnętrznej broni lufowej;
- **analizę balistyczną czterech odmiennych konstrukcyjnie** i funkcjonalnie układów miotających za pomocą jednego wspólnego modelu uogólnionego;
- **prezentację skutecznej metody praktycznych obliczeń numerycznych** wzajemnie sprzężonych charakterystyk strzału.

Zaproponowany uogólniony model termodynamiczny balistyki wewnętrznej umożliwia badania zjawiska strzału czterech układów miotających i może stanowić **podstawę racjonalnego projektowania lufowej broni palnej**. Ponadto może być wykorzystany do **opisu matematycznego strzału w innych układach miotających**, np. w automatycznej broni palnej działającej na zasadzie odrzutu lufy lub zamka.

Przedstawiony do oceny cykl powiązanych tematycznie dwunastu artykułów i referatów naukowych dotyczy modelowania, symulacji i badania zjawisk balistyki nietypowych układów miotających. Do ważniejszych osiągnięć Habilitanta w zakresie tej tematyki należy zaliczyć:

- **opracowanie i numeryczne rozwiązanie modelu matematycznego strzału w układzie miotającym z odprowadzeniem gazów**. Oryginalność opracowanego modelu polega na uwzględnieniu jednocześnie przebiegających zjawisk w lufie i w komorze gazowej, umożliwiającego obliczenia wzajemnie sprzężonych wielkości: ciśnienia gazów w lufie i w komorze gazowej oraz charakterystyk ruchu pocisku i zespołu suwadła. Opracowany program komputerowy do rozwiązania równań modelu matematycznego strzału umożliwia analizę jakościową i ilościową działania układu z odprowadzeniem gazów oraz badania wpływu konstrukcji węzła gazowego i zespołu suwadła na charakterystyki strzału i działanie automatyki broni. Wyniki tych analiz stanowią informacje niezbędne do prawidłowego zaprojektowania broni z odprowadzeniem gazów prochowych oraz badania zjawisk dla niej charakterystycznych, takich jak odrzut i podrzut. Ponadto końcowe wyniki obliczeń rozpatrywanego układu stanowią dane wejściowe do analiz ruchu napędzanego zespołu suwadła broni w powylotowym okresie strzału. Model został wykorzystany w ramach realizacji kilku projektów naukowo-badawczych, których celem było zaprojektowanie i wykonanie nowych wzorów broni strzeleckiej, gdzie w trzech z nich Habilitant był jednym z wykonawców;
- **opracowanie konstrukcji pneumatycznego układu miotającego**, gdzie wykorzystano modelowanie i symulację zjawiska strzału oraz przeprowadzono analizę balistyczną. W celu wyznaczenia charakterystyk pracy rozpatrywanego układu, sformułowano w ujęciu termodynamicznym oryginalny model matematyczny zjawiska strzału, który następnie rozwiązano numerycznie oraz zweryfikowano doświadczalnie. Jakościowo-ilościowe wyniki przeprowadzonych badań obrazują specyfikę układu pneumatycznego i stanowią cenny materiał w procesie



jego projektowania i wykonania. Opracowany model i numeryczna metoda jego rozwiązania wykorzystywane są w bieżącej eksploatacji stanowiska badawczego, gdyż pozwalają wyznaczyć warunki eksperymentu dla zadanych prędkości i energii miotanych pocisków. Opracowany model balistyki wewnętrznej pneumatycznego układu miotającego wykorzystany został w ramach realizacji trzech prac naukowo-badawczych, których celem było zaprojektowanie, wykonanie i uruchomienie stanowiska działu gazowego;

- **wyznaczenie charakterystyk pracy silnika raketowego** w oparciu o sformułowanie i rozwiązanie numeryczne modelu matematycznego pracy silnika. Ze względu na nietypowy kształt ładunku napędowego, dopływ gazów w wyniku jego spalania opisano indywidualnymi równaniami, odpowiednio dla każdej z wyróżnionych jego części. Zmodyfikowano główną zależność modelu, tj. bilans masy w komorze spalania silnika, uwzględniając indywidualny charakter spalania obu części ładunku napędowego. Potwierdzono poprawność fizyczną opracowanego modelu i praktyczną jego przydatność w przewidywaniu głównych charakterystyk pracy silnika raketowego;
- **opracowanie demonstratora inteligentnego antypocisku systemu obrony aktywnej.** Celem prac prowadzonych w ramach konsorcjum, gdzie Habilitant kierował zespołem z Wydziału Mechatroniki i Lotnictwa było wyposażenie antypocisku w elektroniczny zapalnik zapewniający wykrycie nadlatującego pocisku i określenia odpowiedniego momentu wybuchu. Jednym z problemów rozwiązanych podczas realizacji projektu było zredukowanie odrzutu i podrzutu wyrzutni lufowej podczas strzału, powodujących zaburzenia trajektorii lotu antypocisku. Opracowano model matematyczny strzału, który obejmuje zjawiska od chwili zainicjowania spalania ładunku napędowego silnika raketowego do chwili wylotu antypocisku z lufy wyrzutni. Zastosowanie opracowanego modelu umożliwiło przeprowadzenie symulacji strzału, ocenę wpływu odprowadzenia części gazów prochowych przez otwory w powierzchni bocznej lufy na charakter ruchu pocisku oraz ostatecznie na dobór parametrów konstrukcyjnych wyrzutni.

Należy jednoznacznie podkreślić, że opracowanie oryginalnych modeli matematycznych działania nietypowych układów miotających stanowi duże osiągnięcie naukowe Habilitanta i jest znacznym wkładem w rozwój balistyki wewnętrznej, w szczególności w obszarze modelowania i symulacji zjawiska strzału. Przedstawione przykłady modelowania i symulacji zjawisk balistyki wewnętrznej potwierdzają znaczenie i praktyczną przydatność teoretycznych metod badań podczas projektowania, budowy i eksploatacji nietypowych układów miotających. Istotną cechą osiągnięcia, potwierdzającą jego charakter aplikacyjny, jest bezpośrednie wykorzystanie opracowanych modeli matematycznych w projektach naukowo-badawczych.

Opiniowane prace dr inż. Zbigniewa Surmy uważam za ważny i wartościowy wkład do modelowania, symulacji i badania zjawisk balistyki układów miotających. Cechują go duże wartości poznawcze i aplikacyjne. **W podsumowaniu należy stwierdzić, że przedstawiona do oceny monografia naukowa oraz cykl dwunastu powiązanych tematycznie artykułów naukowych, jako osiągnięcie naukowe spełnia w moim przekonaniu, w sposób w pełni zadowalający wymagania określone w Ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.**

### 3. Ocena istotnej działalności naukowej

Dr inż. Zbigniew Surma od 1994 jest pracownikiem Wojskowej Akademii Technicznej imieniem Jarosława Dąbrowskiego w Warszawie. W 2001 roku uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie mechanika, w specjalności balistyka wewnętrzna. Jego podstawowa działalność naukowa dotyczy zagadnień związanych z balistyką wewnętrznych układów miotających, szczególnie specyfiki budowy i działania różnych układów miotających stosowanych w lufowej broni palnej. Uzyskane wyniki badań w tym zakresie są podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna i zostały omówione w punkcie 2 niniejszej opinii. Jednak Kandydat realizował również inne prace naukowo-badawcze wspólnie z innymi ośrodkami naukowymi, w tym:

- współpraca naukowa z Wydziałem Chemicznym Politechniki Warszawskiej w zakresie doświadczalnych badań pirostatycznych i analizy **właściwości energetyczno-balistycznych stałych materiałów wysokoenergetycznych z grupy materiałów nitrocelulozowych** (2008);
- współpraca naukowa z Instytutem Przemysłu Organicznego w Warszawie w zakresie doświadczalnych badań balistycznych i analizy wyników stałych, **złożonych (heterogenicznych) paliw rakietowych o różnej temperaturze początkowej** (2008);
- współpraca naukowa z Wojskowym Instytutem Technicznym Uzbrojenia (WITU) w zakresie **opracowania demonstratora technologii systemu obrony biernej** (2009 ÷ 2011);
- współpraca naukowa z Wojskowym Instytutem Technicznym Uzbrojenia (WITU) w zakresie teoretyczno-doświadczalnych **badanych zjawisk balistyki przejściowej** (2009 ÷ 2012);
- współpraca naukowa z Wydziałem Chemicznym Politechniki Warszawskiej w zakresie teoretycznej **analizy parametrów pracy układów miotających 12,7 mm z ładunkami miotającymi** wykonanymi na bazie modyfikowanego prochu nitrocelulozowego (2013);
- współpraca naukowa z Wojskowym Instytutem Technicznym Uzbrojenia w zakresie opracowania **demonstratora technologii inteligentnego systemu obrony aktywnej** (2013 ÷ 2017);
- współpraca naukowa z Wydziałem Chemicznym Politechniki Warszawskiej w zakresie doświadczalnych **badanych pirodynamicznych amunicji 12,7x99 mm, 7,62x51 mm i 5,56x45 mm**, opracowanej na bazie prochów nitrocelulozowych modyfikowanych (2017 ÷ 2018);
- współpraca naukowa z Wojskowym Instytutem Technicznym Uzbrojenia w Zielonce w zakresie wykorzystania komór manometrycznych w **badaniach pirostatycznych**, procedur badawczych i realizacji badań, analizy wyników i wyznaczania charakterystyk energetyczno-balistycznych stałych materiałów miotających (2018) oraz analizy właściwości energetyczno-balistycznych nitrocelulozowych i nitroglicerynowych stałych materiałów miotających (2023);
- współpraca naukowa z Narodowym Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) w zakresie możliwości **wykorzystania impulsowych źródeł plazmy i pola elektrycznego** w zaawansowanych konstrukcjach amunicji, doświadczalnych badaniach pirostatycznych stałych materia-



łów miotających oraz pirodynamicznych badaniach lufowych układów miotających (2917 ÷ 2022).

Oprócz modelowania i symulacji zjawisk balistyki wewnętrznej lufowych oraz rakietowych układów miotających, drugim ważnym obszarem działalności naukowej Kandydata są **doświadczalne badania balistyczne**. Jego aktywność w tym obszarze rozpoczęła się w 1994 r., wraz z podjęciem służby wojskowej w Instytucie Techniki Uzbrojenia Wydziału Uzbrojenia i Lotnictwa Wojskowej Akademii Technicznej. Zrealizowane prace obejmują: badania pirostatyczne stałych materiałów miotających, badania pirodynamiczne lufowych układów miotających oraz badania rakietowych układów napędowych na paliwo stałe. W ramach prowadzonych prac powstały oryginalne stanowiska do badań zjawisk balistyki wewnętrznej, w tym: mikrokomora manometryczna do badań pirostatycznych stałych materiałów miotających, pirostatyczny układ dwukomorowy, pirodynamiczny układ dwukomorowy, stanowisko badawcze z jednostopniowym (gazowym) układem miotającym, stanowisko badawcze z dwustopniowym (prochowo-gazowym) układem miotającym, stanowisko do badań pirostatycznych stałych materiałów miotających z wykorzystaniem zapłonu mieszaniną gazową (metan-tlen) oraz stanowisko do badań pirostatycznych stałych materiałów miotających z wykorzystaniem zapłonu plazmowego.

Dorobek naukowy Kandydata jest znaczny i został wydatnie pomnożony po uzyskaniu stopnia doktora. Łącznie jest autorem lub współautorem 75 artykułów naukowych, w tym 20 opublikowanych w czasopismach z bazy Journal Citation Reports. Na szczególne wyróżnienie zasługują publikacje w czasopismach o zasięgu międzynarodowym: *Combustion, Explosion, and Shock Waves*, *Eksploracja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*, *Central European Journal of Energetic Materials*, *Composite structures*, *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, *Defence Technology*, *International Journal of Impact Engineering*, *Materials, Processes. Applied Sciences*.

Wyniki swoich badań przedstawił na 125 konferencjach krajowych i międzynarodowych (w tym 8 indeksowanych w bazie Web of Science). Do najważniejszych konferencji należy zaliczyć konferencje o charakterze cyklicznym: *International Symposium on Defence Technology HADITECHNIKA*, *Międzynarodowa Konferencja Uzbrojeniowa nt. „Naukowe aspekty techniki uzbrojenia”*, *Symposium on Weapon System*, *A Sesiune de Comunicări Științifice cu Participare Internațională “TEHNOLOGII MODERNE ÎN SECOLUL XXI*, *International Symposium on Combustion Processes*, *International Symposium on Ballistics*, *Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna nt. „Systemy przeciwlotnicze i obrony powietrznej – CRAAS*, *Symposium Light-Weight Armour Group LWAG*, *Biennial Conference of the APS Topical Group on Shock Compression of Condensed Matter*, *Międzynarodowy Kongres Uzbrojeniowy*.

Brał czynny udział w pracach zespołów badawczych krajowych i międzynarodowych realizujących sześćdziesiąt cztery projekty badawcze, w tym trzydziestu sześciu finansowanych w drodze konkursów. Pełnił tam rolę głównego wykonawcy, wykonawcy i jeden raz rolę kierownika zadania. Na szczególne wyróżnienie zasługuje udział w realizacji dwóch projektów o zasięgu europejskim w ramach programów: *Joint Investment Programme - Force Protection nr A-0376-RT-GC*, *SNIPer POSitioning and Detection SNIPOD*, *EDA (2008 ÷ 2011)* oraz

*PUM/09-181/2023/WAT - Reverse calculation method in interior ballistics and improvement of multiphysics models - RECBALL (2023 ÷ 2027), EDA finansowanych przez Europejską Agencję Obrony.*

Dorobek naukowy Habilitanta charakteryzuje wg bazy Web of Science - indeks Hirscha 7, liczba cytowań 126 (bez autocytowań). Wg bazy Scopus indeks Hirscha wynosi 8, liczba cytowań 177 (bez autocytowań), wg bazy Google Scholar h-index = 11, łączna liczba cytowań 464. Sumaryczna wartość wskaźnika IF dla publikacji wynosi 45,398.

Realizując prace naukowe w zakresie inżynierii mechanicznej Kandydat kładzie również duży nacisk na aspekt aplikacyjny i wdrożeniowy swoich badań. Świadczą o tym zrealizowane prace o charakterze stosowanym. Był autorem lub współautorem 38 ekspertyz i innych opracowań wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorstw. Były to prace zrealizowane na zlecenie firm: *Biuro Wojskowej Służby Normalizacyjnej, BUOS Sp. z o.o., Prokuratura Okręgowa w Radomiu, Zakład Produkcji Specjalnej w Pionkach, Fabryki Broni „Łucznik” – Radom Sp. z o.o., Sąd Rejonowy w Tarnobrzegu, Sąd Rejonowy w Tarnobrzegu, PIT-RADWAR S.A., Sąd Okręgowy w Warszawie, XXIV Wydział Cywilny, Jednostka Wojskowa 5350 oraz 5286, Huta Stalowa Wola, 2. Rejonowa Baza Logistyczna (2 RBLog), Super Liquid Sp. z o.o., 3. Rejonowa Baza Logistyczna (3 RBLog), Wojskowy Instytut Technicznego Uzbrojenia, Zakłady Metalowe DEZAMET S.A., Zakład Produkcji Specjalnej „GAMRAT” Sp. z o.o., Fabryka Amunicji Myśliwskiej „FAM-Pionki” Sp. z o.o., Zakłady Metalowe DEZAMET S.A., Zakłady Chemiczne NITRO-CHEM S.A.*

Brał również udział w pracach 11 zespołów eksperckich Instytutu Techniki Uzbrojenia Wydziału Mechatroniki WAT, które opracowywały ekspertyzy naukowo-techniczne na tematy związane z techniką wojskową.

Jest współautorem dwóch wdrożonych technologii opracowanych w ramach projektów badawczo - rozwojowych. Dotyczą one: karabinka standardowego (podstawowego) Modułowego Systemu Broni Strzeleckiej kalibru 5,56 mm w układzie kolbowym – MSBS-5,56 „Grot” (2017) oraz systemu artyleryjskiego pn.: „*Okrętowy System Uzbrojenia OSU-35K na bazie armaty przeciwlotniczej Oerlikon-Contraves kalibru 35 mm w wersji morskiej AM-35K*”.

Jest również współautorem dwóch patentów: *System obrony aktywnej*, Patent 225266 B1, UP RP, 05.10.2016 oraz *An active protection system*, Patent EP2942597, EPO, 30.09.2020. Wkład Habilitanta w powstanie patentów polegał na udziale w opracowaniu koncepcji oraz konstrukcji modułu destruktora lufowego dla systemu obrony aktywnej, składającego się z wyrzutni lufowej oraz naboju, przeprowadzeniu analizy numerycznej możliwości wykorzystania różnych rodzajów układów miotających, określeniu na podstawie wyników doświadczalnych badań laboratoryjnych, kształtu, wymiarów i liczby elementów rażących; udziale w badaniach laboratoryjnych i poligonowych.

Kandydat odbył dwa staże naukowe w instytucjach zagranicznych. W okresie 07 ÷ 12.08.2000 r. przebywał w Graz w Austrii, tematyka stażu pn. „*High Pressure Instrumentation*” obejmowała wiedzę z obszaru: doboru i wykorzystania aparatury badawczo-pomiarowej podczas prowadzenia badań balistycznych, stałych materiałów miotających, broni i amunicji;



metod pomiarów elektrycznych wielkości mechanicznych. Drugi staż odbył się w okresie 09.06.2023 ÷ 22.07.2023 w ramach *XIII Międzynarodowego Programu Stażu Naukowego „Laureaci Nagrody Nobla: Badanie Doświadczenia i Osiągnięć Zawodowych dla Kształtowania Osobowości Osiągającej Sukcesy i Transformacji Otaczającego nas Świata”*. Celem stażu było podniesienie poziomu szkolenia teoretycznego i praktycznego, zdobycie doświadczenia w prowadzeniu działalności badawczej, zapewnienie wymiany informacji i poszerzenia kontaktów naukowych oraz doskonalenie i nabywanie niezbędnych ogólnych i zawodowych kompetencji praktycznych.

Habilitant brał czynny udział w recenzowaniu 29 artykułów zgłoszonych do publikacji w wysokopunktowanych czasopismach międzynarodowych, w tym: *Aerospace, Applied Sciences, Cellulose, Central European Journal of Energetic Materials, Combustion Science and Technology, Defence Technology, Energies, International Communications in Heat and Mass Transfer, Journal of Marine Science and Engineering, Materials, Materiały Wysokoenergetyczne, Problemy Mechatroniki. Uzbrojenie, Lotnictwo, Inżyniera Bezpieczeństwa, Sensors*.

Od 2019 roku jest członkiem międzynarodowego towarzystwa naukowego IBS-International Ballistics Society.

Dorobek naukowy dr inż. Zbigniewa Surmy oceniam bardzo wysoko. Jest On autorem wielu oryginalnych opracowań naukowych o charakterze poznawczym i aplikacyjnym. Podjęta tematyka badawcza jest nowoczesna i dotyczy ciągłego postępu naukowego w zakresie rozwoju techniki wojskowej. Analizowane zagadnienia dotyczą zarówno zjawisk balistyki wewnętrznej zachodzących podczas strzału w układach miotających lufowej broni palnej, w których źródłem energii jest stały materiał miotający, jak również badań pirostatycznych stałych materiałów miotających, badań pirodynamicznych lufowych układów miotających a także badania rakietowych układów napędowych na paliwo stałe. Habilitant opanował teoretyczne modelowanie zjawisk balistycznych oraz modelowanie numeryczne. Prowadzi również badania eksperymentalne w warunkach laboratoryjnych i eksploatacyjnych poligonowych. Opracowane modele matematyczne odzwierciedlają elementy systemu rzeczywistego wraz z relacjami pomiędzy nimi, a opracowane scenariusze badawcze wskazują potencjalne kierunki rozwoju techniki wojskowej w zakresie balistyki. Wyniki prowadzonych badań są bardzo przydatne w prowadzeniu rozważań naukowych i zastosowań praktycznych. O ich przydatności świadczą liczne cytowania publikacji Autora. Na szczególną uwagę zasługuje prowadzenie badań pod kątem przyszłych zastosowań uzyskanych wyników. Dowodem tego jest udział w projektach badawczych oraz współpraca z sektorem przemysłowym. Badania Kandydata wpisują się w trend działań mających na celu wzrost bezpieczeństwa i obronności naszego kraju.

**Podsumowując stwierdzam, że dorobek naukowy Kandydata po uzyskaniu stopnia doktora jest znaczący, a istotną działalność naukową Kandydata oceniam jako bardzo dobrą. Oznacza to, że w pełni rekomenduję Go do uzyskania stopnia doktora habilitowanego.**

#### 4. Ocena osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę Kandydata

Dr inż. Zbigniew Surma od 1996 roku pracuje do dzisiaj kolejno jako asystent i adiunkt badawczo-dydaktyczny w Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie (do 2002 na Wydziale Uzbrojenia i Lotnictwa, później na Wydziale Mechatroniki). W latach 1998 ÷ 2017 pełnił funkcję kierownika Laboratorium Balistyki, w latach 2020 ÷ 2021 był kierownikiem Zakładu Artylerii i Balistyki a od 2021 roku jest kierownikiem Laboratorium Artylerii i Balistyki Wojskowej Akademii Technicznej.

Kandydat posiada doświadczenie dydaktyczne. Prowadził zajęcia (wykłady, ćwiczenia audytoryjne i laboratoryjne, seminaria, projekty) na studiach I i II stopnia, jednolitych studiach magisterskich oraz studiach III stopnia w ramach przedmiotów: *balistyka wewnętrzna, modelowanie zjawisk balistyki i dynamiki lotu, symulacja numeryczna zjawisk balistyki oraz zaawansowane działy balistyki, badania broni i amunicji, podstawy konstrukcji maszyn, numeryczne metody obliczeniowe, informatyka*.

Habilitant był promotorem 26 prac dyplomowych, sprawował opiekę naukową nad trzema doktorantami, w tym dwukrotnie pełnił rolę promotora pomocniczego, sprawował również opiekę naukową nad pięcioma studentami, studiującymi w ramach indywidualnego toku studiów. Ponadto był recenzentem 80 prac dyplomowych. Opracował także plan oraz pełnienie funkcji opiekuna stażu naukowego wykładowcy Akademii Sztuki Wojennej oraz programy szczegółowe, sylabusy i karty informacyjne realizowanych przedmiotów. Pełnił funkcję kierownika studiów podyplomowych pn.: *„Konstrukcja, technologia i eksploatacja sprzętu wojskowego”*. Przeprowadził zajęcia warsztatowe pt.: *Prochy i stałe paliwa rakietowe – badania balistyczne*, dla uczniów czterech szkół średnich objętych patronatem WAT.

W ramach działalności organizacyjnej pełnił szereg funkcji, w tym: kierownika Laboratorium Balistyki WAT (05.1998 ÷ 10.2017), kierownika Zakładu Balistyki (09.2012 ÷ 08.2020), kierownika Zakładu Artylerii i Balistyki (09.2020 ÷ 01.2021), kierownika Laboratorium Artylerii i Balistyki (od 02.2021), sekretarza Komisji ds. Naukowych Rady Wydziału Mechatroniki (2008 ÷ 2012), sekretarza Komisji ds. Naukowych Rady Wydziału Mechatroniki i Lotnictwa (2012 ÷ 2016). Był członkiem Rady Wydziału Mechatroniki i Lotnictwa (2016 – 2019), Zespołu Dydaktycznego Wydziału Mechatroniki i Lotnictwa (2013 ÷ 2019), Rady ds. Kształcenia Wydziału Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa (2019 ÷ 2021), Wydziałowego Zespołu do opracowania programów studiów podyplomowych realizowanych w wydziale oraz oceny poziomu i organizacji prowadzonej działalności dydaktycznej (2024 ÷ 2028).

Do znacznych osiągnięć w obszarze organizacyjnym można również zaliczyć przygotowanie wniosku i nadzorowanie realizacji dotacji celowej KBN na dofinansowanie inwestycji budowlanej pn. *Rozbudowa i modernizacja trasy pomiarowej do badań balistycznych broni i amunicji w Laboratorium Balistyki Instytutu Techniki Uzbrojenia* (1999 ÷ 2002) oraz udział w pracach zespołu powołanego do przygotowania wniosku o dofinansowanie oraz realizacji projektu pn.: *„Przebudowa budynku nr 36 na cele dydaktyczne Wydziału Mechatroniki Wojskowej Akademii Technicznej”* z Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko (2009 ÷ 2015).



Za swoją działalność naukową, dydaktyczną i organizacyjną otrzymał liczne nagrody i wyróżnienia, w tym: Brązowy Krzyż Zasługi (2001), Wojskowy Krzyż Zasługi (2011), Brązowy, Srebrny i Złoty Medal Siły Zbrojne w Służbie Ojczyzny (2000, 2007, 2018), Brązowy, Srebrny i Złoty Medal za Zasługi dla Obronności Kraju (1999, 2004, 2010), Medal Komisji Edukacji Narodowej (2013), Srebrny Medal „Za Zasługi dla Wojskowej Akademii Technicznej” (2013), Tytuł „Zasłużony Nauczyciel Akademicki WAT” (2007), Medal „Zasłużony dla Wydziału Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa WAT” (2022).

**Biorąc powyższe pod uwagę wyrażam przeświadczenie, że dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzujący naukę jest wystarczający i potwierdza kwalifikacje Kandydata do uzyskania stopnia doktora habilitowanego stanowiąc podstawę do dalszego awansu.**

## 5. Wniosek końcowy

Na podstawie szczegółowej analizy przedstawionego osiągnięcia naukowego w postaci monografii naukowej i cyklu dwunastu powiązanych tematycznie artykułów naukowych oraz działalności naukowej, dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzacji nauki stwierdzam, że dr inż. Zbigniew Surma **posiada znaczące i oryginalne osiągnięcia, które poszerzają dotychczasowy stan wiedzy w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna** (w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych). Zgodnie z obowiązującymi przepisami: posiada stopień doktora, opublikował monografię naukową i cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, posiada w dorobku osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny, wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni i instytucji naukowej (w tym zagranicznej). Upoważnia mnie to do stwierdzenia, że pod względem formalnym Jego kandydatura w pełni odpowiada warunkom określonym w art. 219 ust.1 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz.U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). **Dorobek Kandydata jest zgodny z kryteriami oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych (dyscyplina Inżynieria Mechaniczna).**

*Tadeusz Behebel*