

Prof. dr hab. inż. Witold Cecot  
Politechnika Krakowska  
Wydział Inżynierii Lądowej  
Instytut Technologii Informatycznych w Inżynierii Lądowej  
Katedra Metod Obliczeniowych w Mechanice  
tel. 12-628-2167, e-mail: plcecot@cyf-kr.edu.pl

Kraków, 03.03.2017

## Ocena

### **osiągnięć naukowych oraz aktywności naukowej dr. inż. Artura Wirowskiego w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego**

Niniejszą opinię opracowałem na podstawie pisma Dziekana Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej dr hab. inż. Marka Lefika, prof. PŁ, wysłanego dnia 9 stycznia 2017 r. wraz z wymaganymi dokumentami, przygotowanymi przez Kandydata. Podstawą prawną opracowania opinii jest również ustawa z dnia 14 marca 2003 o stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki [Dz. U. nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami Dz. U. z 2014 r. poz. 1852, z 2015 r. poz. 249, 1767] i Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia z dnia 30 października 2015 [Dz. U z 2015 r., poz. 1842].

## 1 Podstawowe dane o Kandydacie

Dr inż. Artur Wirowski [REDACTED] ukończył dwa kierunki studiów magisterskich; budownictwo i informatykę, oba na Politechnice Łódzkiej, odpowiednio w latach 2004 i 2006. Kandydat ukończył również studia doktoranckie na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska tej samej uczelni, a w 2009 r. obronił pracę doktorską pod kierunkiem prof. dr hab. B. Michalaka p.t. *Analiza dynamiczna płyt pierścieniowych wykonanych z materiałów o funkcyjnej gradacji własności*.

Dr inż. A. Wirowski od roku 2005 pracuje na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska w Katedrze Mechaniki Konstrukcji, początkowo jako asystent, a po uzyskaniu stopnia doktora na stanowisku adiunkta.

## 2 Ocena osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe uzyskane po otrzymaniu stopnia doktora Kandydat przedstawił monografię

A. Wirowski. *Modelowanie tolerancyjne dynamiki mikroniejednorodnych płyt pierścieniowych*, 2016.

Praca dotyczy zastosowania techniki tolerancyjnego uśredniania do obliczania częstości drgań własnych pierścieniowych płyt kompozytowych z mikrostrukturą powodującą, że w skali makroskopowej właściwości mechaniczne płyt zmieniają się w sposób ciągły czyli charakteryzują się tzw. funkcjonalną gradacją globalnych parametrów materiałowych.

Rozwijane przez Autora podejście do homogenizacji było zaproponowane w 2000 r. przez C. Woźniaka oraz E. Wierzbickiego i jest krótko omówione w jednym z początkowych rozdziałów monografii na tle podobnych podejść jakimi są teorie homogenizacji konsystentnej i semikonsystentnej. W algorytmie tolerancyjnego uśredniania przyjmuje się dekompozycję (aproksymację) rozwiązania zależną od parametru homogenizacji (skali), specjalnych odpowiednio dobranych funkcji szybkozmiennych, zwanych funkcjami kształtu fluktuacji, niewiadomego uśrednionego przemieszczenia oraz ciągu nieznanymi fluktuacji amplitudy. Po wstawieniu takiej dekompozycji rozwiązania do modelu zagadnienia w postaci mocnej (równań różniczkowych), zwanej przez Autora opisem bezpośrednim, mnoży się te równania przez funkcje testowe, np. tzw. funkcje kształtu fluktuacji. Prowadzi to do układu równań różniczkowych cząstkowych. Dodatkowo, stosując odpowiednie twierdzenia techniki tolerancyjnego modelowania otrzymuje się przybliżone postacie tych równań z wolnozmiennymi współczynnikami. Te same równania można otrzymać na podstawie sformułowania słabego (funkcjonału Lagrange'a) nazwanego podejściem energetycznym. Rozwiązując te równania numerycznie za pomocą metody różnic skończonych (MRS) Autor oblicza niewiadome wolno i szybko zmienne funkcje występujące we wprowadzonej na wstępie dekompozycji rozwiązania.

W kolejnych rozdziałach Habilitant przedstawia szczegółowe wzory wynikające z techniki tolerancyjnego uśredniania dla płyt pierścieniowych znajdujących się na podłożu sprężystym Winklera i zbrojonych zarówno wzdłuż promieni jak i obwodowo. W szczególności przedstawiono sformułowanie dla zagadnienia drgań własnych stosując biegunowy układ współrzędnych. W dalszej części monografii przedstawiono wyniki obliczeń wykonanych autorskim programem komputerowym. Analizowany jest m.in. wpływ przyjmowanych funkcji aproksymujących w technice tolerancyjnego uśredniania na dokładność obliczanych częstości drgań własnych oraz wpływ różnych parametrów zadania na wyniki. Przedstawiono również wyniki analizy drgań wymuszonych dla utwierdzonej płyty prostokątnej.

Rozwinięcie zastosowania techniki tolerancyjnego uśredniania dla zagadnień dynamiki płyt niejednorodnych jest oryginalnym osiągnięciem Habilitanta. Wyniki uzyskane za pomocą techniki tolerancyjnej homogenizacji są poprawne, na co wskazują porównania z rozwiązaniami uzyskanymi bezpośrednio za pomocą metody elementów skończonych (MES). Uważam, że wartościowym elementem monografii jest analiza zbieżności

wyników numerycznych w zależności od liczby komórek periodyczności.

Zabrakło jednak porównania obliczonych postaci drgań własnych z rozwiązaniami referencyjnymi oraz dyskusji ilościowej oceny błędu wynikającego z zastosowania homogenizacji, jak również efektywności (czasu) obliczeń. To ostatnie porównanie byłoby ciekawe ze względu na to, że rozwiązywane przez Autora równania są bardzo rozbudowane. Niektóre, zapisane niewielką czcionką zajmują całą stronę. Zabrakło też komentarza dlaczego zastosowano dyskredytację MRS, a nie MES.

W monografii omówione są ponadto krótko pewne modyfikacje metody tolerancyjnego uśredniania czyli tolerancyjny model asymptotyczny i model asymptotyczno tolerancyjny. Nie przedstawiono jednak porównania stosowanej techniki tolerancyjnego modelowania z metodą homogenizacji asymptotycznej, będącej najlepiej umotywowaną matematycznie i dobrze znaną metodą homogenizacji. Tym bardziej, że dla zagadnień eliptycznych z periodyczną mikrostrukturą modelowanie tolerancyjne jest prawdopodobnie inaczej sformułowaną metodą homogenizacji matematycznej, gdyż modelowanie tolerancyjne jest rozwinięciem metody uśrednienia nazwanej przez jej twórcę, C. Woźniaka, metodą parametrów mikrolokalnych. Jak z kolei wykazano w pracy

T. Lewiński. *On the interrelation between microlocal parameter and homogenization approaches to the periodic elastic solids*. Bull.Polon.Acad.Sci., Tech. Sci. 35 (1987) 383-391.

metoda ta jest pewnym przeformułowaniem matematycznej teorii homogenizacji asymptotycznej.

### 3 Ocena aktywności naukowej

Tematyka najważniejszych publikacji nie wchodzących w skład osiągnięcia naukowego Kandydata, opublikowanych w latach 2012-2015, a więc w czteroletnim okresie od 3 do 6 lat po doktoracie dotyczy, podobnie jak monografia, głównie modelowania drgań płyt z mikrostrukturą skutkującą wolno zmieniającymi się makroskopowo obserwowalnymi właściwościami mechanicznymi.

W artykule

1. Michalak B., Wirowski A., *Dynamic modelling of thin plate made of certain functionally graded materials*, Meccanica, 2012, IF=1.83,

w którego powstaniu Habilitant miał ok. 50 % udział, zostało przedstawione zastosowanie metody tolerancyjnego uśredniania do obliczania częstości drgań własnych płyt kompozytowych z mikrostrukturą dającą materiał o funkcjonalnej gradacji globalnych, obserwowalnych w skali makro, właściwości mechanicznych. Dla płyt pierścieniowych sformułowano zadanie w biegunowym układzie współrzędnych. Uzyskane częstości drgań własnych porównano z wynikami analizy bezpośredniej (bez stosowania homogenizacji) za pomocą MES. Uzyskano dobrą zgodność podstawowej częstości drgań własnych. Homogenizacja dała wynik różniący się od referencyjnego o ok. 7%. Autorzy rozwiązali

zadanie z różnymi parametrami dającymi zróżnicowaną proporcją komponentów i przedstawili wnioski wynikające z takiej analizy.

Nie podano natomiast jaki jest zysk czasowy albo przynajmniej jakiej można się spodziewać redukcji liczby stopni swobody przy zastosowaniu proponowanego podejścia uśredniania tolerancyjnego. Zabrakło informacji czy błąd wyższych częstości jest tego samego rzędu co dla podstawowej.

W kolejnej pracy

2. Wirowski A., *Self-vibration of thin plate band with non-linear functionally graded material*, Archives of Mechanics, 2012, IF=0.92,

Autor przedstawił analizę dynamiczną pasm płytowych wykonanych z materiału niejednorodnego o zmieniającej się stopniowo mikrostrukturze. Uzasadnieniem dla zastosowania techniki uśredniania jest brak periodyczności oraz chęć uwzględnienia wymiaru charakterystycznego mikroskali. Podobne podejście do homogenizacji metodą asymptotyczną co prawda wymaga periodyczności mikrostruktury ale można tę trudność ominąć analizując kilka komórek z różnymi proporcjami komponentów, co również jest wymagane w metodzie tolerancyjnego uśredniania. Ponadto, Autor uzasadnia stosowanie tej techniki brakiem, w przypadku metody homogenizacji asymptotycznej, zależności zhomogenizowanych parametrów od charakterystycznego wymiaru w skali mikro.

W artykule

3. Radzikowska A., Wirowski A., *Two-dimensional heat conduction in the two conductor laminate with functionally graded properties*, Journal of Enhanced Heat Transfer, 2013, IF=0.56,

z deklarowanym przez Habilitanta udziałem 50% przedstawiono zastosowanie techniki uśredniania do obliczania rozkładu temperatury w tarczy wykonanej z kompozytu o jednokierunkowej, funkcjonalnej gradacji globalnych, obserwowalnych w skali makro, właściwości termicznych. Odpowiedni układ równań różniczkowych jest rozwiązywany metodą różnic skończonych, a wyniki takiej homogenizacji porównano z rezultatami obliczeń bezpośrednich za pomocą MES. W konkluzji Autorzy stwierdzają, że technika tolerancyjnego uśredniania jest efektywnym podejściem dla zagadnień rozważanych w artykule.

W pracy

4. Wirowski A., Michalak B., Gajdzicki M., *Dynamic Modelling of Annular Plates of Functionally Graded Structure Resting on Elastic Heterogeneous Foundation with Two Modules*, Journal of Mechanics, 2015, IF=0.83,

z deklarowanym przez Habilitanta udziałem 33% przedstawiono kolejne zastosowanie uśredniania tolerancyjnego do płyt pierścieniowych wykonanych z materiału o ciągłej gradacji właściwości mechanicznych w kierunku radialnym. Przyjęto, że płyty spoczywają na podłożu sprężystym, którego sztywność zmienia się skokowo dla pewnej wartości promienia. Autorzy przedstawili wyniki obliczania częstości i postaci drgań własnych.

Ward

Porównali je z wynikami bezpośredniej analizy MES oraz metody homogenizacji asymptotycznej. Różnica między wynikami rośnie wraz ze wzrostem wartości częstości drgań, ale dla pierwszych czterech postaci nie przekracza 2%. Traktując tę wartość jako miarę błędu homogenizacji należy stwierdzić, że jest on niewielki. Przedstawiono wnioski dotyczące ograniczeń stosowanej metody homogenizacji.

W ostatniej pracy, którą Habilitant wymienia jako opublikowaną w czasopiśmie z bazy JCR, a czego nie potwierdza moje sprawdzenie

5. Wirowski A., *The hybrid method of finding the natural frequency spectrum for quasifractal plate bands*, Journal of Applied Mathematics and Computational Mechanics, 2015, IF=0,

Autor przedstawia zastosowanie techniki tolerancyjnego uśredniania do elementów konstrukcji składających się z niejednorodnych komórek o różnych wielkościach ale podobnych w sensie geometrycznym. Metoda jest stosowana do obliczania częstości i postaci drgań własnych pasm płytowych o wspomnianej strukturze, zwanej quasi fraktalną. Autor ocenia błąd tego typu analizy na 5-7% i jest on w prezentowanych przykładach mniejszy niż dla wyników uzyskanych metodą homogenizacji asymptotycznej. Nie podano jednak szczegółów podejścia asymptotycznego, np. stosowanej dyskredytacji komórki jednostkowej, której poprawność ma duży wpływ na końcowy wynik.

Dodatkowo dr A. Wirowski jest współautorem 4 publikacji w materiałach konferencyjnych notowanych w bazie WoS oraz kilkunastu artykułów w czasopismach spoza bazy JCR. Poza nielicznymi wyjątkami prace te dotyczą tej samej tematyki. Dodatkowo Kandydat podjął zagadnienia: analizy stateczności płyt pierścieniowych i prostokątnych, symulacji drgań nieskończonych układach periodycznych, optymalizacji tarcz.

Podsumowując, tematyka artykułów omówionych powyżej, w tym 4 w czasopismach z bazy JCR o umiarkowanym wskaźniku IF, jak i monografii będącej osiągnięciem naukowym jest spójna, a ich poziom spełnia wymagania stawiane w przewodach habilitacyjnych. Monografia w znacznej części jest oparta na wcześniej napisanych artykułach, jednak zawiera pewne rozszerzenia, np. badanie dokładności i stabilności stosowanego podejścia. Tematyka prac naukowych Habilitanta należy do aktualnego nurtu badań naukowych jakim jest efektywne, wieloskalowe modelowanie zagadnień z materiałem niejednorodnym.

Ponieważ prace dr.inż. A. Wirowskiego dotyczą zagadnień bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych, w szczególności obliczeń związanych z dynamiką płyt kompozytowych, a więc można je zakwalifikować do dyscypliny budownictwo.

Wskaźniki charakteryzujące działalność publikacyjną, w chwili opracowywania opinii, wg bazy *Web of Science*

27 cytowań w artykułach, w tym 22 cytowania w artykułach innych autorów,

3.38 cytowań średnio na jeden artykuł z bazy WoS,

indeks  $h=3$ ,



można uznać za dobre w dyscyplinie budownictwo.

Przy ocenie osiągnięć naukowych Habilitanta należy ponadto uwzględnić:

udział w projekcie badawczym KBN w latach 2009/10

wyróżnienie nagrodami Rektora za działalność naukową w latach 2011, 2013 i 2014

recenzje wykonywane dla kilku czasopism zagranicznych

członkostwo w wielu komitetach naukowych konferencji międzynarodowych

pełnienie funkcji promotora pomocniczego doktoratu na temat modelowania drgań płyt gęsto żebrowanych.

Biorąc to pod uwagę, pomimo że liczba publikacji w czasopismach z bazy JCR jest mała (cztery, ale w ciągu 4 lat 2012-2015) i czasopisma te nie są najwyżej notowane (umiarkowany wskaźnik IF) osiągnięcia naukowe Kandydata oceniam jako wystarczająco dobre.

#### **4 Ocena działalności dydaktycznej, popularyzatorskiej, organizacyjnej oraz współpracy międzynarodowej**

Dr A. Wirowski prowadzi lub prowadził zajęcia z kilku przedmiotów dotyczących statyki, dynamiki, wizualizacji komputerowych oraz projektowania dróg w oparciu o oprogramowanie Autodesk Civil. Był promotorem 12 obronionych prac magisterskich i 6 inżynierskich. Był członkiem komitetu organizacyjnego czterech konferencji organizowanych na Politechnice Łódzkiej albo Poznańskiej. Od 2009 r. jest opiekunem koła naukowego.

Habilitant uczestniczył w realizacji zamówienia na opracowanie p.t. *Aktualizacja dokumentacji projektowej na remont tarasu przy ścianie wschodniej budynku Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego nr 3 im. S. Sterlinga., 2010*

Do współpracy zagranicznej można jedynie zaliczyć uczestnictwo w konferencjach międzynarodowych. Angielska wersja autoreferatu nie jest przygotowana moim zdaniem biegłym językowo, a w jednym z początkowych akapitów Habilitant stwierdza, zapewne błędnie, że uzyskał tytuł zawodowy w dyscyplinie architektura.

Mimo to, wymienione elementy dorobku w zakresie działalności dydaktycznej, popularyzatorskiej, organizacyjnej oraz współpracy międzynarodowej stanowią moim zdaniem świadectwo wystarczającej aktywności w tym zakresie.

#### **5 Podsumowanie**

Podsumowując ocenę stwierdzam, że osiągnięcia naukowe i inne przedstawione przez dr. inż. Artura Wirowskiego w świetle Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia z dnia 30 października 2015 [Dz. U z 2015 r., poz. 1842] w sprawie

*pad*

szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, postępowaniu habilitacyjnym oraz postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2014 r., poz. 1383) spełniają w wystarczający sposób wymagania ustawy. W związku z tym zwracam się do Komisji Habilitacyjnej z wnioskiem o pozytywną opinię w sprawie nadania dr. inż. Arturowi Wirowskiemu stopnia naukowego doktora habilitowanego w dyscyplinie budownictwo.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'WAT', is located in the upper right quadrant of the page.