

Wpł. 15. 11. 2022

prof. dr hab. inż. Jerzy Małachowski
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Wojskowa Akademia Techniczna
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2
00-908 Warszawa
Tel.: +48 261 83 91 40
E-mail: jerzy.malachowski@wat.edu.pl

Warszawa, dn. 08.11.2022 r.

Recenzja

**na temat dorobku dr. inż. LESZKA CZECHOWSKIEGO ubiegającego się o nadanie
stopnia naukowego doktora habilitowanego**

1. Podstawa opracowania

Podstawę opracowania stanowi pismo (sygn. W/Z67/2022) z Rady ds. Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej w dyscyplinach inżynieria mechaniczna, inżynieria materiałowa, sygnowane przez Panią Przewodniczącą prof. dr hab. inż. BARBARĘ BŁAŻEJCZYK-OKOLEWSKĄ i dołączona do niego treść uchwały Nr 36/9/IIK/2022 Rady z dn. 02.09.2022 r. o powołaniu na recenzenta w związku z wszczętym postępowaniem o nadanie dr. inż. LESZKOWI CZECHOWSKIEMU z Politechniki Łódzkiej stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna wraz ze stosowną dokumentacją.

2. Sylwetka Habilitanta

Dr inż. Leszek Czechowski zakończył studia w roku 2003 na Wydziale Mechanicznym Politechniki Łódzkiej broniąc rozprawę magisterską na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn w Katedrze Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji, której promotorem była prof. dr hab. inż. Katarzyna Kowal-Michalska. W dn. 14.12.2007 r. Rada Wydziału Mechanicznego Politechniki Łódzkiej nadała Habilitantowi stopień doktora w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie mechanika, w specjalności wytrzymałość materiałów, na podstawie obrony rozprawy doktorskiej pt. *„Dynamiczna stateczność w zakresie sprężysto-plastycznym kompozytowych płyt prostokątnych poddanych złożonemu obciążeniu”*, której promotorem była także prof. dr hab. inż. Katarzyna Kowal-Michalska.

Pan dr inż. Leszek Czechowski na swojej ścieżce zawodowej zajmował kolejne stanowiska:

- w okresie 10.2003–16.12.2007 r. – asystent w Katedrze Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji Wydziału Mechanicznego Politechniki Łódzkiej,
- od dn. 17.12. 2007 r. – obecnie adiunkt w Katedrze Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji Wydziału Mechanicznego Politechniki Łódzkiej.

3. Tematyka badawcza dotycząca postępowania habilitacyjnego

Podstawą ubiegania się o stopień doktora habilitowanego jest cykl 9 publikacji (o charakterze eksperymentalnym i analityczno-numerycznym) pt. „*Nieliniowa analiza cienkościennych izotropowych i gradientowych struktur płytowych poddanych obciążeniom mechanicznym lub/i termicznym*”. Należą do niego następujące artykuły:

- 1) Czechowski L., Kowal-Michalska K., *Static and dynamic buckling of rectangular functionally graded plates subjected to thermal loading*, Strength of Materials, 2013, 45 (6), IF 2020=0.620, IF_{5-year}=0.741, punkty MEiN 40 (15 pkt z roku 2013),
- 2) 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, punkty MEiN 20 (14 pkt z 2015),
- 3) Czechowski L., *Analysis of dynamic response of functionally graded Plate due to temperature pulse load*, Composite Structures, 2017, 160, pp. 625-634, IF 2020=5.407, IF_{5-year}=5.535, punkty MEiN 140 (40 pkt z roku 2017),
- 4) Czechowski L., *Study on strength and stiffness of WC-Co-NiCr graded samples*. Materials 2019, 12, 4166, IF 2020=3.623, IF_{5-year}=3.920, punkty wg. MEiN 140,
- 5) Czechowski L., Kołakowski Z., *Analysis of the functionally step-variable graded plate under in-plane compression*, Materials 2019, 12, 4090, IF 2020=3.623, IF_{5-year}=3.920, punkty wg. MEiN 140,
- 6) Czechowski L., Kołakowski Z., *The study of buckling and post-buckling of a step-variable FGM box*, Materials 2019, 12(6), 918, IF 2020=3.623, IF_{5-year}=3.920, punkty wg. MEiN 140,
- 7) Czechowski L., Kędziora S., Kołakowski Z., *The buckling and post-buckling of steel c-columns in elevated temperature*, Materials, 2020, 13(1), 74, IF 2020=3.623, IF_{5-year}=3.920, punkty wg. MEiN 140,
- 8) Czechowski L., Gliszczyński A., Wiącek N., *The collapse of titanium C-column due to thermal compression*, Materials 2020, 13 (18), IF 2020=3.623, IF_{5-year}=3.920, punkty wg. MEiN 140,

- 9) **Czechowski L.**, *Determination of load-carrying capacity of C-profile glued Ti-Al column under temperature environment*, Materials, 2021, 14(11), IF 2020=3.623, IF_{5-year}=3.920, punkty wg. MEiN 140.

Przedstawione do oceny publikacje stanowią zgodnie z zapisami stosownej Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* cykl powiązanych tematycznie artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych. Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, iż w przedstawionym cyklu dziewięciu publikacji, aż w czterech z nich Habilitant jest jedynym autorem. Ten fakt bezspornie potwierdza znaczący wkład merytoryczny Autora dokumentacji habilitacyjnej w prowadzone badania i osiągnięte oryginalne wyniki. W pozostałych pięciu pracach współautorskich Habilitanta został jasno określony Jego większościowy wkład naukowy, co znalazło odzwierciedlenie w załączonych oświadczeniach współautorów. Dr inż. Leszek Czechowski zawarł wyniki swoich prac badawczych w czterech głównych czasopismach: *Strength of Materials*, *International Journal of Applied Mechanics and Engineering*, *Composite Structures* i *Materials*. Należy jednak zauważyć, że aż sześć artykułów ukazało się w czasopiśmie typu *open access* (*Materials*) będącym na liście czasopism MEiN. Artykuły publikowane są w tym wydawnictwie w bardzo licznej grupie tzw. wydań specjalnych. Ten fakt obecnie jest mocno dyskutowany w środowisku naukowym. Recenzent w swojej opinii skupia się jednak na najważniejszych treściach naukowych zawartych w opublikowanym cyklu artykułów, gdyż one stanowią podstawę niniejszego postępowania habilitacyjnego i jako takie w tym aspekcie winny być oceniane.

Autor dokumentacji habilitacyjnej w przedstawionym do oceny cyklu dokonał szczegółowego opisu każdej z prac. Zbiór tychże prac skupia się na analizach teoretycznych (analitycznych), symulacjach numerycznych i badaniach doświadczalnych cienkościennych elementów konstrukcyjnych wykonanych z materiałów izotropowych i gradientowych. Habilitant dla potrzeb prowadzonych badań numerycznych zaproponował opis zachowania się struktur gradientowych bazując na opracowanych przez siebie modelach numerycznych, które zostały uwiarygodnione na podstawie dokonanych porównań otrzymanych wyników z analiz numerycznych z rezultatami uzyskanymi z badań eksperymentalnych. Zaproponowana przez Habilitanta metodyka badawcza i otrzymane wyniki pozwoliły poznać mechanizmy odpowiedzialne za stateczność badanych konstrukcji FGM (ang. *Functionally Graded Material*), które uwiadacznią się w jednorodnych lub zmiennych gradientowo cienkościennych elementach płytowych poddanych obciążeniom termomechanicznym o charakterze statycznym i dynamicznym.

Z punktu widzenia zarówno naukowego, jak też i wkładu oryginalnego Habilitanta, za wartościowe i autorskie, w opinii Recenzenta, należy uznać m.in. następujące osiągnięcia i powstałe na ich bazie wnioski, które zawarto w poszczególnych artykułach:

- W pracy (1) zaprezentowano oryginalne modele numeryczne pozwalające prowadzić analizy dynamiczne odpowiedzi płyt gradientowych na impulsowe obciążenia termiczne dla różnych czasów trwania impulsu. Wykazano, że podobnie jak w przypadku mechanicznych obciążeń o charakterze impulsowym, odpowiedzi dynamiczne płyty i dynamiczne wartości przyrostu temperatury silnie zależą od czasu trwania impulsu oraz od warunków brzegowych. Autorzy prowadzili jednak analizy przy założeniu, że właściwości materiału są niezależne od temperatury i pominęli istnienie w strukturze początkowych niejednorodności (imperfekcji).
- W autorskiej publikacji (2) zostało zaproponowane modelowanie numeryczne pozwalające na analizę płyt składających się z materiałów gradientowych poddanych strumieniowi cieplnemu o określonej funkcji i czasie trwania. Dzięki tym badaniom Autor uzyskał możliwość oceny zachowania się płyt w krótkim czasie trwania, porównywalnym z okresem podstawowych drgań własnych, przy zastosowaniu rozkładu temperatury wynikającej z przewodności materiałów gradientowych.
- W artykule (3) przedstawiono wyprowadzenie równań klasyczną metodą analityczno - numeryczną przy zastosowaniu parametrowej funkcji ugięcia w zakresie analizy dynamicznej płyt gradientowych poddanych obciążeniom termicznym, których wyniki są porównywalne z wynikami uzyskanymi metodą elementów skończonych. Taka implementacja klasycznej teorii płyt bazująca na zastąpieniu zmiennych właściwości materiałowych pojedynczymi stałymi umożliwiła Autorowi przeprowadzić obliczenia dla kilku rozkładów temperatury względem grubości płyty gradientowej oraz uzyskać ścieżki równowagi w znacznie krótszym czasie niż z wykorzystaniem modelowania metodą elementów skończonych.
- Unikatowym zagadnieniem było także zainicjowanie przez Autora w wytwarzania próbek gradientowych metodą detonacyjnego nakładania warstw (pozwala to na tworzenie układu warstw o umiarkowanie cienkościennych ściankach) oraz przeprowadzenie testów empirycznych na tych próbkach zbudowanych zarówno z pojedynczych komponentów, jak i materiałów gradientowych w celu oceny ich sztywności i wytrzymałości. Badania te stanowiły dla Habilitanta także źródło do oceny parametrów mechanicznych tychże materiałów, a przeprowadzone analizy z wykorzystaniem SEM (ang. *Scanning Electron Microscope*) pozwoliły uzyskać rzeczywisty rozkład materiałów gradientowych. Prace badawcze wykazały m.in. że metoda indentacyjna wyznaczenia modułu Younga zawyża uzyskiwane wartości w porównaniu z wynikami uzyskanymi w próbie zginania. Efekty te opublikowano w pracy (4).
- We współautorskich publikacjach (5 i 6) zaprezentowano wyniki z przeprowadzonych badań analityczno-numerycznych zachowania się dwóch gradientowych konstrukcji płytowych poddanych obciążeniom statycznym różnej liczbie warstw materiału gradientowego (struktury FGM). Problem rozwiązano dwiema metodami: metodą elementów skończonych oraz nieliniową asymptotyczną metodą Koitera. W ten sposób udowodniono wpływ układu warstw na osiąganą wartość siły krytycznej oraz na

odpowiedź statyczną w tzw. zakresie pokrytycznym. Dodatkowo wykazano, że podejście analityczne jest bardzo przydatne do interpretacji zjawisk towarzyszących oddziaływaniu różnych postaci wyboczenia w pełnym zakresie obciążenia.

- Ostatnie trzy publikacje (7, 8 i 9) skupiały się na wyznaczeniu charakterystyk sztywnościowych dla ceowników poddawanych obciążeniom mechanicznym lub/i termicznym na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych i złożonych symulacji numerycznych. Ten rodzaj sprzężonych analiz numeryczno - eksperymentalnych wykazał poprawność zachowania się zaproponowanych autorskich modeli numerycznych, dzięki którym było możliwe prowadzenie obliczeń w celu prognozowania wpływu temperatury na zachowanie się testowanych trzech struktur o przekroju ceowym (wykonanych ze stali walcowanej na zimno, tytanu oraz układu połączonych warstw tytanu i aluminium) i wyznaczanie następnie ich nośności. W przypadku ceownika stalowego dodatkowo przeprowadzono analizy nieliniową asymptotyczną metodą Koitera.

W zakresie przedstawionych i omówionych przez Habilitanta badań opisanych w autoreferacie oraz opracowanych podsumowań i wniosków, Recenzent widzi możliwość rozbudowania przedstawionego zakresu badawczego na przyszłych etapach mając na względzie następujące kluczowe aspekty, do których zalicza m.in.:

- Analizę zagadnień stateczności konstrukcji/struktur badanych metodami numerycznymi i dobór parametrów rozwijanych modeli dyskretnych MES (gęstość siatki, jej opis topologiczny czy np. możliwość implementacji metod adaptacyjnych) w celu wypracowania w przyszłości procedur i kryteriów (może standardów) ze szczególnym ukierunkowaniem na modelowanie struktur wykonanych z materiałów gradientowych w warunkach obciążeń termomechanicznych o charakterze statycznym i dynamicznym.
- W zaprezentowanej literaturze dziewięciu publikacji występuje pewien niedosyt w zakresie implementacji zaawansowanych modeli konstytutywnych, w tym szczególnie np. ujęcie typu lokalno-globalne, czyli wypracowanie na poziomie lokalnym zastępczych parametrów materiałowych (np. uwzględniających opis występowania faz przejściowych, granic materiałowych lub wszelkiego typu niejednorodności i nieciągłości w strukturze materii z uwzględnieniem np. wartości naprężenia resztkowego po procesie wybuchowego nanoszenia kolejnych warstw) i następnie przeniesienie ich na poziom analiz globalnych. W opinii Recenzenta w przedstawionych zagadnieniach zaawansowane modelowanie konstytutywne odgrywa kluczową rolę w ocenie nie tylko jakościowej, ale i ilościowej, a także przy opisie procesów i zjawisk zachodzących na granicy ośrodków (np. możliwość wystąpienia delaminacji w strukturach wielowarstwowych charakteryzujących się znaczną różnicą sztywności poszczególnych warstw).
- Ujęcie modelowanego zagadnienia z elementami probabilistycznymi odnoszącymi się czy to do opis warunków początkowo-brzegowych, czy też do lokalnej zmienności sztywności materiału wynikającej np. z niejednorodności lub nieciągłości charakteryzującej się rozkładem stochastycznym.

W zakresie innych badań, które nie zostały opisane w cyklu publikacji, a które niewątpliwie stanowią podstawę do ich podkreślenia z uwagi na wagę podejmowanych do rozwiązania problemów, należy zaliczyć także pozostałe prace Habilitanta (równie cenne), które prezentują opracowane autorskie modele i uzyskane rezultaty dające podstawę, by na ich bazie uzyskać wnioski badawcze zbieżne w pewnym zakresie z głównym osiągnięciem:

1. Opracowanie modeli numerycznych i ich walidacja z wykorzystaniem rezultatów badań eksperymentalnych dla struktur wykonanych z papieru, które poddawano różnym obciążeniom mechanicznym: tuby wielowarstwowe zgniatane poprzecznie, ściskanie tacek, zginanie tektur o rdzeniu z plastra miodu oraz zginanie pięciowarstwowych tektur falistych w układzie niesymetrycznym.
2. Opracowanie modeli i prowadzenie analiz dynamicznych dla struktur cienkościennych poddanych impulsowemu skręcaniu.
3. Opracowanie modeli numerycznych, dobór parametrów materiałowych i ich walidacja na bazie wyników empirycznych ściskania dynamicznego pianek/wypełniaczy oraz przeprowadzenie badań eksperymentalnych i analiz odwzorowujących zginanie statyczne belek przekładkowych stosowanych w pojazdach.
4. Opracowanie metodyki badań empirycznych i numerycznych z wykorzystaniem teorii Hilla do opisanie zachowania się struktur kompozytowych.

Do innych szczególnie ważnych osiągnięć naukowych Habilitanta po obronie rozprawy doktorskiej można bez wątpienia zaliczyć m.in.:

- autorstwo jednego rozdziału książki “*Statics, dynamics and stability of structures. Vol. 4. Buckling of plate structures in analytical, numerical and experimental investigations*” wydanej w roku 2016 przez Technical University of Lodz oraz książki *Stability of Thin-Walled Plate Structures* z roku 2011 także wydanej w Łodzi,
- autorstwo i współautorstwo w 27 artykułach wydanych m. in. w takich czasopismach jak: *Composites Part B: Engineering* (1 publikacja), *Composite Structures* (3 publikacje), *Materials* (6 publikacji), *Mechanics of Composite Materials* (1 publikacja), *Journal of Theoretical and Applied Mechanics* (1 publikacja), *Fibres and Textiles in Eastern Europe* (1 publikacja) oraz w *The Archives of Automotive Engineering* (1 publikacja),
- autorstwo i współautorstwo wygłoszonych referatów na konferencjach o zasięgu krajowym (w liczbie 8 referatów) oraz międzynarodowym (w liczbie 7 referatów, w tym m. in. referat na 19-th International Conference on Composite Structures w Porto w Portugalii oraz referat podczas 3-rd International Conference on Buckling

and Postbuckling Behaviour of Composite Laminated Shell Structures w Braunschweig w Niemczech),

- bardzo aktywne uczestnictwo w realizacji krajowych projektów badawczych (w 8 projektach pełnił rolę wykonawcy, a w jednym projekcie przyznany przez NCN (konkurs Miniatura) pełnił rolę kierownika),
- wykonanie łącznie 16 recenzji w czasopismach naukowych, także dla wydawnictw zagranicznych m.in. MDPI *Metals*, MDPI *Materials* czy *Biosystems Engineering* Elsevier,
- udział w realizacji 15 prac dla partnerów w dużej mierze przemysłowych, dokonanie ocen o charakterze analityczno-eksperymentalnym w większości przypadków implementując metody numeryczne mechaniki dla potrzeb analiz wytrzymałościowych lub oszacowań normowych, a szczególnie należy podkreślić badania i analizy numeryczne na rzecz partnera Airbus Helicopters oraz udział w badaniach numerycznych na rzecz dwóch projektów badawczych realizowanych przez Wojskową Akademię Techniczną, w tym jeden z nich realizowany we współpracy z Wydziałem Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej,
- odbycie miesięcznego stażu w roku 2021 na uniwersytecie w Luksemburgu w zakresie badań nad wytwarzaniem i prowadzenie analiz wytrzymałościowych drukowanych próbek PLA wzmacnianych proszkiem grafenowym.

W podsumowaniu należy podkreślić, iż działalność Habilitanta wyraża się w szeregu obszarach badawczych. Oczywiście, ten główny ciężar dotyczy badań i analiz zachowania materiałów gradientowych implementowanych w konstrukcjach dla potrzeb ich oceny wytrzymałościowej oraz analiz stateczności. Badania tego typu Autor prowadził także dla struktur wykonanych również z innych materiałów (np. stal, aluminium, tytan, kompozyty wielowarstwowe, tektura, itp.). Łączna działalność o charakterze publikacyjnym mierzona liczbą publikacji (autorskich/współautorskich) to 36 artykułów naukowych, 2 rozdziały w monografiach, 5 prac w recenzowanych materiałach konferencyjnych oraz 11 krótkich komunikatów i streszczeń. Godnym zauważenia jest także fakt, iż przedstawione osiągnięcia Autora dokumentacji habilitacyjnej zostały nagrodzone dwukrotnie nagrodą Rektora Politechniki Łódzkiej za działalność publikacyjną.

Dr inż. Leszek Czechowski brał także czynny udział w opracowaniu nowych programów kształcenia zarówno na studiach stacjonarnych, jak i niestacjonarnych. W trakcie swojej kilkunastoletniej pracy w Politechnice Łódzkiej wykonał kilkadziesiąt prac badawczych, obliczeniowych oraz recenzji projektów przemysłowych na rzecz podmiotów gospodarczych.

Dorobek publikacyjny Habilitanta po uzyskaniu stopnia doktora to 23 artykuły w czasopismach z tzw. listy JCR o sumarycznej wartości współczynnika wpływu (*IF*) równym 82.327. Liczba cytowań tychże publikacji bez autocytowań wynosi 86 (wg bazy *Scopus*) oraz 77 (wg *Web of Science*). Powyższe dane skutkują wartością indeksu Hirscha odpowiednio 6 dla obu baz. Przedstawione wartości parametrów naukometrycznych nie budzą wątpliwości Recenzenta i wskazują na aktualność oraz zainteresowanie środowiska naukowego realizowanymi przez Habilitanta badaniami oraz osiągniętymi rezultatami.

Recenzent pragnie jednak zauważyć, iż w cyklu prac do wyliczeń wartości współczynnika wpływu (*IF*) została dla czasopisma *Materials* przyjęta wartość *IF* z roku 2020 równa 3.623, a artykuły ukazały się odpowiednio: H4 w roku 2019, H5 w roku 2019, H6 w roku 2019, a H9 w roku 2021. Wartość *IF* w roku 2019 wynosiła odpowiednio 3.057, a w roku 2021 3.748. Szczegółowe dane w tym zakresie zawarte są na stronie czasopisma (<https://www.mdpi.com/journal/materials/stats>).

Podsumowując osiągnięcia naukowe i badawcze dr. inż. Leszka Czechowskiego, będące podstawą nadania stopnia doktora habilitowanego, należy uznać, że stanowią one znaczny wkład Habilitanta w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna. Sam Autor swoją postawą i licznymi podjętymi aktywnościami wykazał się znaczną liczbą dokonań, które z pewnością potwierdzają Jego predyspozycje do pełnienia roli samodzielnego pracownika nauki, a tym samym mogą być podstawą do nadania stopnia doktora habilitowanego.

4. Wniosek końcowy

Po przeprowadzeniu oceny, w opinii Recenzenta, dorobek dr. inż. LESZKA CZECHOWSKIEGO zaprezentowany we wniosku habilitacyjnym spełnia wymogi odnośnie postępowania habilitacyjnego, określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*, i może stanowić podstawę ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna.

Wnoszę o nadanie dr. inż. LESZKOWI CZECHOWSKIEMU stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna.

