

Prof. dr hab. inż. Halina Egner  
Katedra Mechaniki Stosowanej i Biomechaniki  
Wydział Mechaniczny  
Politechnika Krakowska

Kraków, 2022-11-02

Recenzja osiągnięcia dr inż. Leszka Czechowskiego pod tytułem  
**„Nieliniowa analiza cienkościennych izotropowych i gradientowych  
struktur płytowych poddanych obciążeniom mechanicznym lub/i  
termicznym”**

sporządzona w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego  
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych,  
w dyscyplinie inżynieria mechaniczna

### **Podstawa formalna, prawna i dokumentacja wniosku**

1. Podstawę formalną opracowania niniejszej recenzji stanowi pismo Rady ds. Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej w dyscyplinach inżynieria mechaniczna, inżynieria materiałowa, reprezentowanej przez prof. dr hab. inż. Barbarę Błażejczyk-Okolewską, powołujące się na Uchwałę Nr 36/9/IIK/2022 Rady do spraw Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej z dnia 2 września 2022 roku, w sprawie powołania Komisji Habilitacyjnej w postępowaniu o nadanie dr inż. Leszkowi Czechowskiemu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.
2. Podstawę prawną opracowania niniejszej recenzji stanowi ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.
3. Recenzja została sporządzona na podstawie wniosku Habilitanta o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna, wraz z następującymi załącznikami: kopia dyplomu doktorskiego, autoreferat w języku polskim, autoreferat w języku angielskim, wykaz osiągnięć naukowych w języku polskim, wykaz osiągnięć naukowych w języku angielskim, kopie publikacji stanowiących podstawę wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego, oświadczenia współautorów prac oraz kopia certyfikatu odbycia stażu zagranicznego.

### **Ogólna charakterystyka Habilitanta**

Dr inż. Leszek Czechowski uzyskał w roku 2003 tytuł magistra inżyniera na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn, na Wydziale Mechanicznym Politechniki Łódzkiej. Promotorem pracy magisterskiej była prof. dr hab. inż. Katarzyna Kowal-Michalska. Po ukończeniu studiów magisterskich dr inż. Leszek Czechowski został zatrudniony na stanowisku asystenta w Katedrze Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji na Wydziale Mechanicznym Politechniki

Łódzkiej. W roku 2007 Habilitant uzyskał na tym samym wydziale stopień doktora nauk technicznych, w dyscyplinie mechanika. Rozprawa nosiła tytuł „Dynamiczna stateczność w zakresie sprężysto-plastycznym kompozytowych płyt prostokątnych poddanych złożonemu obciążeniu”, a promotorem pracy była również prof. dr hab. inż. Katarzyna Kowal-Michalska. Od roku 2007 do chwili obecnej Habilitant pracuje w tej samej katedrze na stanowisku adiunkta.

## Ocena osiągnięcia naukowego

### Opis ogólny osiągnięcia naukowego

Zgodnie z artykułem 219.1 p.2a oraz p.2b ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r., osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego może stanowić monografia lub cykl publikacji naukowych powiązanych tematycznie. Dr inż. Leszek Czechowski przedłożył do oceny jednotematyczny cykl publikacji pod wspólnym tytułem „**Nieliniowa analiza cienkościennych izotropowych i gradientowych struktur płytowych poddanych obciążeniom mechanicznym lub/i termicznym**”. W skład tego cyklu wchodzi 9 publikacji w czasopismach oraz 1 rozdział w monografii. Publikacje te ukazały się w latach 2013-2021, stanowią więc one aktualny dorobek podoktorski związany z badaniami zagadnień związanych ze strukturami płytowymi. Pięć spośród pozycji stanowiących osiągnięcie naukowe to prace autorskie. Osiem publikacji ukazało się w czasopismach notowanych w JCR.

Sumaryczny współczynnik wpływu publikacji wchodzących w skład osiągnięcia wynosi  $IF_5\text{-year}=28.87$ , a sumaryczna liczba punktów liczona wg odpowiedniego wykazu MEiN wynosi 1060, z czego na Habilitanta przypada 713.34.

### Charakterystyka publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego

[H1] Czechowski L., Kowal-Michalska K., **Static and dynamic buckling of rectangular functionally graded plates subjected to thermal loading**, *Strength of Materials* 2013, 45 (6).

W pracy tej przeprowadzono analizę odpowiedzi dynamicznej płyt wykonanych z materiału o funkcyjnie zmiennych właściwościach, poddanych obciążeniu jednorodnym w całej objętości impulsem temperatury trwającym jeden lub połowę okresu podstawowych drgań własnych płyty. Udział objętościowy materiałów składowych (ceramik+metal) opisany został przy użyciu funkcji potęgowej, natomiast właściwości kompozytu określono na podstawie teorii homogenizacji Voigta. Analizę różnych przypadków kinematycznych warunków brzegowych przeprowadzono przy użyciu metody elementów skończonych (pakiet ANSYS). Pominęto wpływ zmian temperatury na właściwości materiału. Wyniki analiz numerycznych wskazały, że krytyczne wartości dynamicznych obciążeń przyrostem temperatury silnie zależą od czasu trwania impulsu oraz od warunków podparcia płyty.

[H2] Czechowski L., **Study of dynamic buckling of FG plate due to heat flux pulse**, *International Journal of Applied Mechanics and Engineering* 2015, 20 (1), pp. 19-31.

Praca stanowi rozwinięcie tematyki poprzedniego artykułu o uwzględnienie niejednorodnego rozkładu temperatury wynikającego ze zdolności przewodzenia ciepła przez poszczególne warstwy płyty FGM, obciążonej po stronie ceramicznej impulsem strumienia ciepła (rozważono cztery kształty impulsu: prostokątny oraz trzy trójkątne). Wyniki numeryczne wskazały, że najbardziej niebezpieczny (skutkujący najmniejszą wartością  $DLF_{cr}$ ) jest impuls prostokątny, a odpowiedź płyty obciążonej impulsem strumienia ciepła różni się od odpowiedzi tej samej płyty poddanej impulsowi wymuszonego pola temperatury.

**[H3] Czechowski L., Analysis of dynamic response of functionally graded plate due to temperature pulse load, Composite Structures 2017, 160, pp. 625-634.**

W pracy zawarto analityczno-numeryczną analizę odpowiedzi dynamicznej płyty FGM poddanej impulsowi temperatury. Równania opisujące zachowanie się płyty wyprowadzone zostały przy użyciu klasycznej teorii płyt, z zastosowaniem równań Kármána. Przeanalizowane zostały różne przypadki kinematycznych warunków brzegowych (płyta podparta przegubowo, płyta utwierdzona) oraz założonych rozkładów temperatury po grubości płyty (stały, liniowo zmienny oraz sinusoidalnie zmienny). Wyniki porównane zostały z odpowiednimi rozwiązaniami przy zastosowaniu MES oraz wynikami opisywanymi w literaturze przedmiotu, stwierdzono dobrą zgodność.

**[H4] Czechowski L., Study on Strength and Stiffness of WC-Co-NiCr Graded Samples. Materials 2019, 12, 4166.**

Praca dotyczy metodyki wytwarzania oraz analizy wytrzymałościowej próbek wykonanych z warstwowego materiału FGM. Próbkę wykonano zostało przy użyciu detonacyjnego nakładania warstw z proszków o odpowiednich proporcjach materiałów składowych (WC oraz NiCr). Wykonano pomiary modułu sztywności przy pomocy nanoindentacji (wyniki okazały się zawyżone) oraz próby trójpunktowego zginania. W celu weryfikacji rzeczywistego rozkładu materiałów składowych po grubości próbki przeprowadzone zostały pomiary mikroskopowe SEM. W publikacji zawarto również wyniki symulacji numerycznej MES próby trójpunktowego zginania.

**[H5] Czechowski L., Kołakowski Z., Analysis of the Functionally Step-Variable Graded Plate Under In-Plane Compression, Materials 2019, 12, 4090.**

Obiektem badań w tej pracy były płyty ściskane złożone z różnej liczby warstw jednorodnych materiałów kompozytowych (Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) o różnym udziale zbrojenia w matrycy. Odpowiedź mechaniczna płyt (w stanie krytycznym i pokrytycznym) opisana została przy użyciu dwóch metod: analityczno-numerycznej, bazującej na asymptotycznym nieliniowym podejściu Koitera oraz numerycznej (MES).

**[H6] Czechowski L., Kołakowski Z., The study of buckling and post-buckling of a step-variable FGM box, Materials 2019, 12(6), 918.**

W publikacji zawarto rozważania analogiczne jak w pracy [H5], ale dotyczące dźwigarów (prostokątnościennych skrzyń) zbudowanych z warstwowego materiału FGM.

**[H7] Czechowski L., Kędziora S., Kołakowski Z., The Buckling and Post-Buckling of Steel C-Columns in Elevated Temperature, Materials 2020, 13(1),74.**

W pracy tej przedstawiono badania eksperymentalne oraz symulacje numeryczne zachowania się stalowych ceowników obciążonych ściskaniem powstałym wskutek wzrostu temperatury. Symulacje numeryczne wykonane zostały dwoma metodami: MES oraz metodą analityczno-numeryczną z zastosowaniem asymptotycznej teorii Koitera.

**[H8] Czechowski L., Gliszczyński A., Wiącek N., The Collapse of Titanium C-Column due to Thermal Compression, Materials 2020, 13(18), 4193.**

Publikacja stanowi kontynuację i uzupełnienie pracy [H7]. Opisano w niej eksperymentalne próby ściskania ceowników tytanowych oraz symulacje numeryczne tych prób. W badaniach eksperymentalnych oraz symulacjach numerycznych otrzymano porównywalne mapy odkształceń, jednak nieuwzględnienie wpływu temperatury na charakterystyki mechaniczne tytanu spowodowało duże ilościowe rozbieżności w wynikach eksperymentalnych i numerycznych.

**[H9] Czechowski L., Determination of load-carrying capacity of C-Profile glued Ti-Al column under temperature environment, Materials 2021, 14(11), 3013.**

Jest to kolejna praca dotycząca analizy stateczności kolumn o przekroju teowym, tym razem rozważane elementy konstrukcyjne były klejone z blachy aluminiowej i tytanowej. Istotnym ulepszeniem analizy numerycznej jest uwzględnienie zależności parametrów materiałowych od temperatury.

**[HM1] Czechowski L., Dynamic response of functionally graded plates and boxes subjected to thermal pulse loading, Buckling of Plate Structures in Analytical, Numerical and Experimental Investigations (2016), 30-48.**

W pracy zawarto rozwinięcie analiz stateczności dynamicznej płyt przedstawionych w publikacji [H1]. Rozważana jest cienkościenna skrzynia sześcienna o ścianach zbudowanych z materiału o funkcyjnie zmiennych właściwościach, poddana impulsowi temperatury (stałemu w całej objętości). Porównano rozwiązania dla różnych warunków podparcia rozpatrywanego dźwigara.

### **Podsumowanie i ocena wartości naukowej osiągnięcia**

Cykl publikacji przedstawiony jako osiągnięcie naukowe zawiera analizy numeryczne, eksperymentalne i teoretyczne cienkościennych elementów konstrukcyjnych zbudowanych z materiałów izotropowych lub materiałów o funkcyjnie zmiennych właściwościach. Jest to ważna problematyka badawcza, zarówno z naukowego jak i praktycznego punktu widzenia. Jest jednocześnie złożona, ze względu na trudności matematyczne i numeryczne związane ze zmiennością właściwości materiału FGM oraz efektami dynamicznymi wynikającymi z impulsowego charakteru obciążenia. Weryfikacja doświadczalna w zagadnieniach tego typu również nie jest łatwa.

Prace publikowane były regularnie od roku 2013 i pokazują systematyczny rozwój naukowy Habilitanta w zakresie tematyki badawczej oraz metod analizy konstrukcji cienkościennych. W zakresie geometrii zagadnień brzegowych Habilitant rozważał kolejno: płyty podparte na brzegach oraz płyty zamocowane, dźwigary cienkościenne skrzyniowe oraz kolumny o przekroju ceowym. W zakresie materiałów rozpatrywane były materiały o funkcyjnie

zmiennych właściwościach (ceramik-metal) w sposób ciągły, materiały FGM warstwowe, materiały jednorodne (stal, tytan) oraz materiały klejone z blach. W zakresie obciążeń Habilitant analizował impuls jednorodnego pola temperatury, impuls strumienia ciepła oraz ściskanie wywołane wzrostem temperatury. Problemy brzegowe Habilitant rozwiązywał stosując metodę elementów skończonych (pakiet ANSYS) lub zaproponowaną przez siebie metodę analityczno-numeryczną. Dla wybranych zagadnień wyniki symulacji numerycznych zweryfikowane zostały eksperymentalnie.

Do najważniejszych osiągnięć naukowych dr inż. Leszka Czechowskiego udokumentowanych w publikacjach [H1]-[H9] oraz [HM1] należą:

1. W aspekcie modelowania MES: zaproponowanie modeli numerycznych do analizy dynamicznej odpowiedzi płyt na impulsowe obciążenie termiczne oraz przedstawienie rozwiązań dla różnych sposobów modelowania obciążenia termicznego i rozkładu temperatury po grubości płyty. Istotnym osiągnięciem jest również przedstawienie modelowania MES struktur warstwowych z materiału FGM w zakresie krytycznym oraz pokrytycznym.
2. W zakresie analizy teoretycznej: rozszerzenie klasycznej teorii płyt do przypadku płyt FGM obciążonych termicznie.
3. W zakresie badań eksperymentalnych: zainicjowanie wytwarzania próbek gradientowych metodą detonacyjną nakładania warstw oraz wyznaczenie krzywych pracy cienkościennych ceowników poddanych obciążeniom mechanicznym lub termicznym.

**Uważam, że osiągnięcia te stanowią istotny wkład w dyscyplinę inżynieria mechaniczna.**

## **Ocena pozostałej aktywności naukowej Habilitanta**

Pozostała aktywność naukowa Habilitanta przejawia się w dorobku publikacyjnym (poza pracami przedstawionymi do oceny jako osiągnięcie), udziale w konferencjach naukowych, współpracy z innymi ośrodkami i w realizacji projektów badawczych. Ważniejsze przykłady tej aktywności są następujące:

1. W latach 2008-2021 Habilitant opublikował 27 artykułów (w tym 15 w czasopismach notowanych w JCR), jeden rozdział w monografii, 7 publikacji w materiałach z konferencji o zasięgu międzynarodowym oraz 8 publikacji w materiałach o zasięgu krajowym. Za swoją działalność publikacyjną Habilitant dwukrotnie otrzymał nagrodę Rektora Politechniki Łódzkiej.
2. Dr inż. Leszek Czechowski prezentował swój dorobek na 13 konferencjach (wygłosił łącznie 16 referatów).
3. Habilitant brał udział w realizacji 5 projektów badawczych NCN, w tym w jednym z nich (projekt MINIATURA) pełnił rolę kierownika.
4. Habilitant uczestniczył też jako wykonawca w realizacji 3 projektów finansowanych przez NCBiR
5. Aktywność naukową dr inż. Leszka Czechowskiego uzupełniają recenzje artykułów w czasopismach z listy JCR, których wykonał 16.



6. W zakresie współpracy z innymi ośrodkami z otoczenia społeczno-gospodarczego Habilitant wielokrotnie współpracował z przemysłem, w tym z następującymi firmami: Saint-Gobain, Lindab, WAT, BSH, La Farge, OKB, WZL Łódź, InterSpace, ABB oraz AIRBUS HELICOPTERS. Współpraca dotyczyła analiz wytrzymałościowych oraz symulacji numerycznych szerokiego spektrum zagadnień inżynierskich.
7. Aktywność naukowa Habilitanta realizowana była głównie w Politechnice Łódzkiej, niemniej jednak dr inż. Leszek Czechowski wykazuje się również istotną aktywnością naukową realizowaną w innych instytucjach naukowych (również zagranicznych), takich jak WAT, Instytut Technologii Bezpieczeństwa "MORATEX" w Łodzi oraz Wydział Nauki, Technologii i Medycyny w Luksemburgu.

Wskaźniki bibliometryczne całościowego dorobku naukowego Habilitanta, obejmującego prace wykonane przed i po uzyskaniu przez niego stopnia doktora, wynoszą: sumaryczny współczynnik wpływu opublikowanych artykułów (wg stanu w roku 2020)  $IF=82,327$ ; liczba cytowań bez autocytowań –  $LC=86$  (wg Scopus, 77 wg Web of Science); indeks Hirscha  $h=6$  (wg Scopus oraz wg Web of Science). Uwzględniając punktację czasopism zawartą w wykazie ministerialnym Habilitant zgromadził łącznie 3051 punktów.

**Całościowy dorobek naukowy publikacyjny dr inż. Leszka Czechowskiego oraz jego udział w konferencjach i projektach badawczych oceniam pozytywnie. Uważam, że jest on wystarczający dla osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego.** W mojej opinii wymagania definiowane odpowiednimi przepisami prawnymi oraz przyjętymi standardami akademickimi są spełnione, a Habilitant jest przygotowany do samodzielności naukowej.

## Ocena dorobku dydaktycznego

Dr inż. Leszek Czechowski prowadzi zajęcia ćwiczeniowe, laboratoryjne i wykładowe z mechaniki, wytrzymałości materiałów oraz symulacji numerycznych przy użyciu metody elementów skończonych. Zajęcia te realizowane są na wielu kierunkach studiów, takich jak Inżynieria Materiałowa, Mechanika i Budowa Maszyn, Transport, Mechatronika, Elektrotechnika oraz Papiernictwo i Poligrafia. Habilitant prowadzi też zajęcia w języku angielskim w Centrum Kształcenia Międzynarodowego Politechniki Łódzkiej. W trakcie swojej dotychczasowej pracy dydaktycznej nadzorował 6 kierunkowych projektów grupowych, był promotorem 7 prac inżynierskich oraz 5 magisterskich, pełnił rolę promotora pomocniczego zakończonej pracy doktorskiej, jest promotorem pomocniczym dwóch innych prac doktorskich w toku, uczestniczył też w komisji obrony pracy doktorskiej na Wydziale Nauki, Technologii i Medycyny Uniwersytetu w Luksemburgu.

**Dorobek dydaktyczny Habilitanta oceniam pozytywnie.**

## Ocena aktywności organizacyjnej

W zakresie aktywności organizacyjnej Habilitant wykazuje następującą działalność:



1. Czynny udział w opracowaniu nowych programów kształcenia zarówno na studiach stacjonarnych jak i niestacjonarnych.
2. Obsługa strony internetowej Katedry Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji.
3. Do działalności organizacyjnej można też zaliczyć bardzo intensywne działania Habilitanta w sferze kontaktów z różnymi podmiotami gospodarczymi, na przykład w postaci recenzowania projektów przemysłowych.
4. W latach 2009-2011 Habilitant uczestniczył jako trener w projekcie POKL 4.1.1. pt „Podwyższanie kompetencji kadry akademickiej i umiejętności absolwentów w aspekcie nowoczesnych metod analiz, symulacji i optymalizacji w procesie projektowania i eksploatacji”.

**Aktywność organizacyjną Habilitanta oceniam pozytywnie.**

## **Wniosek końcowy**

Przeprowadzone prace studialne, analiza teoretyczna, obszerne symulacje numeryczne w ramach modelowania cienkościennych struktur płytowych oraz pozostały dorobek naukowy, stanowią spójną i istotną część ważnej problematyki badawczej w inżynierii mechanicznej. Wykazane osiągnięcia są potwierdzeniem wiedzy Habilitanta o złożonych zagadnieniach związanych z wytwarzaniem, badaniem eksperymentalnym i modelowaniem struktur cienkościennych. Uwzględniając przedstawiony dorobek naukowy, doświadczenia zawodowe, zestawienie innych osiągnięć oraz dorobek w zakresie kształcenia uważam, że dorobek ten, w rozumieniu całościowym, spełnia wymagania ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku (Dz.U. 2018 poz. 1668). Zatem zgodnie z Rozporządzeniem MNiSW z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin i dyscyplin naukowych i artystycznych (Dz. U. z dnia 20 września 2018 r. poz.1818), **wnioskuję do Rady ds. Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej w dyscyplinach inżynieria mechaniczna, inżynieria materiałowa o nadanie dr inż. Leszkowi Czechowskiemu stopnia doktora habilitowanego nauk technicznych w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.**