

Gdańsk, 28 czerwca 2024 r.

dr hab. inż. Grzegorz Żywica, prof. IMP PAN  
Zakład Dynamiki i Diagnostyki Turbin  
Instytut Maszyn Przepływowych im. R. Szewalskiego  
Polska Akademia Nauk

Recenzja osiągnięć naukowych dra inż. Bogdana Szturomskiego  
pt. „**Modelowanie oddziaływania wybuchu podwodnego na kadłub okrętu w ujęciu  
metody elementów skończonych**”

w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego, opracowana na podstawie uchwały  
Rady Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Mechaniczna” Wojskowej Akademii Technicznej w  
Warszawie nr 25/RDN IM/2024 z dnia 17.04.2024 r., w oparciu o decyzję Rady Doskonałości  
Naukowej nr DRKN.Z2.400.6.2024 z dnia 17.03.2024 r.

## **Wprowadzenie**

Wniosek o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna został złożony przez dra inż. Bogdana Szturomskiego do Rady Doskonałości Naukowej w dniu 13.01.2024 r. Dr inż. Bogdan Szturomski jako podstawę ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego wskazał osiągnięcia naukowe pt. „Modelowanie oddziaływania wybuchu podwodnego na kadłub okrętu w ujęciu metody elementów skończonych”.

Dr inż. Bogdan Szturomski (ur. 1966 r.) jest pracownikiem Wydziału Mechaniczno-Elektrycznego Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni, gdzie od 2014 r. jest zatrudniony na stanowisku starszego wykładowcy w Katedrze Podstaw Budowy Maszyn Okrętowych. Wcześniej na tym samym wydziale pracował jako starszy asystent, adiunkt, kierownik Pracowni Metod Numerycznych i kierownik Zakładu Podstaw Budowy Maszyn. Na Wydziale Mechaniczno-Elektrycznym AMW uzyskał także stopień zawodowy magistra inżyniera w specjalności maszyny i siłownie okrętowe (1990 r.) oraz stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn (1999 r.). Stopień doktora został nadany na podstawie rozprawy pt. „Wyznaczanie stanu naprężenia oraz parametrów ruchu pontonu miękkiego”. W oparciu o dotychczasowy dorobek naukowy oraz osiągnięcia można stwierdzić, że zainteresowania naukowe dra inż. Bogdana Szturomskiego koncentrują się na zagadnieniach związanych z



modelowaniem oddziaływania wybuchu podwodnego na kadłuby okrętów oraz projektowaniu różnego typu pojazdów podwodnych i nawodnych oraz tzw. platform pływających.

### **Ogólne omówienie osiągnięć naukowych**

Osiągnięcia naukowe dra inż. Bogdana Szturomskiego zatytułowane „Modelowanie oddziaływania wybuchu podwodnego na kadłub okrętu w ujęciu metody elementów skończonych” obejmują autorską monografię naukową i współautorskie osiągnięcia projektowe i konstrukcyjne.

Monografia naukowa pt. „Modelowanie oddziaływania wybuchu podwodnego na kadłub okrętu w ujęciu metody elementów skończonych” została wydana w 2023 r. przez Wydawnictwo Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni. Jest to drugie, rozszerzone wydanie monografii wydanej w 2016 r. pt. „Modelowanie oddziaływania wybuchu podwodnego na kadłub okrętu w ujęciu numerycznym”. Pierwsze wydanie monografii zostało uzupełnione o nowe wyniki badań, które autor uzyskał w latach 2016-2022. W monografii tej omówiono problematykę związaną z oceną odporności udarowej i przeciwwinowej okrętów narażonych na oddziaływanie fali ciśnienia wywołanej niekontaktowym wybuchem ładunku TNT. Drugie wydanie monografii liczy 269 stron, składa się z 9 rozdziałów oraz bibliografii, która zawiera 142 publikacje oraz 21 adresów stron internetowych. Na początku pracy przedstawiono spis stosowanych symboli i oznaczeń, podzielony na grupy tematyczne. Monografia składa się z następujących rozdziałów:

1. Wprowadzenie (str. 9-16)
2. Oddziaływanie wybuchu podwodnego na okręt (str. 17-42)
3. Opis wybuchu podwodnego (str. 43-86)
4. Opis właściwości materiałów w ujęciu numerycznym (str. 87-132)
5. Całkowanie numeryczne równań ruchu w ujęciu MES (str. 133-140)
6. Geometria kadłuba okrętu i dyskretyzacja (str. 141-157)
7. Ośrodek akustyczny (str. 159-170)
8. Zadania i przykłady obliczeniowe (str. 171-260)
9. Podsumowanie (str. 261-262).

Poszczególne rozdziały tworzą logiczną całość, a struktura pracy ułatwia czytelnikowi zapoznanie się z jej kolejnymi częściami. Monografia jest napisana w jasny sposób, z użyciem dobrze dobranego technicznego słownictwa. Pełne zrozumienie treści pracy i prezentowanych wyników ułatwia bogata szata graficzna, zawierająca liczne schematy, zdjęcia i wykresy.

Wykaz zrealizowanych oryginalnych osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych i technologicznych obejmuje następujące pozycje:

1. Oryginalne współautorskie osiągnięcie projektowe: elektromagnetyczny pędnik falowy służący do napędu bionicznych pojazdów podwodnych. Rozwiązanie uzyskało ochronę patentową w Urzędzie Patentowym RP pod numerem P.404278.

2. Oryginalne współautorskie osiągnięcie projektowe: urządzenie przeniesienia napędu do pędnika biomimetycznego pojazdu podwodnego. Rozwiązanie zostało zgłoszone w Urzędzie Patentowym RP jako wzór użytkowy pod numerem W.129291.
3. Oryginalne współautorskie osiągnięcie konstrukcyjne: zaprojektowanie, wykonanie i przetestowanie zasobnika do zastosowania w procesie wydobywania BST z dna morza. Prace zostały zrealizowane w ramach projektu POIR.01.01.01-00-0540/19, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej.
4. Oryginalne współautorskie osiągnięcie projektowe: solarne hybrydowe źródło energii elektrycznej i cieplnej. Rozwiązanie zostało zgłoszone w Urzędzie Patentowym RP jako wynalazek pod numerem P.446484.
5. Oryginalne współautorskie osiągnięcie projektowe: dwuczęściowa wodna tuba impedancyjna. Rozwiązanie zostało zgłoszone w Urzędzie Patentowym RP jako wynalazek pod numerem P.446863.

W wykazie przywołano również inne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne zrealizowane we współpracy z różnymi instytucjami naukowymi w ramach projektów finansowanych ze środków NCBR i EDA, dla których nie podano szczegółowego opisu, co może sugerować, że są to osiągnięcia o mniejszym znaczeniu.

Odnosząc się do ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, stwierdzam, że wskazana do oceny autorska monografia, opublikowana w ostatecznej formie w 2023 roku przez Wydawnictwo Akademii Marynarki Wojennej, które było ujęte w ministerialnym wykazie wydawnictw publikujących recenzowane monografie naukowe, oraz współautorskie osiągnięcia projektowe i konstrukcyjne zgłoszone do Urzędu Patentowego RP, spełniają wymóg ustawowy w zakresie ilościowym – posiadania osiągnięć naukowych.

Wniosek dra inż. Bogdana Szturomskiego, oprócz autoreferatu, zawiera dodatkowy wykaz osiągnięć (załącznik nr 3), obejmujący m.in. monografie, artykuły naukowe, udział w konferencjach, uczestnictwo w pracach zespołów badawczych realizujących projekty, uzyskane prawa własności przemysłowej, ekspertyzy oraz nagrody za działalność naukową. Znaczna liczba tych osiągnięć wskazuje na dużą aktywność naukową wnioskodawcy. Zgodnie z informacjami zamieszczonymi w wykazie na dzień złożenia wniosku, dr inż. Bogdan Szturomski był autorem lub współautorem 13 publikacji uwzględnionych w bazie Web of Science, które były cytowane 37 razy, a jego indeks Hirscha wynosił 3. Publikacje te ukazywały się w specjalistycznych czasopismach o zasięgu międzynarodowym takich jak: Journal of Vibroengineering, Polish Journal of Environmental Studies, Applied Sciences, Ocean Engineering, Materials, Nase More i Research Journal. Wg bazy Scopus liczba publikacji wynosiła 21, liczba cytowań 56, a indeks Hirscha wynosił 3. Wnioskodawca był też autorem 4 podręczników, 3 monografii, przyznanego patentu oraz wniosków o patent i dwa wzory użytkowe. Uczestniczył również w 20 krajowych projektach badawczych (NCBR, MON), w tym

w 2 z nich pełnił funkcję kierownika, a także w 2 projektach międzynarodowych (EDA) oraz 55 projektach statutowych i zamawianych. Za swoją działalność naukową otrzymał 6 nagród Rektora AMW oraz Medal Komisji Edukacji Narodowej za zasługi dla oświaty i wychowania.

### **Ocena merytoryczna osiągnięć naukowych**

Wnioskodawca jako osiągnięcia naukowe stanowiące podstawę do nadania stopnia doktora habilitowanego wskazał autorską monografię naukową oraz współautorskie osiągnięcia projektowe i konstrukcyjne. Zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, osiągnięcia te powinny stanowić znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny naukowej – w tym przypadku inżynierii mechanicznej.

W monografii pt. „Modelowanie oddziaływania wybuchu podwodnego na kadłub okrętu w ujęciu metody elementów skończonych”, habilitant podjął się opracowania nowego modelu numerycznego kadłuba okrętu obciążonego falą ciśnienia pochodzącą od niekontaktowego wybuchu w wodzie, który umożliwiłby ocenę wytrzymałości kadłuba. Model został opracowany w oparciu o metodę elementów skończonych (MES). Tego typu modele, przy odpowiednim przygotowaniu i weryfikacji, mogą stanowić bardzo użyteczne narzędzie badawcze. Dotyczy to w szczególności zastosowań militarnych, gdzie badania na obiekcie rzeczywistym są bardzo często niemożliwe z powodu ogromnych kosztów oraz zagrożenia bezpieczeństwa. Zawansowany model MES kadłuba okrętu może być zastosowany do oceny zdolności bojowej jednostki narażonej na obciążenie falą ciśnienia od wybuchu oraz do wyeliminowania jego najłabszych węzłów konstrukcyjnych na etapie projektowania lub modernizacji. Z drugiej strony, aby model tak złożonego obiektu był wiarygodny, musi być bardzo zaawansowany i powinien uwzględniać wiele zjawisk fizycznych oraz właściwości materiałów pracujących poza obszarem sprężystości. Dlatego uważam, że przedmiot i zakres badań zostały wybrane prawidłowo, ze względu na ich duży potencjał zarówno poznawczy, jak i aplikacyjny.

Habilitant w swojej monografii (oraz autoreferacie) sformułował następującą tezę: *„stosując odpowiednie modele rozpatrywanych zjawisk i ich uproszczenia istnieje możliwość sformułowania zagadnienia oddziaływania niekontaktowego wybuchu na kadłub okrętu w taki sposób, aby do jego rozwiązania wykorzystać metodę elementów skończonych w ujęciu explicit, otrzymując rozwiązanie z zadawalającą dokładnością, przydatne do oceny wytrzymałości kadłuba jednostki na etapie projektowania lub modernizacji”*. Następnie, w kolejnych rozdziałach monografii, kompleksowo omówił najważniejsze zagadnienia związane z modelowaniem zjawisk występujących podczas oddziaływania wybuchu podwodnego na kadłub okrętu. Obejmowało to klasyfikację oddziaływań wybuchów podwodnych na okręt, wyniki testów morskich w ramach których badano oddziaływania wybuchów na okręt, charakterystykę wybuchu podwodnego w kontekście jego modelowania, opis właściwości materiałów w ujęciu numerycznym, opis metod

numerycznych stosowanych przy tego typu analizach oraz wytyczne w zakresie modelowania kadłuba okrętu za pomocą MES, modelowanie i dyskretyzację ośrodka akustycznego, a także warunki brzegowe. Na końcu monografii habilitant przedstawił kilka przykładów obliczeniowych, które potwierdzają uniwersalność i użyteczność opracowanej metody modelowania, a także trafność sformułowanej wcześniej tezy. Przykłady obliczeniowe obejmowały analizy wytrzymałościowe płaskiego dna okrętu i konstrukcji kadłuba okrętu podwodnego, analizę oddziaływania fali ciśnienia z odbiciem od dna na kadłub okrętu, analizę oddziaływania niekontaktowych wybuchów na kadłub oraz wyznaczanie strefy bezpieczeństwa dla niszczyciela min oraz analizę oddziaływania fali ciśnienia na posadowienie silników głównych okrętu podwodnego. Przykłady obliczeniowe zostały dobrane bardzo starannie i demonstrują bardzo szerokie możliwości zaproponowanych metod modelowania i analizy.

Monografia przedstawia kompleksowe podejście do modelowania oddziaływania wybuchu podwodnego na kadłub okrętu z zastosowaniem metody elementów skończonych. Zaproponowana metoda umożliwi modelowanie numeryczne szybkozmiennych zjawisk występujących podczas oddziaływania fali ciśnienia wywołanej wybuchem podwodnym na kadłub okrętu. Zastosowane rozwiązania zostały porównane z metodami prezentowanymi w literaturze krajowej i światowej. Tym, co z pewnością wyróżnia badania przeprowadzone przez habilitanta na tle dostępnej literatury, jest systemowe podejście do wieloaspektowej problematyki związanej z modelowaniem zjawisk występujących w kadłubie okrętu narażonego na obciążenie udarowe oraz przedstawienie bardzo użytecznego modelu opartego na metodzie elementów skończonych. Model ten pozwala w akceptowalnym czasie rozwiązywać złożone zadania obliczeniowe z zadowalającą dokładnością. Sprawia to, że zaproponowane rozwiązania mogą być bardzo przydatne do oceny wytrzymałości kadłuba okrętu narażonego na wybuchy podwodne i mogą być stosowane przez innych badaczy.

Pięć oryginalnych osiągnięć projektowych i konstrukcyjnych, które habilitant również wskazał jako podstawę do nadania stopnia doktora habilitowanego, uzupełnia wcześniej opisane osiągnięcie o rozwiązania praktyczne w zakresie projektowania różnego typu pojazdów podwodnych i nawodnych oraz tzw. platform pływających. Są to nowe i oryginalne rozwiązania. Jedno z nich uzyskało już ochronę patentową w Urzędzie Patentowym RP, a pozostałe zostały zgłoszone jako wynalazki lub wzory użytkowe i oczekują na przyznanie ochrony. Prace, których efektem są osiągnięcia projektowe i konstrukcyjne, były realizowane przez habilitanta w ramach projektów badawczo-rozwojowych, wspólnie z innymi członkami zespołów projektowych. Wkład dra inż. Bogdana Szturomskiego we wszystkie te prace był znaczący i polegał najczęściej na zaproponowaniu nowych rozwiązań konstrukcyjnych, opracowaniu projektu technicznego i doborze materiałów. Dla wybranych rozwiązań wykonywał również analizy wytrzymałościowe stosując przy tym zaproponowane przez siebie algorytmy obliczeniowe.

Podsumowując, stwierdzam, że osiągnięcia naukowe dra inż. Bogdana Szturomskiego, zaprezentowane w ocenianej monografii, oraz osiągnięcia projektowe i konstrukcyjne, wnoszą istotny wkład poznawczy do dyscypliny naukowej jaką jest inżynieria mechaniczna, oraz posiadają duży potencjał aplikacyjny. W mojej ocenie, osiągnięcia te mogą stanowić podstawę do ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

### **Aktywność naukowa oraz osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne**

Aktywność naukową poza jednostką macierzystą dr inż. Bogdan Szturomski wykazywał głównie w ramach projektów realizowanych w konsorcjach naukowych i naukowo-przemysłowych oraz projektów zamawianych przez Marynarkę Wojenną RP. W ten sposób współpracował między innymi z następującymi ośrodkami:

1. OBR Centrum Techniki Morskiej w Gdyni (lata 2000-2003 oraz 2013-2018),
2. Polsko-Japońska Wyższa Szkoła Technik Komputerowych (lata 2010-2012),
3. Politechnika Gdańska (lata 2012-2014),
4. Wojskowa Akademia Techniczna w Warszawie (lata 2013-2022),
5. Politechnika Krakowska (lata 2013-2018),
6. OBR Przedsiębiorstwo Badawczo-Produkcyjne Farkos (lata 2013-2016),
7. Politechnika Mediolańska (lata 2020-2023)
8. GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel (od 2022 r.)

Efektom tych prac były przede wszystkim nowe technologie i rozwiązania techniczne, a habilitant najczęściej uczestniczył w opracowaniu koncepcji technicznych i projektowaniu prototypów lub ich elementów z wykorzystaniem analiz wytrzymałościowych (MES) i przepływowych (CFD). Z opisów przedstawionych w załącznikach do wniosku nie wynika, aby ta współpraca wykraczała poza ramy wspólnie realizowanych projektów i miała np. formę staży naukowych. Dla podkreślenia charakteru naukowego współpracy korzystne byłoby również podanie przykładów wspólnych publikacji naukowych. Nie ulega jednak wątpliwości, że habilitant aktywnie uczestniczył w wielu przedsięwzięciach o charakterze badawczo-rozwojowym, których realizacja wymagała dużej aktywności również poza jednostką macierzystą.

Dr inż. Bogdan Szturomski posiada liczne osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne, za które uzyskał wiele nagród Rektora AMW oraz nagrodę Komisji Edukacji Narodowej. Jako wykładowca na Wydziale Mechaniczno – Elektrycznym AMW prowadzi wykłady z kilku przedmiotów, w tym wytrzymałości materiałów, mechaniki technicznej, mechaniki płynów, komputerowego wspomaganie projektowania (CAD) oraz modelowania wspomagającego projektowanie maszyn (CAE). Jest autorem dwóch podręczników akademickich i współautorem jednego podręcznika, który został wydany również w języku angielskim. Jest współautorem programu studiów na kierunku mechanika i budowa maszyn oraz był kierownikiem praktyk. W latach 2009-2011 był



kierownikiem Pracowni Metod Numerycznych, a następnie w latach 2011-2014 kierował Zakładem Podstaw Budowy Maszyn, odpowiadając za realizację procesu dydaktycznego. W latach 1999-2006 pełnił funkcję sekretarza Rady Wydziału Mechaniczno – Elektrycznego AMW. Habilitant jest również założycielem i opiekunem Koła Mechaników Okrętowych „BaND” AMW. Wypromował ponad 50 magistrów i inżynierów, a także był promotorem pomocniczym dwóch doktorantów, którzy uzyskali już stopień doktora.

Dr inż. Bogdan Szturomski, poza działalnością naukową i dydaktyczną, od wielu lat współpracuje z otoczeniem społeczno-gospodarczym. Wykonywał wiele prac zamawianych i ekspertyz na rzecz przemysłu (w tym przemysłu zbrojeniowego) oraz ekspertyzy sądowe. Stale podnosi swoje kompetencje uczestnicząc w wielu kursach i szkoleniach zawodowych.

Podsumowując aktywność naukową oraz osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne dra inż. Bogdana Szturomskiego można stwierdzić, że jest on doświadczonym badaczem i nauczycielem akademickim. Swoje doświadczenie zawodowe zdobywał również poza macierzystą uczelnią.

### **Wniosek końcowy**

Po zapoznaniu się z dokumentami wchodzącymi w skład wniosku o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego oraz na podstawie analizy osiągnięć naukowych pt. „Modelowanie oddziaływania wybuchu podwodnego na kadłub okrętu w ujęciu metody elementów skończonych”, obejmujących autorską monografię oraz współautorskie osiągnięcia projektowe i konstrukcyjne stwierdzam, że dr inż. Bogdan Szturomski uzyskał nowe i oryginalne wyniki badań. Habilitant zaproponował kompleksowe podejście do modelowania oddziaływania wybuchu podwodnego na kadłub okrętu z zastosowaniem metody elementów skończonych. W mojej ocenie tak spójnego, multidyscyplinarnego podejścia popartego wieloma przykładami praktycznymi nie prezentowano dotychczas w literaturze, zarówno polskiej jak i światowej.

W związku z powyższym stwierdzam, że osiągnięcia naukowe dra inż. Bogdana Szturomskiego stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna i odpowiadają wymaganiom określonym w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Ponieważ recenzowane osiągnięcia spełniają wymagania ustawowe, wniosek o nadanie drowi inż. Bogdanowi Szturomskiemu stopnia doktora habilitowanego uważam za zasadny.

